

TOURTEAU DE PALMISTE



OBTENU PAR PRESSION À FROID OU EXTRAIT AU SOLVANT, LE TOURTEAU DE PALMISTE EST UN DES TOURTEAUX LES MOINS RICHES EN PROTÉINES ET UN COPRODUIT RELATIVEMENT FIBREUX.

AUTRES NOMS COMMUNS

Tourteau de palmiste, tourteau de palmiste expeller, tourteau de palmiste déshuilé



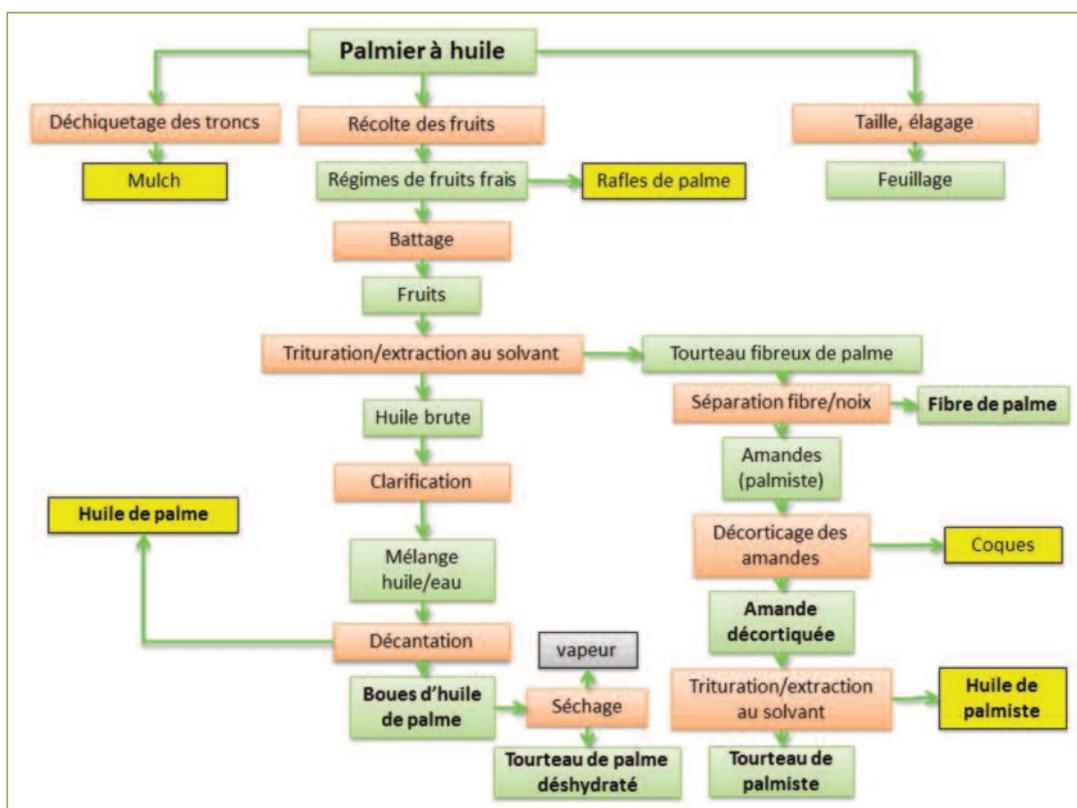
Description

Le tourteau de palmiste est le coproduit de l'extraction de l'huile de palmiste à partir des noix du fruit du palmier à huile africain *Elaeis guineensis* Jacq. (ou plus rarement du palmier à huile américain *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés, moins productif, ou d'hybrides entre les deux espèces). Le palmier à huile fournit deux huiles riches en graisses très saturées. La plus importante est l'huile de palme, extraite de la pulpe (mésocarpe) du fruit, qui est à la fois une huile de base – c'est l'« huile de cuisson du pauvre » en Asie du Sud-Est et en Afrique tropicale – et un ingrédient indispensable à l'industrie alimentaire mondiale et à d'autres industries, dont celle des biocarburants (Prabhakaran Nair, 2010). L'huile de palmiste, extraite du noyau (noix) du fruit, est semi-solide à température ambiante, et moins importante sur le plan économique.

Dans le procédé industriel, les fruits sont chauffés et pressés pour extraire l'huile de palme brute, qui est ensuite purifiée. Le fruit donne environ 43% d'huile de palme et 57% de tourteau, qui se compose de 35% de péricarpe (fibre) et 65% de noix (Pickard, 2005). Les noix sont ensuite brisées, cuites, et floconnées avant d'en extraire l'huile par pression ou par solvant (généralement de l'hexane) (Poku, 2002). La noix se compose de 83% de coques et 17% d'amandes, lesquelles donnent environ 50% d'huile de palmiste et 50% de tourteau de palmiste (Pickard, 2005).

Le tourteau de palmiste est un des tourteaux les moins riches en protéines (moins de 20% MS) et un produit relativement fibreux. Il est donc surtout adapté à l'alimentation des ruminants (Pickard, 2005). Le tourteau obtenu par pression seule contient de 6 à 15% d'huile tandis que le tourteau extrait au solvant contient environ 3% d'huile.

Figure 1 : schéma du process de fabrication de l'huile de palme



Distribution

Poussée par la croissance économique de la Chine et de l'Inde, l'huile de palme s'est imposée à partir des années 1990 comme une huile majeure, dépassant l'huile de soja en 2004 pour devenir la première huile végétale au niveau mondial (45 millions de tonnes en 2010). La production d'huile de palmiste, bien que loin derrière (5,6 millions de tonnes en 2010), a elle-même dépassé celle de l'huile d'arachide en 2007 (FAO, 2012). 80% de l'huile de palme provient d'Indonésie et de Malaisie. L'Indonésie est le premier producteur et exportateur d'huile et de coproduits du palmier à huile. En 2010, ce pays a produit 21,5 millions de tonnes d'huile de palme (48% de la production mondiale) et

2,3 millions de tonnes d'huile de palmiste. La Malaisie est le second producteur avec 17 millions de tonnes d'huile de palme (38% de la production mondiale) et 2 millions de tonnes d'huile de palmiste. Les 5 pays suivants (Nigeria, Thaïlande, Colombie, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Equateur) représentent moins de 10% de la production mondiale (FAO, 2012).

Le tourteau de palmiste est un produit important dans le commerce international des matières premières et 90% de la production (5 millions de tonnes) est exportée, dont la moitié vers l'Europe (FAO, 2012 ; USDA, 2013).

Impact environnemental

La formidable croissance de la production d'huile de palme est une cause majeure de préoccupation environnementale

et est devenue un sujet de débat public depuis les années 1990.

Déforestation et préparation des terres

L'expansion des plantations de palmier à huile a conduit à la conversion de millions d'hectares de forêt tropicale en Asie du Sud-Est : en Indonésie, la surface cultivée en 2010 était de 5 millions d'ha, soit 7 fois plus qu'en 1990 (FAO, 2012). Cette déforestation a entraîné la disparition d'habitats naturels pour des espèces telles que l'orang-outang et une perte de biodiversité (Wakker, 2005 ; Wakker, 2000). L'utilisation du brûlage pour le défrichage des terres pour de nouvelles plantations entraîne de fortes émissions de gaz à effets de serre. En 1997, une pollution massive en Asie du Sud-Est, due à un incendie géant causé par le défrichage par brûlage en Indonésie, a conduit à l'interdiction de cette pratique dans les pays asiatiques, les troncs étant maintenant

broyés sur place. Cette méthode recycle la biomasse, améliore les propriétés du sol et réduit les besoins en engrais minéraux, mais favorise les maladies et les parasites (Mohd Noor, 2003 ; Teoh Cheng Hai, 2002 ; Kamarudin *et al.*, 1997 ; Chopra *et al.*, 2005). Le sol est particulièrement sensible à l'érosion au cours du défrichage, notamment dans les régions de montagne (Wakker, 2005). Une légumineuse peut limiter l'érosion, mais nécessite l'utilisation de désherbants (Mohd Noor, 2003). Les opérations de drainage préliminaires à l'établissement des plantations sur des sols tourbeux (soit 4% des surfaces) libèrent du CO₂ à raison de 10 à 20 t/ha/an (Schmidt, 2007).

Pesticides

La culture du palmier à huile à grande échelle nécessite jusqu'à 25 pesticides différents, dont le Paraquat, un

herbicide controversé car toxique pour les humains et interdit dans l'Union européenne depuis 2007 (Wakker, 2005).

Gestion des déchets

La production d'huile de palme génère de grandes quantités de déchets solides et liquides. Les déchets fibreux sont généralement utilisés pour la production d'énergie dans l'usine ou sont utilisés comme compost ou comme substrat pour la culture de champignons (Chavalparit *et al.*, 2006). Le

tourteau de palmiste est essentiellement utilisé en alimentation animale. Les effluents sont problématiques car les bassins de traitement peuvent déborder lors de pluies ou en cas de production intensive, entraînant de fortes pollutions (Wakker, 2005).

Impacts positifs

Le palmier à huile est parfois utilisé pour la réhabilitation des zones dégradées. A Sumatra, il a été établi avec succès sur les terres agricoles abandonnées. Il produit moins d'ombre que l'hévéa ou le cacaoyer et son sous-bois peut être pâturé

par le bétail, qui est alors une source de revenu et permet le contrôle des mauvaises herbes (Orwa *et al.*, 2009 ; Sharun *et al.*, 2003).

Contraintes potentielles

Toxicité du cuivre chez les ovins

Le tourteau de palmiste contient 20-30 mg/kg de cuivre (APOC, 2006). Un taux de 90% de tourteau dans la ration peut être toxique pour les ovins et causer une nécrose hépatique mortelle (Schoenian, 2009). Un taux de 60% peut altérer la spermatogenèse des béliers (Yaakub *et al.*, 2009). Le molybdate de sodium peut réduire la toxicité du cuivre car le molybdène forme des complexes insolubles avec le cuivre et

empêche son absorption (Schoenian, 2009 ; Akpan *et al.*, 2005). Le zinc est un autre antagoniste de l'absorption du cuivre, mais la supplémentation en zinc peut entraîner une concentration élevée de zinc dans le sang, le foie et les reins. La phytase est un autre moyen de prévention de la toxicité du cuivre car elle améliore la disponibilité du zinc chez les ovins (Akpan *et al.*, 2005).

Attributs nutritionnels

Le tourteau de palmiste est une matière première relativement commune en alimentation animale, en particulier dans l'alimentation des ruminants. Sa valeur nutritionnelle est la plus faible des principaux tourteaux d'oléagineux, du fait de sa pauvreté en protéines (14 à 20% MS, inférieure au tourteau de coprah) et de ses grandes quantités de constituants de la paroi cellulaire (cellulose brute 14-28% ; NDF 60-80% ; ADF 35-50% ; lignine 10-18% MS). La proportion de lignine des parois cellulaires du tourteau de palmiste (18% du NDF) est supérieure à celle du tourteau de coprah (13% de NDF). Contrairement aux principaux tourteaux, le tourteau de palmiste est souvent obtenu

par pression seule et sa teneur en huile est assez élevée (6-15% MS). Le tourteau extrait au solvant contient moins d'huile (environ 3% MS) et un peu plus de protéines (19% vs 17% en moyenne) que le tourteau expeller, mais les teneurs en parois cellulaires et en minéraux ne sont que légèrement affectées par le mode d'extraction.

Le tourteau de palmiste est sec et granuleux et n'est pas facilement accepté par les animaux. Sa faible appétibilité ne constitue cependant pas un problème car il est principalement utilisé dans des aliments composés (Göhl, 1982).

Tableau 1 : Principaux constituants du tourteau de palmiste

Constituants organiques	Matière sèche (% sur brut)	91,6
	Protéines brutes (% MS)	17,0
	Cellulose brute (% MS)	20,5
	NDF (% MS)	72,9
	ADF (% MS)	43,9
	Lignine (% MS)	14,1
	Matières grasses brutes (% MS)	8,2
	Matières grasses hydrolyse (% MS)	-
	Cendres (% MS)	4,7
	Amidon (% MS)	1,1
	Sucres totaux (% MS)	2,2
	Energie brute (kcal/kg MS)	4 760
	Minéraux	Calcium (g/kg MS)
Phosphore (g/kg MS)		6,0
Potassium (g/kg MS)		6,8
Sodium (g/kg MS)		0,19
Magnésium (g/kg MS)		3,1
Manganèse (mg/kg MS)		187
Zinc (mg/kg MS)		68
Cuivre (mg/kg MS)		28
Fer (mg/kg MS)		861
Acides aminés	Alanine (g/kg MS)	6,9 (soit 3,9 g/16 g N)
	Arginine (g/kg MS)	22,0 (soit 11,8 g/16 g N)
	Acide aspartique (g/kg MS)	14,0 (soit 7,9 g/16 g N)
	Cystine (g/kg MS)	2,1 (soit 1,1 g/16 g N)
	Acide glutamique (g/kg MS)	32,2 (soit 18,3 g/16 g N)
	Glycine (g/kg MS)	7,8 (soit 4,4 g/16 g N)
	Histidine (g/kg MS)	3,7 (soit 2,0 g/16 g N)
	Isoleucine (g/kg MS)	6,1 (soit 3,4 g/16 g N)
	Leucine (g/kg MS)	10,7 (soit 6,2 g/16 g N)
	Lysine (g/kg MS)	5,0 (soit 2,9 g/16 g N)
	Méthionine (g/kg MS)	3,0 (soit 1,8 g/16 g N)
	Phénylalanine (g/kg MS)	6,8 (soit 3,9 g/16 g N)
	Proline (g/kg MS)	5,2 (soit 3,1 g/16 g N)
	Sérine (g/kg MS)	7,6 (soit 4,2 g/16 g N)
	Thréonine (g/kg MS)	5,4 (soit 3,0 g/16 g N)
	Tryptophane (g/kg MS)	1,1 (soit 0,7 g/16 g N)
	Tyrosine (g/kg MS)	4,2 (soit 2,5 g/16 g N)
Valine (g/kg MS)	8,5 (soit 5,0 g/16 g N)	

V valorisation dans l'alimentation des ruminants

Le tourteau de palmiste est surtout utilisé pour l'alimentation des ruminants. En dépit d'une valeur nutritionnelle assez faible, c'est une bonne source de protéines et d'énergie que son coût rend intéressante par rapport à des ingrédients plus

onéreux tels que le maïs et le tourteau de soja. Le tourteau de palmiste peut alors les remplacer partiellement lorsque les conditions économiques le permettent.

Digestibilité et valeur énergétique

La digestibilité in vivo de la matière organique (DMO) du tourteau de palmiste est variable, avec des valeurs comprises entre 68 et 77% (Sauvant *et al.*, 2004 ; Schiemann, 1981 ; Jentsch *et al.*, 2003). Le tourteau expeller, peut-être en raison de sa forte teneur en huile, est généralement considéré comme plus digeste que le tourteau extrait au solvant (DMO 73 vs 67%, Schiemann, 1981 ; 77 vs 75%, Jentsch *et al.*, 2003). Ces digestibilités se traduisent par des valeurs énergétiques comprises entre 0,92 et 1,00 UFL par kg MS.

Il faut noter que les estimations de la digestibilité du tourteau de palmiste par des méthodes in vitro tendent à sous-estimer la valeur in vivo (Castagna *et al.*, 1987). Ceci est dû à la présence de galactomannanes difficiles à hydrolyser. Cela explique aussi la longue phase de latence – qui peut dépasser

10 heures – dans les mesures in sacco avant que ne commence la dégradation des parois cellulaires (Sauvant *et al.*, 1986; Hindle *et al.*, 1995 ; Chapoutot *et al.*, 2010). A l'issue de cette phase, les parois cellulaires deviennent très dégradables et le tourteau de palmiste devient une source de fibres hautement digestibles (Sauvant *et al.*, 1986 ; Chapoutot *et al.*, 2010).

Le tourteau de palmiste n'est pas considéré comme acidogène et son inclusion jusqu'à 55% (MS de la ration) dans des rations pour chèvres n'a eu aucun effet néfaste sur le rumen (Chanjula *et al.*, 2009). En outre, la supplémentation de foin de faible qualité avec du tourteau de palmiste a amélioré la production de protéines microbiennes dans le rumen (Marsetyo, 2007).

Valeur protéique

Le tourteau de palmiste est surtout considéré comme une source de protéines. La fraction d'azote rapidement fermentescible dans le rumen est faible (15-16%) (Sauvant *et al.*, 2004 ; Woods *et al.*, 2003a) et la dégradabilité de la protéine est assez faible, de 40 à 50% (Carvalho *et al.*, 2009 ; Sauvant *et al.*, 2004 ; Woods *et al.*, 2003a ; Hindle *et al.*,

1995 ; Umunna *et al.*, 1994), voire même moins (34%) (Promkot *et al.*, 2007). La digestibilité des protéines by-pass est généralement inférieure à 80% (Carvalho *et al.*, 2005 ; Sauvant *et al.*, 2004 ; Woods *et al.*, 2003b), mais des valeurs plus élevées (83 à 92%) ont été proposées (Steg *et al.*, 1993).

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

Digestibilité de la matière organique (%)	67
Digestibilité de l'énergie (%)	71,2
Energie digestible (kcal/kg MS)	3 180
Energie métabolisable (kcal/kg MS)	2 570
UFL (/kg MS)	0,90
UFV (/kg MS)	0,83
Digestibilité de l'azote (%)	71
Dégradabilité théorique de l'azote (k=6 %) (%)	43
Digestibilité intestinale de l'azote (%)	79
PDIA (g/kg MS)	86
PDIN (g/kg MS)	122
PDIE (g/kg MS)	129

Recommandations pour les vaches laitières

Le taux maximal de tourteau de palmiste recommandé dans des rations vaches laitières est d'environ 20% (Ewing, 1997). L'inclusion de tourteau de palmiste extrait au solvant jusqu'à 15% a diminué les coûts d'alimentation et augmenté la teneur en protéines du lait sans affecter les performances laitières (Carvalho *et al.*, 2006). Cependant, dans les pays producteurs d'huile de palme, une ration pour vaches laitières peut contenir jusqu'à 50% de tourteau de palmiste. En Malaisie,

par exemple, l'utilisation du tourteau de palmiste aide à réduire les coûts de production car il remplace des aliments importés plus coûteux, comme le tourteau de soja ou le maïs grain.

Le tourteau de palmiste donné à des vaches laitières à raison de 2-3 kg par jour tend à augmenter la teneur en matière grasse du lait et à produire un beurre ferme (Witt, 1953).

Recommandations pour les bovins en croissance

Le taux maximal recommandé de tourteau de palmiste dans des rations pour bovins viande est d'environ 20%, et de 5% pour des veaux (Ewing, 1997). Dans les pays producteurs d'huile de palme, le tourteau de palmiste est très utilisé pour

l'alimentation des bovins en croissance et est considéré comme un aliment très économique. En Malaisie, les bovins à l'engrais sont nourris jusqu'à 80% (MS) de tourteau de palmiste (Chumpawadee *et al.*, 2009).

Recommandations pour les ovins

En pays développés, les recommandations en ovins sont de 10% en brebis et 2,5% en agneaux. En pays tropicaux, des taux plus élevés ont été testés avec succès. Ainsi, au Brésil, une complémentation avec 30% de tourteau de palmiste chez des moutons au pâturage n'a pas induit de dommage physiologique ou nutritionnel (Costa *et al.*, 2010). La substitution partielle du maïs et du tourteau de soja avec du tourteau de palmiste a donné de bons résultats sur des moutons nourris avec de l'herbe tropicale ensilée et traitée à

l'ammoniac (Silva *et al.*, 2007). Au Nigéria, la substitution presque complète (90%) du maïs et des tourteaux par du tourteau de palmiste chez des moutons alimentés avec du foin s'est révélée économiquement rentable du fait du moindre coût de l'aliment (Umunna *et al.*, 1994). Au Mexique, des brebis au pâturage élevées pour leur laine ont pu recevoir jusqu'à 30% de tourteau de palmiste dans le concentré en substitution partielle du maïs sans modifier les performances de reproduction (Luna Palomera *et al.*, 2010).

Recommandations pour les caprins

Les travaux concernant l'utilisation du tourteau de palmiste en caprins ont surtout eu lieu dans les pays tropicaux. Au Nigéria, il a été montré que le tourteau de palmiste pouvait être une source protéique suffisante dans le complément apporté à des chèvres naines (Aina *et al.*, 2002), meilleur que les drêches de brasserie mais inférieur au tourteau de soja

(Arigbede *et al.*, 2006). Au Brésil, la substitution partielle du maïs et du tourteau de soja avec du tourteau de palmiste (30% dans le supplément, 18% de la MS de la ration) chez des chèvres en lactation n'a pas affecté les performances laitières (Silva *et al.*, 2005).

V alorisation dans l'alimentation des porcs

Même s'il est d'abord considéré comme une source d'énergie pour les porcs (Boateng *et al.*, 2008), le tourteau de palmiste a une faible digestibilité et une valeur énergétique également faible (1 290 kcal/kg MS d'Énergie Nette, Sauvant *et al.*, 2004) à cause de sa teneur élevée en fibres et aux réactions de Maillard qui se produisent au cours du traitement. La digestibilité de la plupart des acides aminés est d'environ 20 à 30 points inférieure à celles du maïs : la digestibilité iléale standardisée de la lysine n'est que de 37% pour le tourteau de palmiste contre 80 % pour le maïs (Février *et al.*, 2001 ; Sauvant *et al.*, 2004). Le tourteau de palmiste est peu appétent pour les porcs, notamment les jeunes animaux, et il doit toujours être introduit très progressivement. Le tourteau de palmiste produit une viande de porc ferme et de bonne qualité (Göhl, 1982).

L'inclusion du tourteau de palmiste dans les régimes porcins tend à diminuer les performances de croissance, du fait de la présence de polysaccharides non amylacés, de sa faible appétence et des digestibilités réduites des acides aminés et de l'énergie (Kim *et al.*, 2001). Dans les pays tempérés industrialisés, le tourteau de palmiste est utilisé comme

substitut des coproduits de meunerie dans les rations pour porcs en croissance-finition. Un taux d'inclusion maximum de 5 à 10% est recommandé. L'ajout d'un complexe enzymatique peut contrebalancer l'effet négatif du tourteau de palmiste sur les performances de croissance (Kim *et al.*, 2001). Pour les porcelets au sevrage et les truies en lactation, pour lesquels l'énergie est le principal facteur limitant des performances, le tourteau de palmiste n'est pas recommandé en raison de sa faible appétence et de sa haute teneur en fibres. Chez les truies gestante des niveaux élevés de tourteau de palmiste (30-40%) peuvent être utilisés sans effets négatifs sur les performances de reproduction.

Dans certains systèmes d'élevage, notamment en Afrique de l'Ouest ou en Asie du Sud, le tourteau de palmiste peut être économiquement viable même à des niveaux élevés : jusqu'à 40% de tourteau peut être inclus dans les régimes pour porcs en croissance-finition pour remplacer les céréales sans effets délétères sur les performances de croissance et la qualité de la viande (Jegade *et al.*, 1994 ; Rhule, 1996 ; Fatufe *et al.*, 2007).

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

Digestibilité de l'énergie (porc croissance) (%)	42
Energie digestible (porc croissance) (kcal/kg MS)	1 990
Energie métabolisable (porc croissance) (kcal/kg MS)	1 840
Energie nette (porc croissance) (kcal/kg MS)	1 240
Digestibilité fécale de l'azote (porc croissance) (%)	63
Digestibilité de l'énergie (porc adulte) (%)	50
Energie digestible (porc adulte) (kcal/kg MS)	2 360
Energie métabolisable (porc adulte) (kcal/kg MS)	2 130
Energie nette (porc adulte) (kcal/kg MS)	1 420
Digestibilité fécale de l'azote (porc adulte) (%)	76

V alorisation dans l'alimentation des volailles

Bien que le tourteau de palmiste ait une teneur en protéines faible par rapport à d'autres tourteaux, il peut être utile pour l'alimentation des volailles, en raison de sa disponibilité et de son prix modique. Bien que sa composition soit quelque peu similaire à celle du tourteau de coprah, sa densité apparente plus élevée et sa capacité de rétention d'eau plus faible ont tendance à augmenter son ingestion (Sundu *et al.*, 2006). Le

tourteau de palmiste est dépourvu de facteurs antinutritionnels affectant les volailles, et il ne présente pas de problème de palatabilité. C'est un produit très variable dont la valeur énergétique pour les volailles dépend fortement de sa teneur en matières grasses et de la présence de coques du noyau, qui augmentent la quantité de fibres et de lignine (Jackson *et al.*, 1996).

Poulets de chair

Le tourteau de palmiste peut être utilisé dans l'alimentation des poulets de chair, à condition que ses limites en termes d'acides aminés (lysine, méthionine + cystine) et d'énergie soient prises en compte lors de la formulation des rations. Les performances de croissance ne sont pas significativement diminuées pour des taux d'incorporation de 20 à 30 % (Onwudike, 1986c ; Ugwu *et al.*, 2008 ; Bello *et al.*, 2011). L'ingestion pour des rations contenant du tourteau de palmiste est généralement plus élevée que pour le régime de référence, ce qui entraîne un taux de conversion alimentaire moins efficace (Ezieshi *et al.*, 2008 ; Sundu *et al.*, 2005). L'augmentation de la consommation d'aliments, qui peut compenser la faible valeur énergétique du tourteau de palmiste, confirme l'absence de problèmes de palatabilité de cet aliment chez les volailles. Des niveaux d'incorporation plus élevés ont été testés, mais les performances des animaux dépendent des caractéristiques du tourteau de palmiste utilisé et de la formulation de la ration (Sundu *et al.*, 2006). Par exemple, des taux d'incorporation de 40 ou 50 % ont été préjudiciables aux performances dans plusieurs essais (Ezieshi *et al.*, 2004 ; Iyayi *et al.*, 2005). Dans certains cas, une supplémentation en enzymes (hémicellulases, mannanases) a augmenté la digestibilité du tourteau de palmiste et, par conséquent, sa valeur nutritive

(Sundu *et al.*, 2006). Une efficacité alimentaire supérieure, due à de meilleures performances de croissance et/ou une moindre ingestion, a été observée dans des rations contenant du tourteau de palmiste complété avec des enzymes, par rapport aux rations sans enzymes (Esuga *et al.*, 2008 ; Soltan, 2009 ; Sundu *et al.*, 2005). Les enzymes pourraient également contribuer à réduire les problèmes causés par des matières fécales humides et qui sont parfois observés avec les régimes à base de palmiste. L'incorporation de levures à 1,5 % a amélioré l'efficacité alimentaire, grâce à une meilleure dégradation de l'hémicellulose (Onifade *et al.*, 1996). La fermentation de l'hémicellulose dans le tube digestif a également été liée à une potentielle activité probiotique qui pourrait expliquer certains effets bénéfiques rapportés du tourteau de palmiste sur la santé animale et la physiologie digestive (Sundu *et al.*, 2006).

En règle générale, un apport de 20 % de tourteau de palmiste dans les rations pour poulets de chair est sans danger si la ration a été correctement formulée. Dans les situations où le tourteau de palmiste est disponible à bas prix, des taux allant jusqu'à 40 % d'incorporation peuvent être économiquement rentables malgré la baisse de l'efficacité alimentaire et des performances des animaux.

Poules pondeuses

Les performances de ponte peuvent généralement être maintenues avec des régimes contenant jusqu'à 25 % de tourteau de palmiste (Chong *et al.*, 2008 ; Perez *et al.*, 2000). L'ingestion tend à augmenter, entraînant une légère baisse de l'efficacité alimentaire (Chong *et al.*, 2008). La qualité des œufs n'a pas été affectée par l'incorporation de 40 % de tourteau de palmiste (Onwudike, 1988). Des niveaux plus élevés de tourteau de palmiste (de 40 à 50 %) peuvent être préjudiciables aux performances, mais ils peuvent être utilisés à profit lorsque le tourteau de palmiste est bon marché

(Onwudike, 1988 ; Perez *et al.*, 2000).

Les poulettes peuvent recevoir jusqu'à 30 % de tourteau de palmiste pendant les phases de démarrage et de croissance, sans conséquence sur le développement des animaux et leurs performances de ponte ultérieures (Onwudike, 1986b). Le tourteau de palmiste peut être utilisé dans les rations à faible densité pour les poulets de chair reproducteurs. Ceci entraîne une ingestion plus élevée et une baisse des symptômes de faim (Enting *et al.*, 2007).

Tourteau de palmiste fermenté

La fermentation du tourteau de palmiste est une méthode utilisée pour améliorer sa valeur nutritive, mais le gain obtenu concernant la teneur en fibres et la digestibilité est limité par la réduction du taux de matières grasses. Le tourteau de palmiste ayant subi une fermentation anaérobie pendant 8

jours a été bien consommé par des poules pondeuses et n'a pas provoqué de diminution significative de la production d'œufs (Dairo *et al.*, 2008). En poulets de chair, le tourteau de palmiste fermenté avec *Aspergillus Niger* a également conduit à une bonne croissance (Mirnawati *et al.*, 2011).

- Aina, A. B. J. ; Yusuf, A. O. ; Sogbade, L. A. ; Sowande, O. S., 2002. Evaluation of different combinations of palm kernel cake- and cottonseed cake-based diets on the performance of West African Dwarf goats. *Nigerian J. Anim. Prod.*, 29 (1-2): 189-194
- Akpan, H. D. ; Udosen, E. O. ; Akpan, E. J. ; Joshua, A. A., 2005. The effect of phytase and zinc supplementation on palm kernel cake toxicity in sheep. *Pakistan J. Nutr.*, 4 (3): 148-153
- APOC, 2006. Palm kernel cake (PKC) as animal feed. American Palm Oil Council, Oil Palm/Palm Oil by-products applications, Product series, 9
- Arigbede, O. M., 2006. Performance of West African Dwarf (WAD) goats fed *Panicum maximum* basal diets with different sources of protein supplements. *J. Anim. Veter. Adv.*, 5 (10): 795-799
- Boateng, M. ; Okai, D. B. ; Baah, J. ; Donkoh, A., 2008. Palm kernel cake extraction and utilisation in pig and poultry diets in Ghana. *Livest. Res. Rural Dev.*, 20 (7): 99
- Carvalho, L. P. F. ; Melo, D. S. P. ; Pereira, C. R. M. ; Rodrigues, M. A. M. ; Cabrita, A. R. J. ; Fonseca, A. J. M., 2005. Chemical composition, in vivo digestibility, N degradability and enzymatic intestinal digestibility of five protein supplements. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 119 (1-2): 171-178
- Carvalho, L. P. F. ; Cabrita, A. R. J. ; Dewhurst, R. J. ; Vicente, T. E. J. ; Lopes, Z. M. C. ; Fonseca, A. J. M., 2006. Evaluation of palm kernel meal and corn distillers grains in corn silage-based diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 89 (7): 2705-2715
- Carvalho, G. G. P. de ; Pires, A. J. V. ; Garcia, R. ; Veloso, C. M. ; Silva, R. R. ; Mendes, F. B. L. ; Pinheiro, A. A. ; Souza, D. R. de, 2009. In situ degradability of dry matter, crude protein and fibrous fraction of concentrate and agroindustrial by-products. *Ciência Anim. Bras.*, 10 (3): 689-697
- Castagna, A. ; Dorleans, M. ; Giger, S. ; Sauvart, D., 1984. Study of enzymatic degradability of concentrate feeds and by-products. *Ann. Zootech.*, 33 (3): 265-270
- Chanjula, P. ; Mesang, A. ; Kuprasert, S. ; W. Ngampongsai, W. ; Lawpetchara, A., 2009. Effects of Palm Kernel Cake in Concentrate on Intake, Rumen fermentation and Blood Metabolites in Goats. 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries Kuala Lumpur, Malaysia, 8 th – 11 th November, 2009.
- Chapoutot, P. ; Dorleans, M. ; Sauvart, D., 2010. Study of degradation kinetics of cell wall components of concentrate feeds and agroindustrial by-products. *Inra Prod. Anim.*, 23 (3): 285-304
- Chavalparit, O. ; Rulkens, W. H. ; Mol, A. P. J. ; Khaodhair, S., 2006. Options for environmental sustainability of the crude palm oil industry in Thailand through enhancement of industrial ecosystems. *Environment, Development and Sustainability*, 8 (2): 271-287
- Chopra, V. L. ; Peter, K. V., 2005. Handbook of industrial crops. Crop science Food products press: Crop Science. Routledge
- Chumpawadee, S. ; Pimpa, O., 2009. Effects of non forage fiber sources in total mixed ration on feed intake, nutrient digestibility, chewing behavior and ruminal fermentation in beef cattle. *J. Anim. Vet. Adv.*, 8 (10): 2038-2044
- Costa, D. A. da ; Ferreira, G. D. G. ; Araujo, C. V. ; Colodo, J. C. N. ; Moreira, G. R. ; Figueiredo, M. R. P., 2010. Intake and digestibility of diets with levels of palm kernel cake in sheep. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, 11 (3): 783-792
- Ewing, 1997. The Feeds Directory Vol 1. Commodity Products. Context Publications, Leicestershire, England.
- FAO, 2012. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Fatufe, A. A. ; Akanbi, I. O. ; Saba, G. A. ; Olowofeso, O. ; Tewe, O. O., 2007. Growth performance and nutrient digestibility of growing pigs fed a mixture of palm kernel meal and cassava peel meal. *Livest. Res. Rural Dev.*, 19 (12): 180
- Février, C. ; Lechevestrier, Y. ; Lebreton, Y. ; Jaguelin-Peyraud, Y., 2001. Prediction of the standardized ileal true digestibility of amino acids from the chemical composition of oilseed meals in the growing pig. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 90 (1-2): 103-115
- Göhl, B., 1982. Les aliments du bétail sous les tropiques. FAO, Division de Production et Santé Animale, Roma, Italy
- Hindle, V. A. ; Steg, A. ; Van Vuuren A. M. ; De Bruyn, J., 1995. Rumen degradation and postruminal digestion of palm kernel by products in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 51 (1): 103-121
- Jegede, J. O. ; Tegbe, T. S. B. ; Aduku, A. O. ; Olorunju, S. A. S., 1994. The effect of feeding palm kernel meal on performance and carcass characteristics of pigs. *Nigerian J. Anim. Prod.*, 21 (1-2): 88-95.
- Jentsch, W. ; Chudy, A. ; Beyer, M., 2003. Rostock feed evaluation system: reference numbers of feed values and requirement on the base of net energy. Plexus Verlag
- Kamarudin, N. H. ; Wahid, M. B., 1997. Status of rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) as a pest of young oil palm in Malaysia. *Planter*, 73 (850): 5-21
- Kim, B. G. ; Lee, J. H. ; Jung, H. J. ; Han, Y. K. ; Park, K. M. ; Han, I. K., 2001. Effect of partial replacement of soybean meal with palm kernel meal and copra meal on growth performance, nutrient digestibility and carcass characteristics of finishing pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 14 (6): 821-830
- Luna Palomera, C. ; Berumen Alatorre, A. C. ; Aguilar Cabrales, J. A. ; Cansino Arroyo, G. R., 2010. Fertility of hair ewes supplemented with African palm kernel meal. *Livest. Res. Rural Dev.*, 22 (10)
- Marsetyo, 2007. The effect of increasing level of palm kernel meal and copra meal on diet to the microbial protein production in the rumen of steers fed low quality forage. *E-journal Universitas Udayana*, 2 (7). Indonesia
- Mohd Noor, M., 2003. Zero burning techniques in oil palm cultivation: an economic perspective. *Oil Palm Industry Economic Journal*, 3 (1): 16-24
- Orwa, C. ; Mutua, A. ; Kindt, R. ; Jamnadass, R. ; Anthony, S., 2009. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre, Kenya
- Pickard, M. D., 2005. By-products utilization. In: Bailey's industrial oil products. 6th Edition, Volume 4 - Edible Oil and Fat Products: Products and applications. Shahidi, F. (Ed). Wiley-Interscience

- Poku, K., 2002. Small-scale palm oil processing in Africa. FAO agricultural services bulletin N° 148, FAO, Roma
- Prabhakaran Nair, K. P., 2010. The agronomy and economy of important tree crops of the developing world. Elsevier
- Promkot, C. ; Wanapat, M. ; Rowlinson, P., 2007. Estimation of ruminal degradation and intestinal digestion of tropical protein resources using the nylon bag technique and the three-step in vitro procedure in dairy cattle on rice straw diets. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 20 (12): 1849-1857
- Rhule, S. W. A., 1996. Growth rate and carcass characteristics of pigs fed on diets containing palm kernel cake. Anim. Feed Sci. Technol., 61 (1): 167-172
- Sauviant, D. ; Dorleans, M. ; Delacour, C. ; Bertrand, D. ; Giger-Reverdin, S., 1986. Modelling kinetics of degradation of cell wall constituents of feed in the rumen. Repro. Nut. Dev., 26 (1B): 303-304
- Sauviant, D. ; Perez, J. M. ; Tran, G., 2004. Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: 2^{ème} édition. ISBN 2738011586, 306 p. INRA Editions Versailles
- Schiemann, R., 1981. Stoff- und Energieumsatz beim ausgewachsenen, vorwiegend fettbildenden Tier. In: Gebhardt, G. (ed.): Tierernährung. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 96-106.
- Schmidt, J. H., 2007. Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil - Ph.D. thesis, Part 3: Life cycle inventory of rapeseed oil and palm oil. PhD Thesis, Department of Development and Planning, Aalborg University, Aalborg
- Schoenian, S., 2009. Copper toxicity in sheep. Small Ruminant Info Sheet, University of Maryland, USA
- Sharun, A. M. ; Noor, N., 2003. Beef cattle farming as a new technology for the oil palm industry. In: Halim, R. A.; Hamid, N. R. A.; Nasir, S. M. (Eds). Forages and feed resources in commercial livestock production systems. 8th meeting of the regional working group on grazing and feed resources for southeast asia, Kuala Lumpur, Malaysia. 22 - 28 September 2003. FAO -
- Silva, H. G. de O. ; Pires, A. J. V. ; Silva, F. F. da ; Veloso, C. M. ; Carvalho, G. G. P. de ; Cezario, A. S. ; Santos, C. C., 2005. Effects of feeding cocoa meal (*Theobroma cacao* L.) and palm kernel cake (*Elaeis guineensis*, Jacq) on milk intake and yield for lactating goats. Rev. Bras. Zootec., 34 (5): 1786-1794
- Silva, H. G. de O. ; Pires, A. J. V. ; Cunha Neto, P. A. da; Carvalho, G. G. P. de; Veloso, C. M. ; Silva, F. F. da, 2007. Digestibility of nutrients in diets containing ammoniated elephant grass and cocoa meal or palm kernel cake fed to sheep. Rev. Bras. Zootec., 36 (2): 499-506
- Steg, A. ; Hindle, V. A., 1993. Rumen degradation and postrumen digestion of palm kernel by-products in dairy cows. Rapport - Instituut voor Veevoedingsonderzoek, 250: 35
- Teoh Cheng Hai, 2002. The palm oil industry in malaysia: from seed to frying pan. WWF Malaysia
- Umunna, N. N. ; Magaji, I. Y. ; Adu, I. F. ; Njoku, P. C. ; Balogun, T. F. ; Alawa, J. P. ; Iji, P. A., 1994. Utilization of palm kernel meal by sheep. J. Appl. Anim. Res., 5 (1): 1-11
- USDA, 2013. Downloadable data sets. Foreign Agricultural Service. PSD Online
- Wakker, E., 2000. Funding Forest Destruction: The involvement of Dutch banks in the financing of oil palm plantations in Indonesia. Greenpeace Netherlands, 132p
- Wakker, E., 2005. Greasy palms: The social and ecological impacts of large-scale oil palm plantation development in Southeast Asia. AIDEnvironment, Friends of the Earth, UK
- Witt, M., 1953. Studies of the effect of palm kernel and coconut cakes and meals of different fat contents on milk yield and the fat content of milk. Arch. Tierernähr., 3: 80-101
- Woods, V. B. ; Moloney, A. P. ; O'Mara, F. P., 2003. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. Part II: In situ ruminal degradability of crude protein. Anim. Feed Sci. Technol., 110 (1/4): 131-143
- Woods, V. B. ; Moloney, A. P. ; Calsamiglia, S. ; O'Mara, F. P., 2003. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. Part III. Small intestinal digestibility as measured by in vitro or mobile bag techniques. Anim. Feed Sci. Technol., 110 (1/4): 145-157
- Yaakub, H. ; Masnindah, M. ; Shanti, G. ; Sukardi, S. ; Alimon, A. R., 2008. The effects of palm kernel cake based diet on spermatogenesis in Malin x Santa-Ines rams. Anim. Repr. Sci., 115 (1-4): 182-188

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** : DR - **Réf IE** : 0016 302 011 - Avril 2017