

TOURTEAU DE COTON



COPRODUIT DE L'EXTRACTION D'HUILE, LE TOURTEAU DE COTON A UNE TENEUR VARIABLE EN PROTÉINES, LIPIDES ET FIBRES DU FAIT DES MÉTHODES UTILISÉES POUR EXTRAIRE L'HUILE.

AUTRES NOMS COMMUNS

Tourteau de coton, tourteau de coton expeller, tourteau de coton déshuilé, tourteau de coton décortiqué, tourteau de coton partiellement décortiqué, tourteau de coton non décortiqué



Description

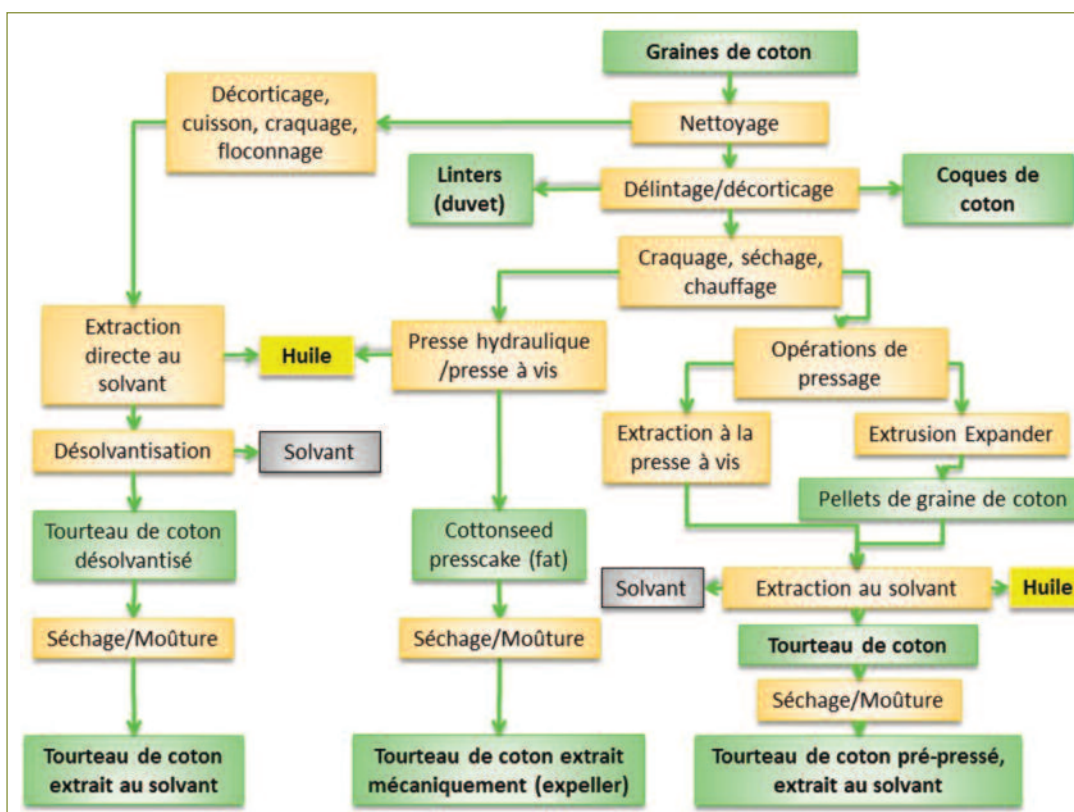
Le tourteau de coton est le principal coproduit de l'extraction de l'huile à partir des graines de coton (*Gossypium* spp.). Ce tourteau riche en protéines est utilisé comme source de protéines dans les rations pour ruminants, notamment dans les grandes zones de production de coton telles que l'Inde, la Chine et les États-Unis, où il peut se substituer au tourteau de soja. Le tourteau de coton a une composition très variable en protéines, lipides et fibres du fait des différentes méthodes utilisées pour extraire l'huile.

Extraction mécanique : l'huile peut être extraite par seule pression mécanique, artisanalement via un mortier circulaire (Achaya, 1993) ou par des technologies plus avancées (presse hydraulique ou presse à vis). Les graines de coton peu-

vent être décortiquées, écrasées, séchées, chauffées avant d'être passées dans la presse. Le tourteau obtenu après extraction de l'huile est séché, broyé puis transformé en granulés (Ash, 1992). Le procédé d'extraction mécanique de l'huile n'est pas très efficace et jusqu'à 20% de l'huile initialement présente dans les graines peut demeurer dans le tourteau ainsi obtenu (O'Brien et al., 2005).

Extraction directe au solvant : l'extraction peut se faire par utilisation directe d'un solvant sans pression préalable. Après décortiquage, cuisson, craquage et aplatissage, les graines sont passées au solvant (généralement de l'hexane) qui permet d'extraire l'huile de façon plus complète qu'avec la pression. Le tourteau déshuilé est ensuite chauffé pour éliminer le solvant, puis réduit en farine (Ash, 1992). L'extraction directe au solvant était très répandue dans les années 1980 aux États-Unis (Morgan, 1989).

Figure 1 : schéma du processus de fabrication de l'huile de coton



Extraction par pré-pression puis solvant : ce procédé combine une extraction mécanique (presse à vis ou expandeur), qui extrait 50% à 66% de l'huile, et une extraction au solvant, qui porte le taux d'extraction d'huile à 97%. Depuis la fin des années 1980, plus de 80% des graines de coton triturées aux États-Unis subissent une extraction par expandeur.

Aujourd'hui, à l'échelle mondiale, tous les procédés d'extraction sont utilisés du fait de la disponibilité variable en main d'œuvre qualifiée, matériels, solvant et en infrastructures de transport (O'Brien *et al.*, 2005). Les coques peuvent être supprimées complètement (aux États-Unis notamment), partiellement ou conservées. La présence de coques donne des tourteaux décortiqués ou partiellement décortiqués, contenant dans certains cas plus de 20% de fibres. La teneur en

huile résiduelle peut être particulièrement élevée dans le cas de tourteaux obtenu par pression seule. Il existe donc une grande variabilité de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle des tourteaux de coton due aux divers procédés d'extraction, qui s'ajoute à la variabilité propre des graines d'origine.

Les graines de coton contiennent un pigment toxique, le gossypol (voir Contraintes d'utilisation). Les tourteaux de coton sont surtout utilisés pour nourrir les ruminants qui sont relativement tolérants au gossypol. Ce sont aussi de bonnes sources de protéines pour les monogastriques, pourvu que la teneur en fibres et la présence de gossypol soient bien prises en compte (Tanksley, 1990 ; Chiba, 2001).

Distribution

La production mondiale de tourteau de coton était d'environ 14,7 millions de tonnes en 2009 dont 10,9 millions de tonnes utilisées pour l'alimentation animale (FAO, 2012). Le tourteau de coton est principalement utilisé dans les pays producteurs d'huile de coton. Les cinq premiers producteurs de tourteau de coton sont la Chine, l'Inde, le Pakistan, le Brésil et les États-Unis. Ces pays représentent près de 80% de la production

mondiale et consomment 75% de cette production pour l'alimentation animale (FAO, 2012). L'Union Européenne est un producteur mineur de coton, les 2 principaux producteurs étant la Grèce et l'Espagne. La production de tourteau de coton dans l'UE en 2012 était de 139 000 tonnes et le volume importé par l'UE de 15 000 tonnes (USDA, 2013).

Processus industriel

Le tourteau de coton est sujet au développement de moisissures quand il est trop humide, et aux explosions dues à la poussière quand il est trop sec. Lors du stockage, la teneur en humidité de la zone de stockage doit donc être maintenue entre 5 et 11% et la température comprise entre

5°C et 25°C. Dans les zones tropicales, la température du tourteau peut dépasser 55°C, entraînant ainsi un risque élevé de combustion. La température doit être contrôlée par fermeture étanche et par injection de CO₂ dans les cellules de stockage (TIS, 2012).

Impact environnemental

Bien qu'utilisé depuis longtemps pour l'extraction de l'huile de coton, l'hexane présente de nombreux problèmes au niveau de l'environnement (pollution), de la santé (neuropathies) et de la sécurité (combustion spontanée des

tourteaux après extraction) (O'Brien *et al.*, 2005). Parmi les nouveaux solvants de remplacement envisagés, l'éthanol présente des propriétés intéressantes (Saxena *et al.*, 2011).

ontraintes d'utilisation

La principale contrainte d'utilisation des tourteaux de coton est liée au gossypol, un composé polyphénolique toxique qui a un rôle de protection contre les prédateurs, les parasites et les maladies (Morgan, 1989 ; Blasi *et al.*, 2002). Le gossypol est produit principalement dans des glandes de la graine de coton mais on en trouve aussi dans les coques, les feuilles, les tiges et les racines. Le gossypol existe sous forme libre et liée, seule la forme libre étant physiologiquement active et toxique (Morgan, 1989). La teneur en gossypol des graines, qui peut dépasser 1% dans les variétés commerciales, dépend de l'espèce, des cultivars, de la fertilisation, des

conditions de croissance, et de la présence de ravageurs (Bena *et al.*, 2002 ; Blasi *et al.*, 2002 ; Randel *et al.*, 1992 ; Carter *et al.*, 1966 ; OGTR, 2008 ; European Commission, 2003). Des variétés sans glandes à gossypol (glandless) ont été développées dès les années 1950 mais ces variétés moins productives restent peu utilisées, même si les travaux de sélection continuent aujourd'hui (Rodman, 2006 ; Bourzac, 2006). La toxicité du gossypol peut être atténuée par addition de fer avec un ratio fer : gossypol libre de 1:1 pour les bovins et les porcs (El-Saidy *et al.*, 2004 ; European Commission, 2003).

e gossypol dans les tourteaux de coton

Le broyage de la graine lors de l'extraction de l'huile libre du gossypol, mais les effets des procédés sont variables (Zahid *et al.*, 2003b). Le gossypol libéré peut être détruit ou transformé en gossypol lié (non toxique), notamment sous l'effet du cisaillement (presse à vis) ou de la température, les tourteaux ayant alors des teneurs en gossypol libre de l'ordre de 200-500 mg/kg. Le chauffage a cependant pour effet de lier le gossypol à la lysine, diminuant ainsi la valeur protéique du tourteau. L'extraction par solvant seul, sans chauffage, conduit à des tourteaux plus riches en gossypol libre (1 000-5 000 mg/kg) (Jimenez *et al.*, 1989 ; Nikokyris *et al.*, 1991 ;

Mena *et al.*, 2001 ; Mena *et al.*, 2004 ; Morgan, 1989 ; Guedes *et al.*, 2010 ; Nunes *et al.*, 2010 ; Tanksley, 1990). Dans le procédé d'extraction par pré-pression puis solvant, la quantité de gossypol libre dans les tourteaux est de l'ordre de 200 à 700 mg/kg, valeur comparable à celle trouvée dans les tourteaux d'extraction mécanique (O'Brien *et al.*, 2005). On considère aujourd'hui que les produits commerciaux ont des teneurs modérées en gossypol libre (1 000-2 000 mg/kg) (EFSA, 2008). Les nouveaux solvants tels que l'éthanol sont plus efficaces pour l'inactivation du gossypol (Saxena *et al.*, 2011).

ffets du gossypol

Le gossypol libre provoque une toxicité modérée à aiguë chez les animaux. Les signes de toxicité aiguë au gossypol sont la constipation, la dyspnée, l'anorexie et la perte de poids, parfois la mort (EFSA, 2008). Les monogastriques et les jeunes

ruminants sont très sensibles au gossypol libre contenu dans les tourteaux. Les ruminants adultes peuvent voir leurs performances de reproduction altérées (European Commission, 2003).

Ruminants

Chez les ruminants mâles, l'ingestion de gossypol libre présent dans les tourteaux de coton entraîne des changements dans les tissus testiculaires et une diminution de la qualité du sperme (spermatozoïdes anormaux) (Arshami *et al.*, 1988 ; Hassan *et al.*, 2004 ; Zahid *et al.*, 2003 ; Chenoweth *et al.*, 2000). Ces effets sont généralement réversibles quand le régime alimentaire ne contient plus de gossypol (Arshami *et al.*, 1998 ; Hassan *et al.*, 2004) et peuvent être limités par une complémentation en Vitamine E

(Velasquez-Pereira *et al.*, 1998). Chez les femelles, le gossypol des tourteaux de coton peut faire diminuer le taux de fécondité, la viabilité des embryons et augmenter la présence d'anomalies métaboliques dans la descendance (Galvao *et al.*, 2006 ; Akhtar *et al.*, 1998 ; Willard *et al.*, 1995). On a aussi observé une augmentation de la fragilité érythrocytaire et une diminution des taux d'hémoglobine chez des vaches laitières nourries avec 45% de tourteau de coton (Coppock *et al.*, 1987).

Porcs

Le gossypol a des effets délétères sur la croissance et les performances de reproduction chez les porcs. La dose maximale pour le porc en croissance est d'environ 100 mg/kg et les signes de toxicité se produisent généralement au-

dessus de ce niveau (Tanksley, 1990). Des porcs en croissance nourris avec un régime à 15% de protéines ont montré des signes de toxicité et des performances réduites pour des ingestions de gossypol supérieures à 100 mg/kg. Un

tourteau de coton contenant 146 mg/kg de gossypol libre a provoqué une baisse de la consommation et du gain de poids (Fombad *et al.*, 2004; Clawson *et al.*, 1966). Chez des porcs nourris avec des rations contenant 55-138 mg/kg de gossypol libre, la mortalité a augmenté et les performances de

reproduction ont diminué, en particulier chez les mâles. Des doses supérieures à 110 mg/kg ont provoqué une baisse de la production de testostérone chez les mâles et des retards de l'oestrus chez les truies (Ling-Yun *et al.*, 1984, cité dans EFSA, 2008).

A ttributs nutritionnels

Le tourteau de coton est une matière première riche en protéines. Cependant, cette teneur en protéines est très variable car elle dépend de l'intensité du décorticage et de l'efficacité de l'extraction de l'huile. La teneur en protéines va de 30% MS pour les tourteaux issus de graines non décortiquées à 50% MS pour les tourteaux entièrement décortiqués. Des valeurs plus faibles et plus élevées que ces extrêmes ont également été observées. La teneur en fibres varie en conséquence, avec une cellulose brute allant de 25% (non décortiqué) à 5% (entièrement décortiqué). La quantité d'huile résiduelle varie largement selon la méthode d'extraction. L'extraction au solvant donne des

tourteaux contenant moins de 2% d'huile à l'instar des autres tourteaux d'oléagineux, mais certains tourteaux de coton ont des teneurs en huile de l'ordre de 5-10%, voire supérieures à 20%. La protéine de tourteau de coton est moins riche en lysine que celle du tourteau de soja (4% vs 6% de la protéine). La teneur en protéine du tourteau de coton étant également plus faible, la teneur totale en lysine et en acides aminés essentiels est aussi plus faible. Le principal inconvénient du tourteau de coton est la présence de gossypol, qui limite son utilisation chez les animaux non-ruminants et chez les ruminants reproducteurs.

V alorisation dans l'alimentation des ruminants

Le tourteau de coton est une bonne source de protéines pour les ruminants (Göhl, 1982). Il est appétible et présente une valeur nutritive (pour les tourteaux de graines décortiquées) légèrement inférieure (85-90%) à celle des tourteaux de soja. Il est une des sources de protéines les moins chères dans les zones de grande cultures de coton comme l'Inde (NDDB, 2012 ; McGregor, 2000). Bien que le gossypol soit beaucoup moins toxique pour les ruminants que pour les porcs et les volailles, il est recommandé de ne l'utiliser que pour des ruminants dont le rumen est suffisamment mature.

Grâce à la digestibilité de ses protéines, le tourteau de coton est un bon complément protéique pour les fourrages de faible

qualité nutritionnelle et pour les coproduits fibreux. Son association avec une source d'énergie dégradable augmente l'efficacité de la supplémentation en tourteau de coton (Brown *et al.*, 1997 ; Bonsi *et al.*, 1997). En effet, la majeure partie de l'énergie du tourteau de coton vient de l'huile résiduelle et n'est pas propice au bon développement des microbes du rumen quand le tourteau est incorporé à des niveaux élevés : un apport d'énergie dégradable compense ce problème et diminue les quantités d'azote urinaire (Bonsi *et al.*, 1997). Les tourteaux de coton passent pour avoir un effet constipant sur le bétail, ce qui est bénéfique dans les aliments à haute teneur en mélasse (Göhl, 1982).

R ecommandations pour les vaches laitières

Généralement, le tourteau de coton peut remplacer tout ou partie d'autres tourteaux d'oléagineux (soja, colza, tournesol, arachide) sans affecter la production de lait et sa composition. Un taux d'incorporation maximal de 15% est recommandé en vaches laitières (Ewing, 1997 ; NDDB, 2012). En pays tropical et subtropical, des taux allant jusqu'à 30-40% ont été utilisés sans diminution des performances (Jabbar *et al.*, 2008 ; Jabbar *et al.*, 2009 ; Promkot *et al.*, 2005 ; Maesoomi *et al.*, 2006). Aux États-Unis, dans des conditions normales, même les vaches laitières hautes productrices peuvent être nourries de tourteau de coton sans effets indésirables (McGregor,

2000). Toutefois, en raison de la variabilité des teneurs en matières grasses, protéines et gossypol, les résultats sont parfois contradictoires. Ainsi, dans une ration à 16% de protéines (base MS), le tourteau de coton peut remplacer le tourteau de soja quand il vient en complément de fourrages hautement digestibles ; ce remplacement est sans effet sur l'ingestion de MS et la production de lait (Coppock *et al.*, 1987). En revanche, les performances baissent quand la ration ne contient que 13% de protéines (Coppock *et al.*, 1987).

Tableau 1 : Principaux constituants du tourteau de coton

| | | Tourteau de coton décortiqué | Tourteau de coton entier |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Constituants organiques | Matière sèche (% sur brut) | 90,7 | 90,1 |
| | Protéines brutes (% MS) | 46,9 | 40,1 |
| | Cellulose brute (% MS) | 12,8 | 19,1 |
| | NDF (% MS) | 26,8 | 35,7 |
| | ADF (% MS) | 17,7 | 25,1 |
| | Lignine (% MS) | 6,0 | 7,9 |
| | Matières grasses brutes (% MS) | 2,9 | 3,1 |
| | Matières grasses hydrolyse (% MS) | - | - |
| | Cendres (% MS) | 7,3 | 7,2 |
| | Amidon (% MS) | 3,2 | 5,6 |
| | Sucres totaux (% MS) | 5,2 | 2,1 |
| | Energie brute (kcal/ kg MS) | 4 890 | 4 870 |
| Minéraux | Calcium (g/kg MS) | 2,2 | 2,9 |
| | Phosphore (g/kg MS) | 12,7 | 12,4 |
| | Potassium (g/kg MS) | 15,5 | 17,0 |
| | Sodium (g/kg MS) | 0,66 | 0,21 |
| | Magnésium (g/kg MS) | 5,8 | 6,8 |
| | Manganèse (mg/kg MS) | 22 | 25 |
| | Zinc (mg/kg MS) | 46 | 66 |
| | Cuivre (mg/kg MS) | 106 | 11 |
| | Fer (mg/kg MS) | 174 | - |
| Acides aminés | Alanine (g/kg MS) | 20,2 (soit 4,4 g/16 g N) | 17,2 (soit 4,1 g/16 g N) |
| | Arginine (g/kg MS) | 51,7 (soit 10,9 g/16 g N) | 44,5 (soit 10,9 g/16 g N) |
| | Acide aspartique (g/kg MS) | 43,1 (soit 9,2 g/16 g N) | 37,5 (soit 9,2 g/16 g N) |
| | Cystine (g/kg MS) | 8,2 (soit 1,8 g/16 g N) | 6,9 (soit 1,6 g/16 g N) |
| | Acide glutamique (g/kg MS) | 88,7 (soit 19,0 g/16 g N) | 76,3 (soit 18,5 g/16 g N) |
| | Glycine (g/kg MS) | 19,1 (soit 4,1 g/16 g N) | 16,6 (soit 4,0 g/16 g N) |
| | Histidine (g/kg MS) | 13,5 (soit 2,9 g/16 g N) | 12,1 (soit 2,7 g/16 g N) |
| | Isoleucine (g/kg MS) | 14,8 (soit 3,1 g/16 g N) | 12,9 (soit 3,2 g/16 g N) |
| | Leucine (g/kg MS) | 26,6 (soit 5,7 g/16 g N) | 23,1 (soit 5,4 g/16 g N) |
| | Lysine (g/kg MS) | 18,6 (soit 4,0 g/16 g N) | 16,5 (soit 3,9 g/16 g N) |
| | Méthionine (g/kg MS) | 6,6 (soit 1,4 g/16 g N) | 5,9 (soit 1,4 g/16 g N) |
| | Phénylalanine (g/kg MS) | 24,3 (soit 5,2 g/16 g N) | 21,0 (soit 5,0 g/16 g N) |
| | Proline (g/kg MS) | 16,7 (soit 3,6 g/16 g N) | 14,9 (soit 3,6 g/16 g N) |
| | Sérine (g/kg MS) | 20,1 (soit 4,3 g/16 g N) | 17,6 (soit 4,2 g/16 g N) |
| | Thréonine (g/kg MS) | 14,8 (soit 3,1 g/16 g N) | 13,1 (soit 3,2 g/16 g N) |
| | Tryptophane (g/kg MS) | 6,1 (soit 1,2 g/16 g N) | 5,3 (soit 0,9 g/16 g N) |
| | Tyrosine (g/kg MS) | 13,1 (soit 2,8 g/16 g N) | 11,5 (soit 2,7 g/16 g N) |
| Valine (g/kg MS) | 21,2 (soit 4,6 g/16 g N) | 18,0 (soit 4,0 g/16 g N) | |

Recommandations pour les bovins en croissance

Chez les génisses, les bouvillons et taureaux, le tourteau de coton est un supplément protéique précieux qui peut remplacer d'autres tourteaux mais donne des résultats variables en terme de performances animales. Des taux d'incorporation à 20-30% de la ration ou 1 kg/j en substitution partielle ou totale des tourteaux de soja, de colza et de tournesol permettent de maintenir, voire d'améliorer les gains de poids des animaux en croissance (Barros *et al.*, 2011 ; Yunus *et al.*, 2004 ; Zinn *et al.*, 1997 ; Hennessy *et al.*, 1988).

Chez les veaux, plus sensibles au gossypol, il est recommandé de limiter le tourteau de coton à 10 à 15% (Göhl, 1982), voire à 5% (Ewing, 1997). Les résultats obtenus sont variables. Dans les régimes pour les veaux pré-et post-sevrage, le tourteau de coton a donné des gains de poids comparables au tourteau de colza ou au tourteau de soja (Coppock *et al.*, 1987) ou un gain légèrement inférieur à celui du tourteau de soja (Yazdani, 2005).

Recommandations pour les ovins et caprins

En ovins, les taux maximum recommandés sont plus faibles (5% en agneaux et 10% en brebis) que pour les bovins (Ewing, 1997). Les données disponibles en ovins concernent surtout les pays tropicaux ou subtropicaux, où le tourteau de coton peut se substituer en partie aux tourteaux disponibles sur place. Ainsi, le tourteau de coton peut remplacer les tourteaux de sésame et d'arachide comme source de protéines dans l'alimentation de mâles de moins d'un an avec un gain de poids quotidien similaire et un meilleur indice de consommation (Ahmed *et al.*, 2005). Chez des agneaux en croissance, le tourteau de coton a pu produire les mêmes performances que les autres tourteaux d'oléagineux

(arachide, sésame, colza, tournesol, soja) (Ahmed *et al.*, 2005 ; Kandyliis *et al.*, 1999 ; Woods *et al.*, 1962). Le traitement thermique (cuisson) améliore les performances, probablement en raison d'une réduction du gossypol combinée à une augmentation des teneurs en protéines non dégradables (Nagalakshmi *et al.*, 2003). L'addition de sulfate ferreux dans le régime alimentaire a amélioré les mauvais résultats observés avec le tourteau de coton en Egypte sur des agneaux de 6 mois (Ward *et al.*, 2008). Le tourteau de coton utilisé en chèvres laitières ou à viande donne des résultats variables et peu conclusifs quant à son intérêt.

Tableau 2 : Valeurs alimentaires du tourteau de coton destinées aux ruminants

| | Tourteau de coton décortiqué | Tourteau de coton entier |
|--|------------------------------|--------------------------|
| Digestibilité de la matière organique (%) | 75,0 | 71,0 |
| Digestibilité de l'énergie (%) | - | - |
| Energie digestible (kcal/kg MS) | 3 700 | 3 440 |
| Energie métabolisable (kcal/kg MS) | 2 780 | 2 610 |
| UFL (/kg MS) | 0,99 | 0,91 |
| UFV (/kg MS) | 0,92 | 0,84 |
| Digestibilité de l'azote (%) | 78,0 | 77,0 |
| Dégradabilité théorique de l'azote (k=6 %) (%) | 61,0 | 61,0 |
| Digestibilité intestinale de l'azote (%) | 90,0 | 86,0 |
| PDIA (g/kg MS) | 183 | 150 |
| PDIN (g/kg MS) | 336 | 282 |
| PDIE (g/kg MS) | 228 | 194 |

V valorisation dans l'alimentation des porcs

Le tourteau de coton n'est pas un très bon aliment pour porc. Sa teneur élevée en fibres, sa teneur en protéines très variable, la faible disponibilité des acides aminés et la présence de gossypol limite son utilisation. En pays tempérés, le taux d'incorporation maximal recommandé est faible, 2,5% en porc finition, et l'utilisation en porcelets et porc croissance n'est pas souhaitable (Ewing, 1997). Lorsque le tourteau de coton apporte moins de 100 mg/kg de gossypol libre dans la ration, il peut être incorporé à un niveau variant de 8 à 15% dans la ration sans effets toxiques (Adeniji *et al.*, 2008 ; Li DeFa *et al.*, 2000), mais avec des effets négatifs sur l'ingestion, la digestibilité de la ration et les performances (Paiano *et al.*, 2006 ; Fombad *et al.*, 2004 ; Li DeFa *et al.*, 2000 ; Balios *et al.*, 1989 ; Papadopoulos *et al.*, 1987). En zone tropicale et subtropicale, des taux d'incorporation allant jusqu'à 10% semblent possibles (Singh *et al.*, 2005 ; Balogun *et al.*, 1990), voire même 15% (Rhule, 1995), l'utilisation de ce tourteau permettant alors de réduire les coûts d'alimentation en dépit des baisses de performance. Il peut alors remplacer 25-30% du tourteau de soja dans les rations (Fombad *et al.*, 2004 ; Thomaz *et al.*, 1997). L'effet du

tourteau de coton sur la qualité des carcasses a fait l'objet d'expérimentations dont les résultats ont été peu conclusifs. Le remplacement de 75% de tourteau soja par du tourteau de coton a provoqué une diminution du rendement carcasse (Papadopoulos *et al.*, 1987). En revanche, l'inclusion de 16% de tourteau de coton a augmenté le point de fusion de la graisse, ce qui est un élément positif pour la qualité de la viande (Papadopoulos *et al.*, 1987 ; Baustad, 1974).

En truie, le taux d'incorporation peut atteindre 5% (Ewing, 1997). Chez des truies gestantes alimentées avec 10% de tourteau de coton, des mises bas prématurées ont été observées (Love *et al.*, 1990).

Les effets négatifs du gossypol dus à la faible disponibilité de la lysine résultant de la liaison lysine-gossypol (Batterham, 1989) peuvent être partiellement atténués par un apport de lysine ou par une complémentation en fer sous forme de sulfate de fer (40 g/kg FeSO₄) (Mello *et al.*, 2012 ; Moreira *et al.*, 2006 ; Balios *et al.*, 1989). Le zinc, bien que présent dans les tourteaux de coton n'est que faiblement disponible pour les porcs. En effet, les phytates se combinent avec le zinc pour former le phytate de zinc (Blair, 2007).

Tableau 3 : Valeurs alimentaires du tourteau de coton destinées aux porcs

| | Tourteau de coton décortiqué | Tourteau de coton entier |
|---|------------------------------|--------------------------|
| Digestibilité de l'énergie (porc croissance) (%) | 73,0 | 66,0 |
| Energie digestible (porc croissance) (kcal/kg MS) | 3 580 | 3 220 |
| Energie métabolisable (porc croissance) (kcal/kg MS) | 3 250 | 2 950 |
| Energie nette (porc croissance) (kcal/kg MS) | 1 970 | 1 750 |
| Digestibilité fécale de l'azote (porc croissance) (%) | 94,0 | 80,0 |
| Digestibilité de l'énergie (porc adulte) (%) | 77,0 | 70,0 |
| Energie digestible (porc adulte) (kcal/kg MS) | 3 750 | 3 430 |
| Energie métabolisable (porc adulte) (kcal/kg MS) | 3 380 | 3 100 |
| Energie nette (porc adulte) (kcal/kg MS) | 2 070 | 1 870 |
| Digestibilité fécale de l'azote (porc adulte) (%) | 96,0 | 83,0 |

V alorisation dans l'alimentation des volailles

Le tourteau de coton est l'une des principales sources de protéines dans certains pays, et son utilisation pour l'alimentation des volailles est donc essentielle. La principale limite à l'utilisation du tourteau de coton dans les régimes pour volailles est l'effet toxique du gossypol et des acides cyclopropéniques (Nagalakshmi *et al.*, 2007). Le tourteau de coton est un produit très variable. Notamment, les tourteaux non décortiqués peuvent avoir une teneur en fibres très élevée, et sont donc de faible valeur nutritionnelle pour les volailles. En

raison de ces variations, notamment celle de la teneur en gossypol libre, l'effet d'un niveau donné d'inclusion de tourteau de coton n'est pas constant (Diaw *et al.*, 2011). Une autre limitation est liée à la teneur et à la disponibilité en acides aminés (lysine en particulier) ; la liaison lysine-gossypol empêche en effet l'absorption de la lysine et diminue sa digestibilité. Il est conseillé de prendre en compte la digestibilité de la lysine lors de la formulation d'aliments pour volailles contenant du tourteau de coton (Fernandez *et al.*, 1995).

P oulets de chair

Le tourteau de coton peut être utilisé efficacement en poulets de chair si une quantité suffisante de lysine digestible est fournie dans la ration. Le niveau auquel le tourteau de coton diminue les performances des animaux dépend du niveau de gossypol libre, du type de tourteau de coton utilisé, et de l'équilibre de la ration (Nagalakshmi *et al.*, 2007). Un remplacement poids pour poids de tourteau de soja par du tourteau de coton est susceptible d'entraîner une carence en acides aminés. En règle générale, le tourteau de coton peut être considéré comme sûr jusqu'à 10-15 % de la ration (El-Boushy *et al.*, 1989 ; Fernandez *et al.*, 1995). Cependant, certaines publications indiquent que la performance diminue à un taux d'inclusion plus faible, tandis que d'autres constatent que la performance se maintient au-dessus de 20 % d'inclusion (Azman *et al.*, 2005 ; Gamboa *et al.*, 2001 ; Ojewola *et al.*, 2006). A des niveaux d'incorporation modérés, la prise alimentaire peut augmenter, ce qui nuit à l'efficacité alimentaire (Watkins *et al.*, 1993 ; Batonon *et al.*, 2015). A des taux d'inclusion plus élevés, ou lorsque la teneur en

gossypol libre du tourteau de coton est élevée, l'incorporation de fer (sous forme de sulfate) ou une supplémentation en lysine peut aider à atténuer les effets négatifs du tourteau de coton (Henry *et al.*, 2001 ; Ryan *et al.*, 1986).

Des tourteaux de coton issus de variétés « glandless » (sans glande à gossypol) ne provoquent pas de toxicité liée au gossypol ; leur potentiel est donc plus élevé (Diaw *et al.*, 2011). Cependant la digestibilité des acides aminés reste inférieure à celle du tourteau de soja, et des précautions doivent être prises lors de l'élaboration de la ration.

La recommandation générale est d'utiliser du tourteau de graines de coton décortiquées à des taux allant jusqu'à 15 % de la ration, en apportant une attention particulière aux quantités de lysine fournies par la ration. Des taux plus élevés peuvent être utilisés lorsque le tourteau de coton présente un avantage économique, même s'il y a un risque de diminution de l'efficacité alimentaire. Dans de tels cas, une supplémentation en fer et en lysine est recommandée.

P oules pondeuses

Le principal problème potentiel de l'utilisation du tourteau de coton pour les poules pondeuses est l'effet du gossypol sur la couleur du jaune d'œuf (coloration verdâtre, marbrure), qui se produit principalement après stockage (Ryan *et al.*, 1986). Les acides cyclopropéniques peuvent aussi causer une coloration rosée de l'albumen (Nagalakshmi *et al.*, 2007). Le problème peut être atténué par une supplémentation en fer, qui réduit les effets du gossypol (Panigrahi *et al.*, 1989 ; Panigrahi, 1992). Les effets du tourteau de coton sur les performances de ponte dépendent des conditions expérimentales, et en particulier de la teneur en gossypol libre du tourteau de coton (Nagalakshmi *et al.*, 2007). Certaines publications rapportent une diminution de la ponte à des taux aussi bas que 2,5 % de tourteau de coton dans la ration, tandis que d'autres auteurs rapportent que la production d'œufs reste bonne avec jusqu'à 20 % de tourteau de coton dans l'alimentation (Adeyemo *et al.*, 2008).

Le tourteau de coton a été testé avec succès à 25 % dans des rations pour poulets reproducteurs, et n'a eu aucun effet néfaste sur les performances, la qualité, la fertilité et l'éclosabilité des œufs (Lordelo *et al.*, 2004 ; Ryan *et al.*, 1986).

Il est recommandé de limiter le tourteau de coton à 10 % dans les rations pour poules pondeuses, et d'ajouter du fer lorsque plus de 5 % de tourteau de coton est incorporé dans la ration. Des niveaux plus élevés (15 %) peuvent être utilisés lorsque les problèmes de coloration des jaunes d'œufs n'ont pas d'impact sur la vente des œufs. Des tourteaux de coton provenant de variétés « glandless » peuvent être utilisés à 15-20 % si la formulation des aliments est adéquate.

Les performances de croissance des cailles japonaises n'ont pas été significativement affectées par des taux de tourteau de coton modérés (11 %) dans la ration, tandis qu'elles ont baissé à des niveaux plus élevés (Yannakopoulos *et al.*, 1989). Au cours d'une autre expérience, la croissance a été maintenue avec 30 % de tourteau de coton dans la ration (Odunsi *et al.*, 2007). La production d'œufs a été affectée par l'incorporation de tourteau de coton dans la ration de cailles pondeuses

(Odunsi *et al.*, 2007 ; Yannakopoulos *et al.*, 1989). Cependant, dans les deux expériences, les niveaux de lysine étaient plus faibles dans les rations à base de tourteau de coton. Les recommandations pour cailles sont semblables à celles fournies pour les poulets de chair et les poules pondeuses. Dans tous les cas, la lysine doit être fournie en quantité adéquate dans les rations contenant du tourteau de coton.

Tableau 4 : Valeurs alimentaires du tourteau de coton destinées aux volailles

| | Tourteau de coton décortiqué | Tourteau de coton entier |
|---|------------------------------|--------------------------|
| Energie métabolisable (coq) (kcal/kg MS) | 2 310 | 2 080 |
| Energie métabolisable (poulet) (kcal/kg MS) | 2 280 | 2 050 |

- Achaya, K. T., 1993. Ghani: A traditional method of oil processing in India. In: Food, Nutrition and Agriculture - 11 - Edible fats and oils, FAO, Rome
- Adeniji, A. A.; Azeez, A. S., 2008. Effects of feeding growing pigs cotton seed cake with or without fish meal supplementation. *J. Appl. Sci. Res.*, 4 (10): 1253-1256
- Ahmed, M. M. M.; Abdalla, H. A., 2005. Use of different nitrogen sources in the fattening of yearling sheep. *Small Rumin. Res.*, 56 (1-3): 39-45
- Akhtar, N.; Ali, S.; Samad, H. A.; Ala-ud-Din; Najib-ur-Rehman; Anjum, A. D., 1998. Effect of cottonseed cake (Gossypol) on the reproductive performance of Nili-Ravi buffaloes. *Pakistan Vet. J.*, 18 (3): 1154-1156
- Arshami, J. ; Ruttle, J. L., 1988. Effects of diets containing gossypol on spermatogenic tissues of young bulls. *Theriogenology*, 30 (3): 507-516
- Arshami, J. ; Ruttle, J. L., 1989. Effects of diets containing cottonseed meal on semen quality and testicular tissue in fine-wool rams. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science and Western Branch Canadian Society of Animal Science*. 40: 277-279
- Ash, M. S., 1992. *Animal feeds compendium*. AER-656, Commodity Economics, Division, Economic Research Service, USDA
- Balios, J.; Dotas, D.; Papadopoulos, H., 1989. Effect of partial replacement of soybean meal by cottonseed meal with the addition of synthetic lysine on the digestibility of pig diets. *Epitheorese Zootehnikes Epistemes*, 9: 69-85
- Balogun, T. F.; Aduku, A. O. ; Dim, N. I. ; Olorunju, S. A. S., 1990. Undecorticated cottonseed meal as a substitute for soya bean meal in diets for weaner and growing finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 30 (3-4): 193-201
- Barros, L. V. de; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. de C.; Detmann, E.; Silva, F. G. da; Valente, E. E. L.; Lopes, S. A.; Martins, L. S., 2011. Replacement of soybean meal by cottonseed meal 38% in multiple supplements for grazing beef heifers. *Rev. Bras. Zootec.*, 40 (4): 852-859
- Batterham, E. S., 1989. Advances in the use of cottonseed meal in diets for growing pigs. In: Farrell, D. J. (Ed.), *Recent advances in animal nutrition in Australia*: 164-171
- Baustad, B. M., 1974. Cottonseed meal in the feeding of growing pigs. *East Afr. Agric. Forestry J.*, 40 (1): 96-102
- Benbouza, H.; Lognay, G.; Palm, R.; Baudoin, J. P.; Mergeai, G., 2002. Development of a visual method to quantify the gossypol content in cotton seeds. *Crop Science*, 42 (6): 1937-1942
- Blair, R., 2007. *Nutrition and feeding of organic pigs*. Cabi Series, CABI, Wallingford, UK
- Blasi, D. A. ; Drouillard, J., 2002. Composition and feeding value of cottonseed feeds products for beef cattle. *Kansas State University*, May 2002. 22p
- Bonsi M. L. K.; Osuji P. O., 1997. The effect of feeding cottonseed cake, sesbania or leucaena with crushed maize as supplement to teff straw. *Livest. Prod. Sci.*, 51 (1/3): 173-181
- Bourzac, K., 2006. *Edible cotton*. MIT Technology Review, November 21, 2006
- Brown, W. F.; Pate, F. M., 1997. Cottonseed meal or feather meal supplementation of ammoniated tropical grass hay for yearling cattle. *J. Anim. Sci.*, 75 (6): 1666-1673
- Carter, F. L.; Castillo, A. E.; Frampton, V. L.; Kerr, T., 1966. Chemical composition studies of seeds of the genus *Gossypium*. *Phytochemistry*, 5: 1103-1112
- Chenoweth P. J.; Chase, C. C. Jr., Risco C. A.; Larsen R. E., 2000. Characterization of gossypol-induced sperm abnormalities in bulls. *Theriogenology*, 53 (5): 1193-1203
- Chiba, L. I., 2001. Proteins supplements. In: A. J. Lewis and L. L. Southern (eds.) *Swine nutrition* (second edition). p 35. CRC Press LLC, Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Clawson, A. J.; Smith, F. H., 1966. Effect of dietary iron on gossypol toxicity and on residues of gossypol in porcine liver. *J. Nutr.*, 89: 307-310
- Coppock, C. E. ; Lanham, J. K. ; Horner, J. L., 1987. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 18 (2): 89-129
- EFSA, 2008. Gossypol as undesirable substance in animal feed. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); *EFSA Journal*, 908: 1-55
- El-Saidy, D. M. S.; Gaber, M. M., 2004. Use of cottonseed meal supplemented with iron for detoxification of gossypol as a total replacement of fish meal in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets. *Aquaculture Res.*, 35 (9): 859-865
- European Commission, 2003. Opinion of the scientific committee on animal nutrition on undesirable substances in feed. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General, Directorate C. Scientific Opinions. C2 Management of Scientific committees; scientific co-operation and networks, SCF/CS/CNTM/MYC/25 Rev 6 Final
- Ewing, 1997. *The Feeds Directory Vol 1. Commodity Products*. Context Publications, Leicestershire, England.
- FAO, 2012. *FAOSTAT*. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Fombad, R. B.; Bryant, M. J., 2004. An evaluation of the use of cottonseed cake in the diet of growing pigs. *Trop. Anim. Health Prod.*, 36 (3): 295-305
- Galvao, K. N. ; Santos, J. E. P. ; Coscioni, A. C. ; Juchem, S. O. ; Chebel, R. C. ; Sicho, W. M. ; Villaseñor, M., 2006. Embryo survival from gossypol-fed heifers after transfer to lactating cows treated with human chorionic gonadotropin. *J. Dairy Sci.*, 89 (6): 2056-2064
- Göhl, B., 1982. *Les aliments du bétail sous les tropiques*. FAO, Division de Production et Santé Animale, Roma, Italy
- Guedes, F. C. B.; Soto-Blanco, B., 2010. Sperm quality of sheep fed cottonseed cake. *Acta Scientiae Veterinariae*. 38 (4): 415-418
- Hassan, M. E.; Smith, G. W.; Ott, R. S.; Faulkner, D. B.; Firkins, L. D.; Ehrhart, E. J.; Schaeffer, D. J., 2004. Reversibility of the reproductive toxicity of gossypol in peripubertal bulls. *Theriogenology*, 61 (6): 1171-1179
- Hennessy, D. W.; Williamson, P. J., 1988. A comparison of cottonseed and formaldehyde-treated sunflower meals on the production of *Bos indus* and *Bos taurus* cattle in a sub-tropical pasture hay. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 1 (2): 107-114
- Jabbar, M. A. ; Ahmad, S. ; Riffat, S., 2008. Effect of replacing cotton seed cake with sunflower meal in the rations of

- lactating crossbred cows. *J. Vet. Anim. Sci.*, 1: 11-13
- Jabbar, M. A. ; Marghazani, I. B. ; Saima, 2009. Effect of replacing cotton seed cake with sunflower meal on milk yield and milk composition in lactating Nili-Ravi buffaloes. *J. Anim. Plant Sci.*, 19 (1): 6-9
 - Jimenez, D. A.; Chandler, J. E.; Adkinson, R. W.; Nipper, W. A.; Baham, A.; Saxton, A. M., 1989. Effect of feeding gossypol in cottonseed meal on growth, semen quality, and spermatogenesis of yearling Holstein bulls. *J. Dairy Sci.*, 72 (7): 1866-1875
 - Kandyliis, K.; Nikokyris, P. N.; Deligiannis, K. , 1999. Performance of growing-fattening lambs fed diets containing different proportions of cotton seed meal. *J. Sci. Food Agric.*, 79 (12): 1613-1619
 - Li DeFa; Xu, X. X.; Qiao, S. Y.; Zheng, C. T.; Chen, Y.; Piao, X. S.; Han, I. K.; Thacker, P., 2000. Growth performance of growing-finishing pigs fed diets supplemented with Chinese cottonseed meal based on amino acid digestibilities. *Asian-Aust. J. Anim.Sci.*, 13 (4): 521-527
 - Love, R. J.; Peacock, A. J.; Evans, G., 1990. Premature farrowings caused by feeding cottonseed meal. *Aust. Vet. J.*, 67 (6): 223-22
 - Maesoomi, S. M.; Ghorbani, G. R.; Alikhani, M.; Nikkhah, A., 2006. Canola meal as a substitute for cottonseed meal in diet of midlactation Holsteins . *J. Dairy Sci.*, 89 (5): 1673-1677
 - McGregor, C. A., 2000. Directory of feeds and feed ingredients. Hoard's Dairyman Books, W. D. Hoard and Sons Company
 - Mello, G.; Laurentiz, A. C.; Filardi, R. S.; Bergamaschine, A. F.; Okuda, H. T.; Lima, M. M.; Junqueira, O. M., 2012. Cottonseed meal in diets for growing and finishing pigs. *Arch. Zootecnia*, 61 (233): 55-62
 - Mena, H; Santos, J. E. P.; Huber, J. T.; Simas, J. M.; Tarazon, M.; Calhoun, M. C., 2001. The effects of feeding varying amounts of gossypol from whole cottonseed and cottonseed meal in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 84 (10): 2231-2239
 - Mena, H. ; Santos, J. E. P. ; Huber, J. T. ; Tarazon, M. ; Calhoun, M. C., 2004. The effects of varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood parameters in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87 (8): 2506-2518
 - Moreira, I. ; Sartori, I. M. ; Paiano, D. ; Martins, R. M. ; Oliveira, G. C. de, 2006. Effects of feeding cottonseed meal with or without iron addition for starting piglets (15-30 kg). *Rev. Bras. Zoot.*, 35 (3): 1077-1084 (suppl.)
 - Morgan, S., 1989. Gossypol toxicity in livestock. Oklahoma Cooperative Extension Service, VTMD-9116
 - Nagalakshmi, D.; Sastry, V. R. B.; Agrawal, D. K., 2003. Relative performance of fattening lambs on raw and processed cottonseed meal incorporated diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 16 (1): 29-35
 - NDDDB, 2012. Nutritive value of commonly available feeds and fodders in India. National Dairy Development Board, Animal Nutrition Group, Anand, India
 - Nikokyris, P.; Kandyliis, K.; Deligiannis, K.; Liamadis, D., 1991. Effects of gossypol content of cottonseed cake on blood constituents in growing-fattening lambs. *J. Dairy Sci.*, 74 (12): 4305-4313
 - Nunes, F. das C. R.; Araujo, D. A. F. V. de; Bezerra, M. B.; Soto-Blanco, B., 2010. Effects of gossypol present in cottonseed cake on the spermatogenesis of goats. *J. Anim. Vet. Adv.*, 9 (1): 75-78
 - O'Brien, R. D.; Jones, L. A.; King, C. C.; Wakelyn, P. J.; Wan, P. J., 2005. Cottonseed Oil: chapter 5. In: Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc
 - OGTR, 2008. The biology of *Gossypium hirsutum* L. and *Gossypium barbadense* L. (cotton). February 2008. Version 2. Australian Government Office of the Gene Technology Regulator
 - Paiano, D.; Moreira, I.; Silva, M. A. A. da; Sartori, I. M.; Martins, R. M.; Vieira, F., 2006. Utilization of two cottonseed meal in starting pig feeding: digestibility and performance. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 28 (4): 415-422
 - Papadopoulos, G.; Fegeros, K.; Ziras, E., 1987. Evaluation of greek cottonseed meal. 2. use in rations for fattening pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 18 (4): 303-313
 - Promkot, C.; Wanapat, M. , 2005. Effect of level of crude protein and use of cottonseed meal in diets containing cassava chips and rice straw for lactating dairy cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 18 (4): 502-511
 - Randel, R. D. ; Chase, C. C. Jr. ; Wyse, S. J., 1992. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. *J. Anim. Sci.*, 70 (5):1628-1638
 - Rhule, S. W. A., 1995. Performance of weaner pigs fed diets containing cottonseed oil by-products in Ghana. *Trop. Anim. Health Prod.*, 27: 127-128
 - Rodman, J., 2006. NMSU glandless cotton research appears promising. New Mexico State University, News Center
 - Saxena, D. K.; Sharma , S. K.; Sambhi, S. S., 2011. Comparative extraction of cottonseed oil by n-Hexane and ethanol. *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, 6 (1): 84-89
 - Singh, D. N.; Evans, M., 2005. Evaluation of cottonseed meal for pigs between 20-90 kg liveweight. In: Paterson, J. E. (Ed.), Manipulating pig production X: 148, Proc. 10th Biennial Conf. Australasian Pig Sci. Association (APSA), held in Christchurch, New Zealand, 27-30th November, 2005
 - Tanksley Jr., T. D., 1990. Cottonseed meal. In: Thacker, P. A.; Kirkwood, R. N. (Ed.), Non traditional feed sources for use in swine production: 139-151, Butterworth, Boston
 - Thomaz, M. C.; Kronka, R. N.; Pereira, L. M. C.; Kronka, S. N., 1997. Effects of different levels of cottonseed meal in the performance and carcass characteristics of swine in the growing and finishing phases. *Ars Veterinaria*, 13 (3): 258-267
 - TIS, 2012. Cottonseed extraction meal. Transport Information Service from German Marine Insurers
 - USDA, 2013. Downloadable data sets. Foreign Agricultural Service. PSD Online
 - Velasquez-Pereira, J.; Chenoweth, P. J.; McDowell, L. R.; Risco, C. A.; Staples, C. A.; Prichard, D.; Martin, F. G.; Calhoun, M. C.; Williams, S. N.; Wilkinson, N. S. , 1998. Reproductive effects of feeding gossypol and vitamin E to bulls. *J. Anim. Sci.*, 76 (11): 2894-2904
 - Ward, A.; Tawila, G. A.; Sawsan, M. A.; Gad, M.; El-Moniary, M. M., 2008. Improving the nutritive value of cottonseed meal by adding iron on growing lambs diets. *World J. Agricult. Sci.*, 4 (5): 533-537

- Willard, S. T.; Neuendorff, D. A.; Lewis, A. W.; Randel, R. D., 1995. Effects of free gossypol in the diet of pregnant and postpartum Brahman cows on calf development cow performance. *J. Anim. Sci.*, 73 (2): 496-507
- Woods, W. R.; Richardson, H.; Kruse, K.; Gallup, W. D.; Tillman, A. D., 1962. Further studies on the nutritive value of cottonseed meals for ruminants. *J. Anim. Sci.*, 21 (2): 284-289
- Yazdani, A. R., 2005. Impact of protein sources on performance and biochemical changes of male growing buffalo calves. *Indian J. Anim. Res.*, 39 (2): 79-85
- Yunus, A. W. ; Khan, A. G. ; Alam, Z. ; Sultan, J. I. ; Riaz, M., 2004. Effects of substituting cottonseed meal with sunflower meal in rations for growing buffalo calves. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 17 (5): 559-562
- Zahid, I. A.; Lodhi, L. A.; Qureshi, Z. I.; Ahmad, N.; Rehman, N. U.; Akhtar, M. S., 2003. Gossypol contents in cottonseed cakes collected from different districts of the Punjab province of Pakistan. *Pakistan Vet. J.*, 23 (3): 122-125
- Zahid, I. A.; Lodhi, L. A.; Ahmad, N.; Qureshi, Z. I.; Rehman, N. U.; Akhtar, M. S., 2003. Effects of gossypol on semen characteristics of Teddy male goats. *Pakistan Vet. J.*, 23 (4): 173-176
- Zinn R. A.; Montano M.; Alvarez E.; Shen, Y., 1997. Feeding value of cottonseed meal for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 75 (9): 2317-2322

Rédaction : Valérie Heuzé et Gilles Tran (AFZ : Association Française de Zootechnie) - Benoît Rouillé (Institut de l'Élevage)
Conception : Marie-Catherine Leclerc (Institut de l'Élevage) - **Mise en page :** Corinne Maignet (Institut de l'Élevage)
Sources : AFZ et Feedipedia (www.feedipedia.org) - **Crédit photo :** Pellets - **Réf IE :** 0016 302 006 - Mai 2016