

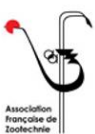


Matières premières innovantes pour l'autonomie protéique des élevages de volailles français : le tourteau de tournesol

Synthèse des travaux du programme VOCALIM

Valérie Heuzé, Gilles Tran, Justine Danel, Emilie Recoules, Alain Quinsac, Sylvie Dauguet, Patricia le Cadre, Isabelle Bouvarel

21/07/2020



Avec la contribution financière
du compte d'affectation spéciale
«développement agricole et rural»



Table des matières

Etat de l'art.....	2
Appellations	2
Description	2
Présentation.....	3
Distribution	3
Procédés de transformation.....	3
Décorticage	3
Extraction de l'huile	4
Procédés d'amélioration	5
Tourteaux de tournesol blutés expérimentaux VOCALIM	6
Tourteau de tournesol bluté commercial.....	8
Contraintes d'utilisation.....	10
Contamination par le datura (<i>Datura stramonium</i>).....	10
Toxicité du cuivre.....	10
Contaminations durant la transformation.....	10
Coloration des coquilles d'œuf	10
Caractéristiques nutritionnelles	11
Considérations générales.....	11
Valeurs nutritionnelles pour les volailles	11
Comparaison des tourteaux blutés avec les tourteaux traditionnels	12
Recommandations pour l'alimentation des volailles	17
Poulets de chair.....	17
Poules pondeuses.....	17
Dindes	17
Tourteau de tournesol bluté commercial : niveau d'incorporation, ingestion, gain de poids et indice de consommation	18
Tourteau de tournesol bluté commercial : digestibilité des protéines.....	19
Evaluation de la durabilité	20
Critères de durabilité.....	20
Données environnementales.....	20
Scénarios d'utilisation du tourteau de tournesol bluté Vocalim	28
Préambule	28
Potentiels d'utilisation	28
Impact durabilité.....	30
Ce qu'il faut retenir	33
Bibliographie.....	34

Etat de l'art

Le programme VOCALIM propose d'améliorer l'autonomie protéique de la filière avicole française en cherchant à produire en France des matières premières riches en protéines capables de se substituer au tourteau de soja d'importation dans l'alimentation des volailles.

Le tourteau de tournesol, remarquable par sa composition en acides aminés soufrés et par l'absence de facteurs antinutritionnels intrinsèques, pourrait constituer une alternative intéressante au tourteau de soja importé à condition d'en augmenter la teneur en protéines et d'en diminuer la teneur en fibres. Cette fiche présente une synthèse des connaissances disponibles quant à l'utilisation des tourteaux de tournesol en alimentation des volailles et met en exergue les caractéristiques des nouveaux tourteaux de tournesol produits et/ou utilisés par le programme VOCALIM ainsi que les résultats obtenus lors des expérimentations sur les volailles.

Les tourteaux de tournesol alternatifs proposés par le programme VOCALIM sont présentés en encart dans ce document.

Appellations

Les noms donnés aux tourteaux de tournesol sont fonction de sa technologie d'obtention.

Tableau 1. Appellations des tourteaux de tournesol

Technologie	Noms
Pression ou cuisson-pression	Tourteau expeller à chaud, tourteau pression à froid, tourteau gras, tourteau agricole
Cuisson-Pression et extraction au solvant	Tourteau déshuilé
Sans décortilage des graines	Tourteau non décortiqué, tourteau graine entière, tourteau pailleux, tourteau LowPro
Décortilage partiel	Tourteau partiellement décortiqué MiddlePro, Midpro, tourteau semi-décortiqué HiPro
Décortilage poussé	Tourteau décortiqué, tourteau d'amande de tournesol
Fractionnement de post-extraction	Tourteau bluté, tourteau bluté sassé, concentré protéique de tournesol

Le tourteau de tournesol est généralement commercialisé sur la base de sa teneur en protéines (% sur brut), avec des appellations telles que « 28 », « 29 », « LowPro », « MidPro » « 37 », « HiPro », etc. et de sa teneur en huile résiduelle.

Description

Le tourteau de tournesol est le coproduit d'extraction de l'huile à partir des graines de tournesol (*Helianthus annuus* L.). C'est le quatrième tourteau d'oléagineux (en termes de production mondiale) après les tourteaux de soja, colza et coton (Oil World, 2011) et l'une des matières premières classiques utilisées en alimentation animale dans de nombreux pays, dont la France.

De nombreux types de tourteaux de tournesol sont disponibles sur le marché, allant de produits très fibreux jusqu'à des « farines » riches en protéines et de haute qualité nutritionnelle. Les tourteaux de tournesol sont fabriqués à partir de graines entières ou décortiquées, par déshuilage partiel (teneur en huile résiduelle de 8 à 15%) ou par déshuilage presque total (teneur en huile résiduelle d'environ 2%). Leur qualité dépend des caractéristiques de la graine (composition chimique, ratio coques/amandes, aptitude au décortiquage), elles-mêmes dépendant de la variété, des conditions de culture et de stockage, et du procédé de trituration (décortiquage, déshuilage) (Golob et al., 2002 ; NRC, 1973). S'ils contiennent moins de protéines et beaucoup plus de fibres que le tourteau de soja, les tourteaux de tournesol sont bien valorisés dans les aliments pour ruminants et lapins et sous certaines conditions pour porcs et volailles. La présence de fibres est en particulier un obstacle à son utilisation en monogastriques, notamment pour les jeunes animaux.

Présentation

Le tourteau de tournesol est commercialisé sous différentes formes : farine, miettes, granulés... La couleur va du gris au noir et dépend du degré de décortiquage (les tourteaux contenant moins de coques sont plus clairs) et du procédé d'extraction (Naidu, 2008).

Distribution

Le tourteau de tournesol est disponible dans le monde entier. La production mondiale était de 21,8 millions de tonnes en 2019 (IndexMundi, 2019). L'Ukraine et la Russie en sont les principaux producteurs avec 6,3 et 5,1 millions de tonnes respectivement estimés pour 2019. L'UE-27 est le 3^{ème} producteur (4,8 millions t en 2019). Cependant, 3 à 9% de la trituration européenne sont basés sur des importations de graines, selon les années. Les importations européennes de tourteaux sont estimées quant à elles, à 3,4 millions t pour 2019, représentant 75% de la production européenne (IndexMundi, 2019). Les importations de tourteaux MidPro et HiPro depuis l'Argentine ont été épisodiques et ont cessé vers 2009. Elles reprennent progressivement avec une qualité désormais identique à celle proposée par les origines Mer Noire, soit 38% Profat (Marc Tartar, Patricia Le Cadre, communications personnelles).

Procédés de transformation

Décortiquage

Les coques des graines de tournesol représentent 20 à 30% de la masse des graines. Dans certains procédés, une partie de ces coques est éliminée car elles ont un effet abrasif sur les presses, gênent l'extraction et détériorent la qualité de l'huile et des tourteaux (Kartika, 2005). Le décortiquage est réalisé après le nettoyage et séchage des graines jusqu'à 5% d'humidité, ce qui facilite la séparation (Kartika, 2005). Les procédés habituels (voir schéma page suivante) consistent à détacher les coques des amandes par effet mécanique (décortiqueurs type multichocs) en évitant de briser les graines et créer des fines, ou par abrasion (Carré, 2009 ; Peyronnet et al., 2012). Dans le cas de variétés à coques fines, difficiles à enlever, le décortiquage est déconseillé car il peut entraîner une perte d'huile et augmenter les coûts sans amélioration de la qualité de l'huile et du tourteau (Grompone, 2005 ; Campbell, 1983). Le taux de décortiquage (ratio de la masse des coques retirées et de la masse des coques de la graine) pratiqué en usine de trituration, varie de 25% pour un semi-décortiquage à plus de 60% pour un décortiquage poussé. Ce taux de décortiquage est contraint par les possibilités souvent limitées de valoriser les coques produites et par les

difficultés de presser des graines décortiquées (en réalité partiellement décortiquées) trop pauvres en fibres. Selon le taux de décorticage, la masse des coques résiduelles dans les graines décortiquées représente environ de 12% à 25% de la masse de ces graines.

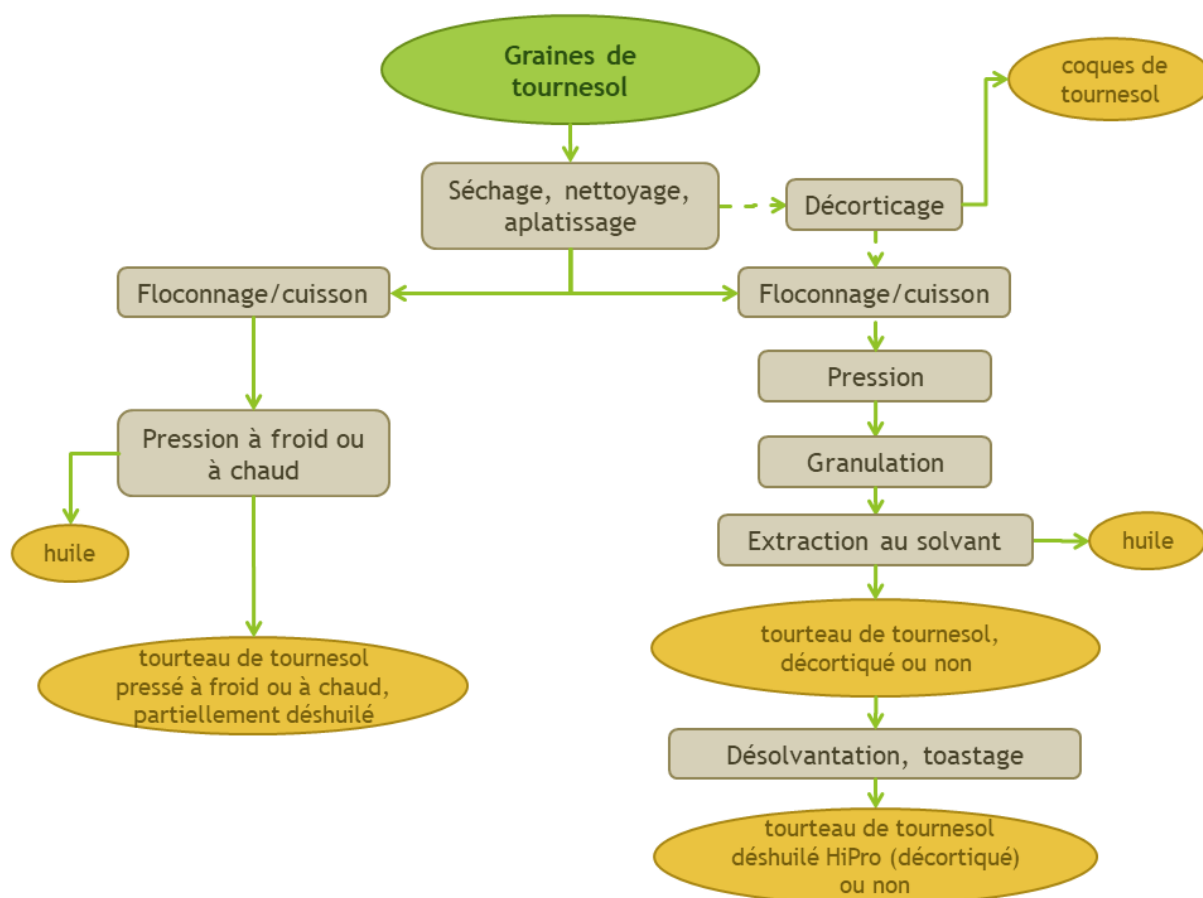
L'utilisation et l'intensité du décorticage varient considérablement en fonction des usines. En France, les tourteaux de tournesol sont disponibles sous trois formes : non décortiqués, appelés « pailleux » ou Low Pro (LP) (usine Cargill de St-Nazaire) à 29% Profat, semi-décortiqués (usine Saipol de Lezoux) à 32% Profat, et décortiqués (usine Saipol de Bassens et une partie de la production de Lezoux depuis 2020) à 37% Profat.). La segmentation commerciale de ces tourteaux est déjà ancienne sur le marché français. Notons qu'il existe aussi des importations en provenance des états membres frontaliers plutôt axées sur une qualité LP (Patricia Le Cadre, communication personnelle).

Extraction de l'huile

La grande majorité des tourteaux de tournesol disponibles sur le marché sont déshuilés. Ils sont produits par le procédé classique de trituration mis en œuvre dans des usines de fortes capacité (>500 t/j). Les graines subissent une préparation (décorticage, floconnage, cuisson, pression) puis une extraction au solvant, généralement de l'hexane, et une désolvantation-toastage résultant en un tourteau contenant moins de 2% d'huile résiduelle, généralement appelé « tourteau déshuilé ».

Le tourteau de tournesol partiellement déshuilé constitue une faible part du marché mais sa production présente l'intérêt d'être possible à petite échelle dans des installations relativement simples et n'utilisant pas de solvant. Elle fait appel à des procédés thermo-mécaniques qui peuvent être modulés selon les moyens disponibles et les performances souhaitées. Le pressage à froid (sans cuisson préalable) est le plus simple mais il laisse une teneur en huile résiduelle élevée (> 12-20% brut) et réduit de fait, la teneur en protéines. La cuisson-pressage ou pressage-cuisson-pressage permet un meilleur rendement de déshuilage et des teneurs en huile résiduelle, inférieures à 8% sur brut sont atteignables. Ces procédés sont utilisés par les producteurs d'huiles spéciales et par les petits exploitants, dans les pays développés comme dans les pays en développement. Dans l'Union Européenne, les règlements interdisent l'utilisation de solvants pour la production d'ingrédients utilisés en Agriculture Biologique (Council Regulation n° 834/2007) : par conséquent, seuls des tourteaux extraits par voie mécanique seule peuvent être utilisés pour des productions animales biologiques. Du fait de leur mode de production par pressage et de leur teneur résiduelle en huile élevée, ces tourteaux partiellement déshuilés sont appelés « expeller » ou « gras ».

Figure 1. Procédés d'obtention des tourteaux de tournesol



Procédés d'amélioration

Les traitements technologiques peuvent avoir des effets complexes, positifs et négatifs, sur la valeur nutritive du tourteau de tournesol (San Juan et al., 2000 ; Zhang et al., 1994). La réduction de la teneur en fibres du tourteau de tournesol associée à l'augmentation de sa teneur en protéines constitue une voie majeure d'amélioration de sa qualité nutritionnelle, et permettrait d'envisager plus largement l'utilisation de ce tourteau en remplacement du tourteau de soja, notamment en monogastriques. Différents procédés visant à obtenir une fraction riche en protéines ont été proposés au cours des années, combinant des étapes de broyage / désagrégation et des étapes de séparation mécanique (tamisage rotatif ou horizontal, séparation aérodynamique etc.) (Draganov, 2015 ; Banjac et al., 2014). Il existe depuis les années 2010 un tourteau de tournesol obtenu par fractionnement disponible commercialement, vendu sous le nom de SunPro-46 (Bunge) et parfois sous l'appellation de « concentré protéique de tournesol » (Bonmix).

Dans le cadre du projet VOCALIM, une méthode de fractionnement appliquée à des tourteaux déshuilés non décortiqués ou décortiqués a été étudiée. Des essais nutritionnels ont été réalisés sur ces tourteaux expérimentaux ainsi que sur un tourteau commercial lui-aussi issu de fractionnement.

Tourteaux de tournesol blutés expérimentaux VOCALIM

Tourteaux initiaux

Deux tourteaux achetés dans le commerce ont été utilisés : un tourteau non décortiqué « pailleux » (en poudre, protéines 32,6% MS) et un tourteau semi décortiqué « HiPro » (en granulés, protéines 38,2% MS). Il s'agit dans les deux cas de tourteaux déshuilés (non gras) car une trop grande richesse en huile peut entraîner le colmatage du tamis.



Plansichter avec tamis de 1000 μm , 500 μm , 250 μm , 150 μm et 100 μm (ENSMIC)

Broyage et désagglomération

Le tourteau décortiqué étant granulé et impropre au tamisage, il a été broyé et désaggloméré préalablement avec des broyeur à couteaux. Deux tailles de grilles (1,5 mm et 5 mm) ont été testées mais la taille de 5 mm a été retenue après analyse granulométrique car permettant un meilleur rendement.

Tamisage

Les tourteaux ont été tamisés au moyen d'un blutoir de type plansichter, fonctionnant sur le principe d'un mouvement rotatif horizontal. Le blutage est de type binaire, avec un seul tamis utilisé pour séparer deux fractions par granulométrie : une fraction faite de particules de très petites tailles (fraction enrichie en protéines, et une fraction de particules plus grosses appauvrie en protéines car provenant des coques). Les tailles de maillage ont été définies par essais de calibrage pour obtenir une séparation optimale : 500 μm (pailleux), 250 μm (décortiqué, broyage 5 mm) à l'aide d'une étude granulométrique menée avec cinq tamis de maille variant entre 1000 μm et 100 μm (photo).

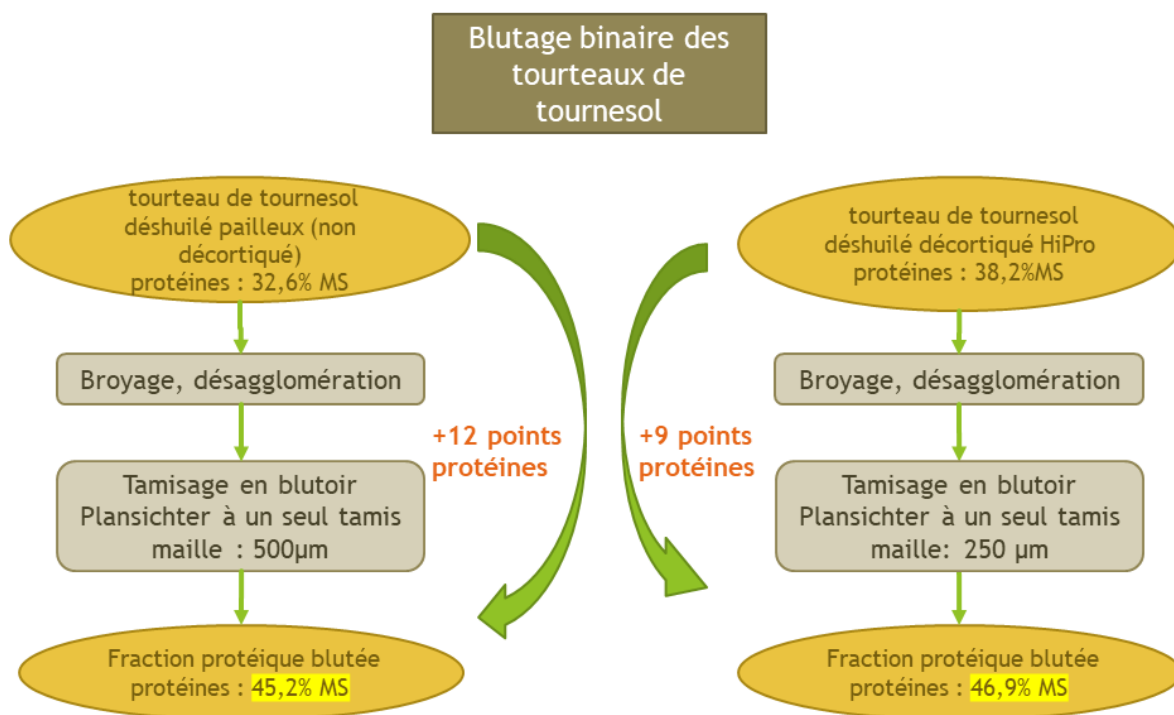
Résultats

Le tourteau bluté final correspond à la fraction de faible granulométrie, dont la teneur en protéines est la plus élevée :

- 39,4 % (44,3% MS) pour le tourteau pailleux
- 42,1 % (47,3% MS) pour le tourteau décortiqué

Le blutage réalisé permet de concentrer significativement les protéines : + 12 points pour le tourteau pailleux et + 9 points pour le tourteau HiPro. En revanche, le rendement est assez faible (12-13%) : il semble dépendre de la qualité du broyage préalable, rendu nécessaire par la présence plus ou moins importante de granulés qui peuvent être finaux (tourteau vendu sous forme de granulés) ou résiduels (granulation préalable à l'extraction de l'huile).

Figure 2. Schéma de blutage des tourteaux blutés VOCALIM



Tourteau de tournesol bluté commercial

Un tourteau de tournesol bluté commercial (SunPro 46, Bunge) a été évalué dans le cadre du programme VOCALIM. Le procédé d'obtention de ce tourteau est décrit dans un brevet (EPO : EP 2 848 128 A1 ; WIPO WO 2015/036966 A1 ; Draganov, 2015). Il consiste en un enchaînement complexe de broyages, de tamisages et de sassages. Le produit final est le mélange de différentes fractions résultantes.

Produit initial

Le produit initial est un tourteau dont la teneur initiale en protéines est supérieure à 30% et la teneur en humidité inférieure à 12%. Il s'agit en pratique d'un tourteau déshuilé décortiqué à 35-37% de protéines.

Broyage et désagglomération

Le broyage consiste à casser en plus petites particules les morceaux agglomérés, afin de séparer les amandes riches en protéines des fractions fibreuses (enveloppes). Ce broyage peut être réalisé par un broyeur à cylindres classiques (4 arbres tournant à vitesses différentes). La désagglomération est utilisée plusieurs fois dans le process, au début d'opération de tamisage et en sortie d'opération de sassage.

Séparation

Deux types de séparation sont combinés : par taille des particules (tamisage) et par densité (sassage avec séparation aérodynamique). Les tamisages sont réalisés par plansichter au moyen de tamis de tailles différentes, tandis que le sassage est réalisé par un sasseur de semoulerie. Ces opérations permettent d'enrichir ou d'appauvrir successivement les fractions en protéines, jusqu'à obtenir des particules de très petite taille ($<150\text{ }\mu\text{m}$ ou $<200\text{ }\mu\text{m}$) riches en protéines.

Assemblage

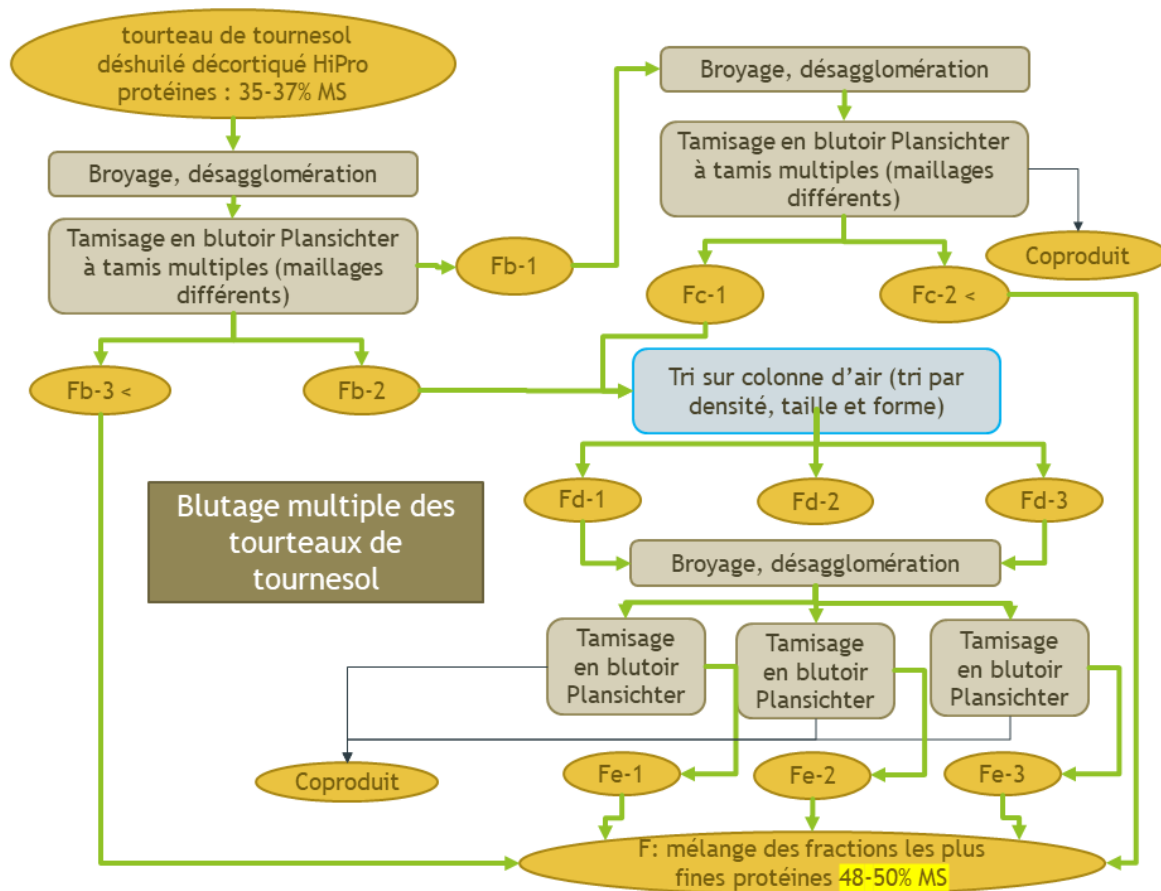
Le brevet permet en principe d'obtenir un tourteau comprenant 48-50% de protéines. En pratique, le produit commercial est obtenu en mélangeant les deux fractions les plus riches (48-50% et 42% de protéines) qui sont en proportions égales. Le mélange des autres fractions (20-22% et 16% de protéines) permet d'obtenir un coproduit riche en fibres (Leterme, 2018, communication personnelle).

Résultats

Le tourteau final commercialisé a une teneur en protéines de 45-46% (50-52% MS). Le rendement de l'opération est d'environ 66%.

Le coproduit riche en fibres est également commercialisé.

Figure 3. Schéma de blutage du tourteau de tournesol bluté commercial



Contraintes d'utilisation

Contrairement aux tourteaux de soja, coton et colza, le tourteau de tournesol présente l'avantage majeur d'être dépourvu de facteurs antinutritionnels. C'est une matière première sûre pour toutes les espèces et seules ses teneurs en fibres et ses carences en acides aminés essentiels peuvent en limiter l'usage. Cette absence de facteurs antinutritionnels intrinsèques fait que le tourteau de tournesol ne nécessite pas de traitement de détoxification avant d'être donné aux animaux.

Les résidus et les contaminations qui ont pu survenir lors de la culture, de la récolte ou des opérations de post-récolte peuvent néanmoins être sources de problèmes.

Contamination par le datura (*Datura stramonium*)

Les cultures de tournesol peuvent héberger des adventices telles que le datura (*Datura stramonium*) dont le développement est concomitant de celui du tournesol. Lors de la récolte du tournesol, des graines de datura peuvent donc être récoltées avec les graines de tournesol. La limite réglementaire de la teneur en graines de datura est de 1000 mg/kg de graines ou d'aliment. Les graines de datura contiennent en effet des alcaloïdes puissants tels que l'atropine et la scopolamine qui peuvent se retrouver dans les tourteaux après trituration si un tri des graines n'est pas effectué préalablement. Ce problème qui est surtout sensible pour l'alimentation des chevaux de course (l'atropine est un agent de dopage) peut être résolu grâce à un tri des graines au niveau des silos de stockage avant trituration (Dauguet, 2010).

Toxicité du cuivre

L'apport de cuivre à la culture de tournesol entraîne parfois des niveaux élevés de cuivre dans les produits de tournesol. Ce niveau élevé ne devrait pas constituer un problème en volaille puisqu'il a été montré que des apports de cuivre nettement supérieurs aux besoins nutritionnels des volailles (jusqu'à 250 mg/kg d'aliment contre respectivement 4 et 8 mg/kg d'aliment pour les poules pondeuses et les poulets de chair (NRC, 1994)) amélioreraient les performances des poulets de chair (Nys, 2001). La dose létale du cuivre sous forme de sulfate de cuivre en volaille a été évaluée à 690 mg/kg d'aliment (Nys, 2001).

Contaminations durant la transformation

Le tourteau de tournesol peut être contaminé lors des opérations de récolte et post-récolte : résidus de pesticides, résidus d'hexane, contamination par les dioxines résultant de l'utilisation d'agents anti-agglomérants, développement des mycotoxines en raison de mauvais séchage avant stockage, salmonelles (FEDIOL, 2010).

Coloration des coquilles d'œuf

L'acide chlorogénique, un composé phénolique présent dans le tourteau de tournesol, provoque la coloration de la coquille lorsque les œufs entrent en contact avec des poussières de tourteau de tournesol. L'alimentation des volailles avec des granulés de tourteau de tournesol et une collecte fréquente des œufs permettent d'atténuer ce problème (Daghir, 2008).

Caractéristiques nutritionnelles

Considérations générales

Le tourteau de tournesol est l'un des principaux tourteaux et l'une des principales sources de protéines utilisés en alimentation animale. C'est généralement un produit sain et de bonne qualité, mais dont les protéines, fibres et teneur en huile sont très variables car dépendantes du procédé d'extraction et du niveau de décortiquage. La teneur en protéines varie pratiquement du simple au double, allant de 23% MS pour des tourteaux expeller non décortiqués à plus de 40% pour les tourteaux complètement décortiqués et extraits au solvant. La fourchette habituelle de variation de la protéine est 29-33% pour les tourteaux non décortiqués et 35-39% pour les tourteaux décortiqués et partiellement décortiqués.

La teneur en fibres est directement liée à la présence de coques : la cellulose brute varie de 27-31% MS pour les tourteaux non décortiqués à 20-26% MS pour les tourteaux décortiqués et partiellement décortiqués. La teneur en lignine est importante, de l'ordre de 9-12% MS, même dans les tourteaux décortiqués. Le tourteau de tournesol extrait par solvant contient 2-3% MS d'huile résiduelle, mais les tourteaux expeller peuvent contenir jusqu'à 30% d'huile. Cette teneur en huile donne aux tourteaux de tournesol expeller une énergie brute plus élevée (5300 kcal/kg MS ou plus vs 4500 kcal/kg MS pour les tourteaux extraits par solvant). En revanche, ces tourteaux contiennent moins de protéines que ceux extraits par solvant.

Par rapport au tourteau de soja, son profil en acides aminés est plus riche en acides aminés soufrés, en particulier en méthionine, mais il est nettement plus pauvre en lysine (3,5 vs 6,1% de protéines) et il est donc déficient en lysine pour plusieurs espèces animales (Poncet et al., 2003 ; Steen, 1989; Villamide et al., 1998; McNab, 2002). Le tourteau de tournesol est aussi une source de calcium, de phosphore et de vitamines B (Grompone, 2005).

La haute teneur en fibres et en lignine du tourteau de tournesol réduit la digestibilité des nutriments, et ses valeurs énergétiques sont inférieures à celles du tourteau de soja. Il est recommandé pour les ruminants et les lapins, et peut convenir aux porcs et aux volailles qui n'ont que de faibles besoins en énergie (animaux à l'entretien, poules pondeuses) ou des besoins en fibres spécifiques (truies) (CETIOM, 2003). Pour d'autres productions, comme les poulets de chair ou les porcs en croissance, l'efficacité économique de l'incorporation de tourteau de tournesol dépend de la qualité du tourteau, de sa disponibilité et du prix des matières premières plus riches en protéines et en lysine. Dans tous les cas, il convient de rappeler que le tourteau de tournesol est un ingrédient très variable où les protéines, les fibres et la matière grasse ont des amplitudes beaucoup plus larges que dans d'autres aliments communément utilisés. Lors de la formulation des régimes avec du tourteau de tournesol, il faut donc toujours tenir compte de la composition analytique du lot utilisé plutôt que des valeurs des tables.

Valeurs nutritionnelles pour les volailles

Pour l'alimentation des volailles, le tourteau de tournesol est considéré comme une matière première riche en protéines, mais déficiente en lysine et riche en fibres. Sa fraction fibreuse est principalement composée de sucres insolubles, entraînant des valeurs d'énergie métabolisable (EM) faibles dépendantes de la teneur réelle en fibres (Villamide et al., 1998). Par conséquent, le tourteau de tournesol est une matière première plus appropriée pour les poules pondeuses et poulets Label que pour les poulets ou les dindes, dont les besoins en protéines et en énergie sont

plus élevés (CETIOM, 2003). Il peut aussi être rentable d'utiliser du tourteau de tournesol dans les rations pour volailles dans les pays où le tourteau de soja n'est pas disponible, ou trop coûteux (Senkoylu et al., 1999).

Les tourteaux de tournesol décortiqués ont des valeurs d'EM plus élevées que les tourteaux non-décortiqués, car ils contiennent plus de protéines et moins de fibres. Le tourteau de tournesol expeller a une valeur d'EM élevée en raison de sa plus grande teneur en huile, mais il est moins utile en tant que source de protéines en raison de sa plus faible teneur en protéines.

Comparaison des tourteaux blutés avec les tourteaux traditionnels

Les tableaux et graphiques suivants présentent la composition chimique et la valeur nutritionnelle pour les volailles des tourteaux blutés en comparaison avec celle des tourteaux de tournesol traditionnels.

Composition chimique

Pour les trois produits blutés, le fractionnement permet d'obtenir des taux de protéines très significativement supérieurs à ceux des tourteaux produits par le process standard. Le tourteau bluté pailleux VOCALIM a même une teneur en protéines très supérieure à celle du semi-décortiqué standard, et sa teneur en cellulose brute est moitié moindre de celle d'un pailleux standard. En ce qui concerne les tourteaux blutés produits à partir de tourteaux décortiqués, le tourteau VOCALIM et le tourteau commercial ont des compositions globalement similaires, mais le tourteau commercial contient 2 points de plus de protéines (49,3 vs 47,3% MS). Il faut noter cependant que ces comparaisons ne reposent que sur des échantillons uniques sans que la variabilité de ces produits puisse être appréciée. Les résultats des analyses effectuées en sortie de process et avant essai sur animaux sont d'ailleurs légèrement différents avec, par exemple 45,2% de protéines enregistré lors de la fabrication du tourteau pailleux bluté, puis 44,3% sur l'échantillon reçu pour essai sur animaux. De même, pour le tourteau décortiqué bluté en sortie de process on enregistre 46,9% de protéines contre 47,3% au moment des essais. Ces différences restent difficiles à interpréter compte tenu des incertitudes de mesures.

Plusieurs publications (Dadalt et al., 2016 ; Waititu et al., 2018 ; Rosenfelder et al., 2016) ont étudié un tourteau commercial riche en protéines fabriqué selon le procédé Bunge. Dans les deux premiers articles, la teneur en protéines est très supérieure à celle du SunPro 46 (52,7-53,9% MS) alors que dans le troisième la teneur en protéines (49,7% MS) est proche de celle observée dans la présente étude. Soit les deux premiers produits correspondent à la fraction la plus riche présentée dans le brevet EP 2 848 128 A1, soit leur composition reflète la variabilité du produit.

Tableau 2. Composition chimique des tourteaux de tournesol traditionnels et blutés (% MS)

Type	Non décortiqué ⁽¹⁾	Décortiqué ⁽¹⁾	Bluté pailleux VOCALIM ⁽²⁾	Bluté décortiqué VOCALIM ⁽²⁾	Bluté commercial ⁽²⁾
Matière sèche, %	88,9	90,4	89,33	89,4	91,5
Protéines brutes	30,7	40,5	44,3	47,3	49,3
Cellulose brute	29,6	19,7	14,2	10,5	10,2
Matières grasses	2,1	1,3	3,6	2,2	2,2
Fibres totales					30,2
Fibres solubles					3,3
Fibres insolubles					27,0
NDF ⁽³⁾			26,0	19,2	21,4
ADF			16,3	12,4	12,2
ADL			4,4	2,8	6,3
Parois végétales insolubles dans l'eau			31,7	30,6	25,5
Cendres	6,9	7,2	8,0	8,6	8,5
Lysine	1,12	1,44	1,6363	1,87	1,86
Thréonine	1,11	1,45	1,6262	1,78	1,83
Méthionine	0,69	0,91	0,97	1,0606	1,14
Cystine	0,52	0,69	0,69	0,74	0,78
Tryptophane	0,39	0,51	0,60	0,62	0,65

(1) Tables INRA-CIRAD-AFZ, Octobre 2019

(2) Données VOCALIM

(3) NDF : Neutral Detergent Fibre ; ADF : Acid Detergent Fibre ; ADL : Acid Detergent Lignin

Figure 4. Composition chimique des tourteaux de tournesol traditionnels et blutés (% MS)

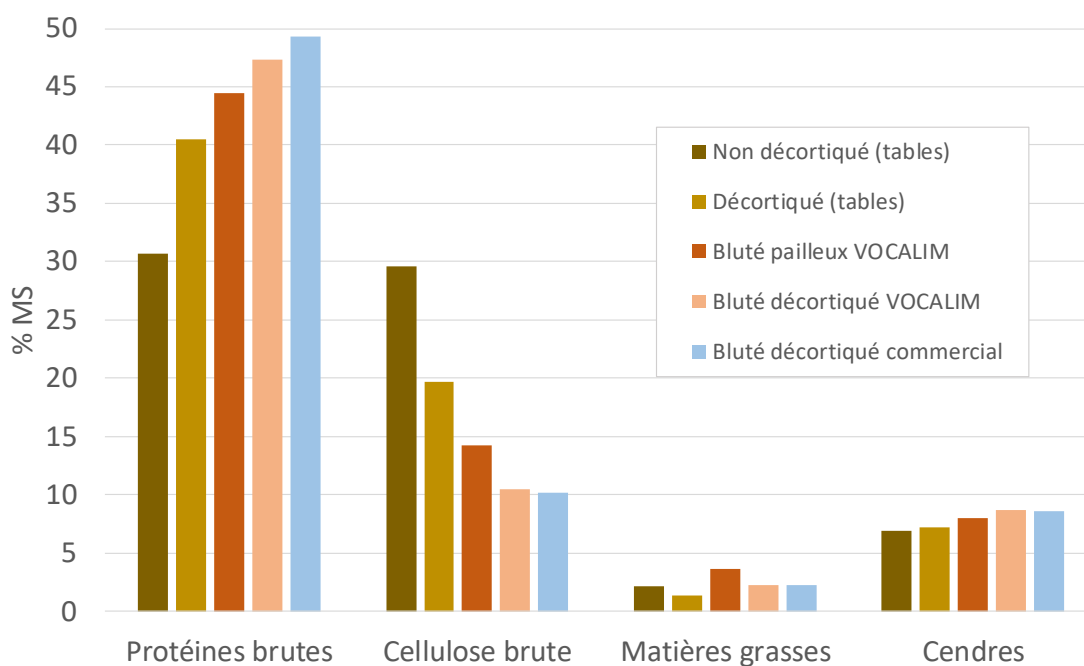
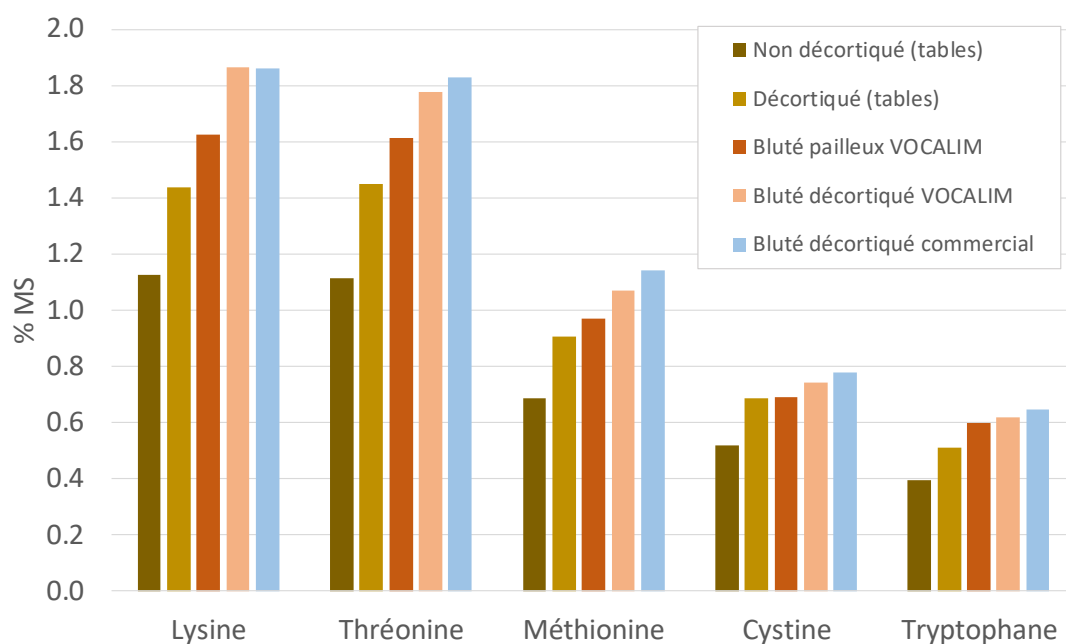


Figure 5. Composition en acides aminés des tourteaux de tournesol traditionnels et blutés (% MS)



Valeur énergétique pour les volailles

Le tableau suivant récapitule les valeurs énergétiques (EMAn, énergie métabolisable apparente corrigée pour l'azote) mesurées ou estimées par équation.

Tableau 3. Valeur énergétique (EMAn poulet) des tourteaux de tournesol traditionnels et blutés (kcal/kg MS)

Type	Valeurs mesurées ⁽²⁾	Equation INRA ⁽³⁺⁵⁾	Equation WPSA ⁽⁴⁺⁵⁾
Non décortiqué ⁽¹⁾		1475	1473
Décortiqué ⁽¹⁾		1722	1680
Décortiqué VOCALIM	1479	1680	1668
Bluté pailleux VOCALIM	1513	1841	1805
Bluté décortiqué VOCALIM	1904	1925	1890
Bluté décortiqué commercial	2007	1978	1939
Fiche SunPro 46	2467	1971	1886

(1) Tables INRA-CIRAD-AFZ, Mars 2020

(2) Données VOCALIM sauf pour la valeur de la fiche SunPro 46, établie par un laboratoire allemand. Le type de volaille (coq ou poulet) pour le SunPro46 n'est pas indiqué.

(3) Equation INRA : EMAn Coq (kcal/kg MS) = 603+27*MAT+30.4*MGR (% MS), (Lessire communication personnelle 2002)

(4) Equation WPSA : EMAn coq WPSA (kcal/kg MS) = 627 -6.27*MM + 25.37*MAT + 62.6*MGr (% sur MS) (WPSA 1989)

(5) Equation de passage EMAn coq vers EMAn poulet : EMAn Coq -MGr*9330/100*11/100 (kcal/kg MS ou % sur MS), (Lessire communication personnelle 2002)

De façon générale, pour tous les tourteaux blutés, les valeurs d'EMAn mesurées et prédites sont proches et comprises entre 1800 et 2000 kcal/kg MS. Si l'on s'en tient aux valeurs prédites, la différence entre le bluté VOCALIM et le bluté commercial est assez faible, avec un léger bonus au tourteau commercial (sans doute due à sa teneur en protéines un peu plus forte).

Pour le tourteau décortiqué VOCALIM, le blutage permet d'améliorer la valeur énergétique de 425 kcal (valeurs mesurées) ou de 220-250 kcal (valeurs prédites), soit une augmentation de 28% et 13-15% respectivement.

Pour le tourteau bluté pailleux VOCALIM, la valeur mesurée est identique à celle prédite pour un pailleux normal (environ 1500 kcal/kg MS). En revanche, le gain est appréciable si l'on prend les seules valeurs prédites : 330-370 kcal/kg, soit une augmentation de 23-25%.

On peut enfin remarquer que la valeur mesurée fournie dans la fiche du SunPro 46 est très élevée : près de 2500 kcal/kg MS, soit 500-600 kcal/kg MS de plus que pour les autres valeurs prédites ou mesurées sur les blutés décortiqués. Elle reste cependant comprise dans la plage des valeurs trouvées dans la littérature pour les tourteaux de tournesol décortiqués (1600-2600 kcal/kg MS).

Valeur des acides aminés pour les volailles

Le tableau suivant récapitule les digestibilités iléales apparentes et les teneurs en acides aminés digestibles.

Les digestibilités elles-mêmes sont difficiles à interpréter : le blutage (VOCALIM et commercial) ajoute un léger bénéfice. Il y a cependant peu de valeurs et la méthode de calcul par différence introduit de la variabilité. On reste globalement sur des digestibilités de l'ordre de 80% pour lysine, thréonine et tryptophane, de 90 % sur la méthionine et de 70-80% sur la cystine.

Le gain se fait essentiellement sur les acides aminés digestibles, dont les teneurs augmentent « mécaniquement » avec les teneurs en protéines.

Tableau 4. Digestibilité iléale apparente des tourteaux de tournesol traditionnels et blutés (valeurs poulet) (%)

Type	Générique (1)	Décortiqué VOCALIM (2)	Bluté décortiqué VOCALIM (2)	Bluté décortiqué commercial (2)	Bluté pailleux VOCALIM (2)
Lysine	78	84	86	84	79
Thréonine	81	76	78	77	75
Méthionine	86	89	91	90	87
Cystine	78	68	74	69	72
Tryptophane	80	80	80	76	75

(1) Tourteau de tournesol déshuilé générique (CVB, 2017)

(2) Données mesurées dans le projet VOCALIM

Figure 6. Digestibilité iléale apparente des tourteaux de tournesol traditionnels et blutés (valeurs poulets) (% MS)

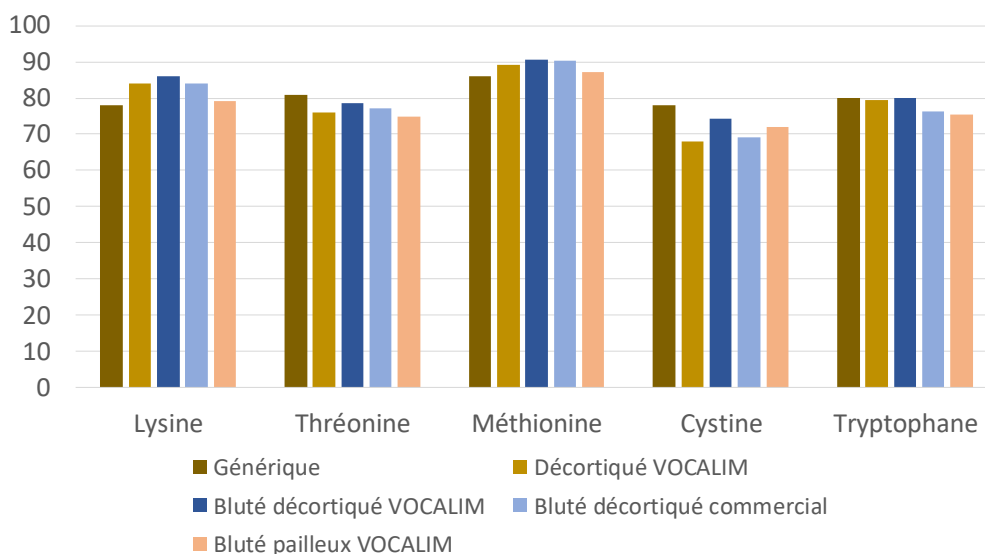


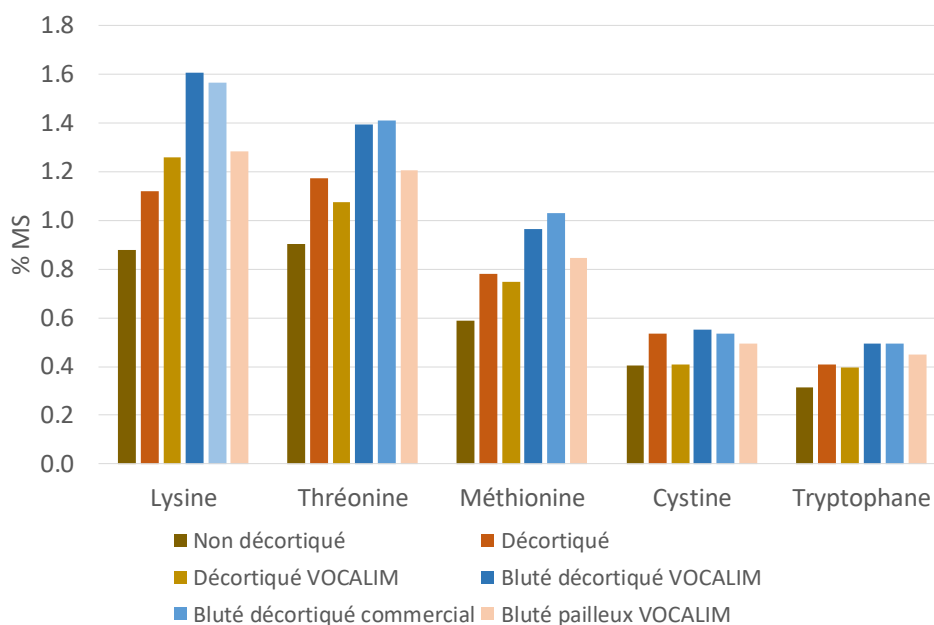
Tableau 5. Acides aminés digestibles des tourteaux de tournesol traditionnels et blutés (valeurs poulets) (%)

Type	Non décortiqué (1)	Décortiqué (1)	Décortiqué VOCALIM (2)	Bluté décortiqué VOCALIM (2)	Bluté décortiqué commercial (2)	Bluté pailleux VOCALIM (2)
Lysine	0.88	1.12	1.26	1.61	1.57	1.29
Thréonine	0.90	1.17	1.08	1.39	1.41	1.21
Méthionine	0.59	0.78	0.75	0.97	1.03	0.85
Cystine	0.40	0.53	0.41	0.55	0.54	0.50
Tryptophane	0.31	0.41	0.40	0.49	0.49	0.45

(1) Tables INRA-CIRAD-AFZ Octobre 2019 avec digestibilités iléales CVB, 2017

(2) Données mesurées dans le cadre du projet VOCALIM

Figure 7. Acides aminés digestibles des tourteaux de tournesol traditionnels et blutés (% MS)



Poulets de chair

Les formulateurs d'aliments pour volailles limitent l'utilisation d'ingrédients riches en fibres en ajoutant comme contrainte le niveau maximum de fibres. Dans la littérature internationale, lorsque cette contrainte est retirée et que les niveaux de lysine et d'autres acides aminés sont adéquats pour l'alimentation des poulets de chair, les taux d'incorporation du tourteau de tournesol peuvent atteindre jusqu'à 30% sans réduire les performances (Mushtaq et al., 2009 ; Rao et al., 2006 ; Senkoylu et al., 2006). En France, les taux d'incorporation jusqu'à présent recommandés ont été de l'ordre de 5 à 10% pour des tourteaux de tournesol (partiellement) décortiqués (Peyronnet et al., 2012). Une incorporation de 12% de tourteau de tournesol est recommandée pour les formules poulet de chair Bio en France (Gab/Frab, 2013).

Les régimes contenant de grandes quantités de tourteaux de tournesol (dont les tourteaux gras), ont tendance à être volumineux et à encombrer le tractus digestif, ce qui entraîne une baisse de l'ingestion. La réduction de l'encombrement par pelletisation augmente l'ingestion et les performances (gain de poids et taux de conversion alimentaire) (Senkoylu et al., 2006). Ce phénomène a aussi été observé pour d'autres espèces avicoles comme les palmipèdes (Vetesi et al., 1998).

Poules pondeuses

Dans les rations pour poules pondeuses, comme pour les poulets de chair, il est possible d'introduire jusqu'à 30% de tourteau de tournesol sans affecter les performances (Deaton et al., 1979). En France, la pratique de formulation en poules pondeuses conventionnelles est une incorporation à 15% (Réussir Volailles, 2015). Le même taux d'incorporation a été recommandé en pondeuses Bio (GAB/Frab, 2013).

Dindes

Dans les régimes pour dindes, le taux d'incorporation de tourteau de tournesol semble être plus limité (moins de 14%), car les dindes ont des exigences plus élevées en protéines et en acides aminés, et parce que le tourteau de tournesol peut induire des effets indésirables (diminution de la masse des tissus de l'intestin grêle et du caecum, et inhibition des processus de fermentation dans le caecum) (Juskiewicz et al., 2010).

Tourteau de tournesol bluté commercial : niveau d'incorporation, ingestion, gain de poids et indice de consommation

Le tourteau de tournesol bluté a été incorporé dans des aliments pour poulets de chair en période de croissance. Les aliments étaient composés de blé, maïs, tourteau de soja et huile de soja. Le tourteau a été incorporé seul ou en association avec du tourteau de tournesol, de colza et du lupin afin de réduire la part de tourteau de soja. La part de MAT apportée par ces matières premières locales était de 25%, 48% ou 70% selon les régimes alimentaires.

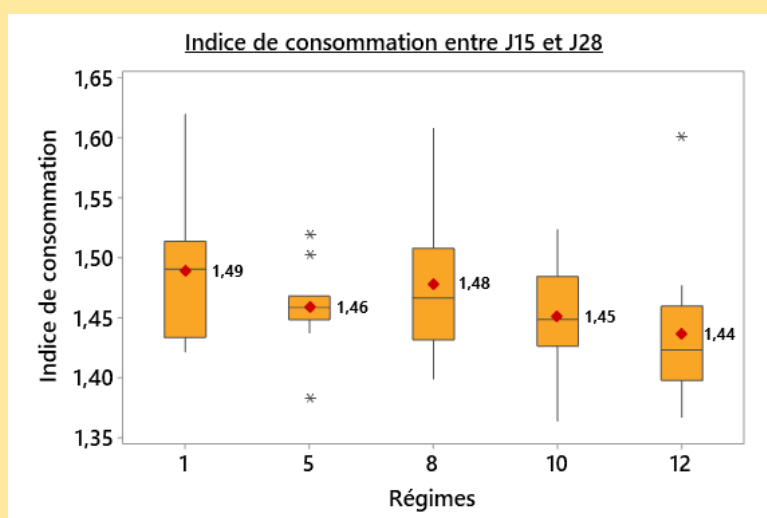
Le remplacement du tourteau de soja par des matières premières riches en protéines locales n'a pas entraîné de mortalité ou de morbidité chez les animaux.

Le poids vif à 28 jours était en moyenne de 1374 ± 136 g (min : 1106 g – max : 1727 g). Aucune différence significative n'a été observée entre les régimes.

L'indice de consommation sur la période J15-J28 est présenté sur la figure ci-dessous. Aucune différence significative n'a été observée entre les régimes.

Indice de consommation pour les poulets de 15 à 28 jours

Figure 8. Indice de consommation des poulets entre J15 et J28



1 : Régime témoin (Tourteau de Soja ; TS)

5 : TS + Tourteau tournesol bluté -> MAT locale = 25 % MAT totale

8 : TS + Tourteau colza bluté + Tourteau tournesol bluté -> MAT locale = 48 % MAT totale

10 : TS + Tourteau colza bluté + Tourteau tournesol bluté + Lupin -> MAT locale = 48 % MAT totale

12 : Tourteau colza bluté + Tourteau tournesol bluté + Lupin -> MAT locale = 70 % MAT totale

L'indice de consommation le plus faible (1,44) est observé pour le régime 12 et l'indice le plus élevé (1,49) est observé pour le régime Témoin. Cela peut s'expliquer par un gain moyen quotidien légèrement plus faible pour le régime Témoin et une consommation quotidienne moyenne légèrement supérieure. Cependant, les différences ne sont pas significatives.

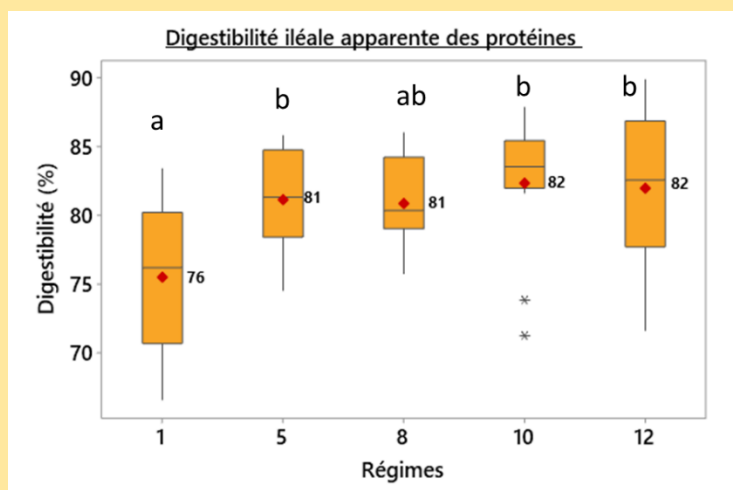
Ces résultats indiquent que la substitution partielle ou totale du tourteau de soja par des matières premières riches en protéines locales en période de croissance n'a pas d'effet négatif sur l'indice de consommation des poulets de chair.

Tourteau de tournesol bluté commercial : digestibilité des protéines

La digestibilité iléale apparente des protéines a été mesurée à J28 par marqueur indigestible (dioxyde de titane). Les mesures ont été faites au niveau de l'iléon distal.

Digestibilité iléale apparente des protéines

Figure 9. Digestibilité iléale apparente des protéines



1 : Régime témoin (Tourteau de Soja ; TS)

5 : TS + Tourteau tournesol bluté -> MAT locale = 25 % MAT totale

8 : TS + Tourteau colza bluté + Tourteau tournesol bluté -> MAT locale = 48 % MAT totale

10 : TS + Tourteau colza bluté + Tourteau tournesol bluté + Lupin -> MAT locale = 48 % MAT totale

12 : Tourteau colza bluté + Tourteau tournesol bluté + Lupin -> MAT locale = 70 % MAT totale

Les résultats indiquent que les régimes contenant les matières premières riches en protéines locales ont une digestibilité iléale apparente des protéines comparable ou supérieure au régime témoin. La digestibilité iléale des protéines observée dans le régime le plus extrême, sans tourteau de soja (12) est tout à fait correcte (82%).

Tout comme pour les performances zootechniques, ces résultats indiquent que si l'on formule sur la base des acides aminés digestibles, la substitution partielle ou totale du tourteau de soja par des matières premières riches en protéines locales en période de croissance n'a pas d'effet négatif sur la digestibilité iléale apparente des protéines.

Evaluation de la durabilité

Critères de durabilité

Tableau 6. Critères sociaux, économiques et environnementaux. *Source : Laisse et al., 2017

Critères	Indicateurs	Tourteau de soja	Tourteau de tournesol français
Social	Part des protéines consommables par l'homme*	60 %	0 %
	Part de l'énergie consommable par l'homme*	38 %	0 %
Economique	Production : locale, européenne, mondiale	Mondiale	France
Environnemental	ACV		Voir graphiques ci-après
	Production sur terres déforestées	Possible	Non

La part de protéines et d'énergie consommable par l'homme mesure le degré de compétition de l'aliment pour animaux d'élevage vis-à-vis de son utilisation en alimentation humaine. Quand la part de protéines/énergie consommables par l'homme est élevée, le degré de compétition est élevé. Pour le tourteau de tournesol aucune part des protéines ou de l'énergie ne peut être utilisée par l'homme, la compétition est donc nulle. Ceci est un critère positif de durabilité.

Données environnementales

Dans les graphiques ci-dessous, les impacts environnementaux sont ramenés au kg de matière première.

Les impacts liés au tourteau de soja importé sont issus de la base de données ECOALIM.

A noter que les matières premières comparées ont des caractéristiques différentes (des teneurs en protéines de 27% à 48%) et donc ne rendent pas toutes les mêmes services (niveau d'incorporation dans les formules, apport en différents nutriments). Les données environnementales sont issues de calculs d'impacts environnementaux par la méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ACV). La méthodologie suivie pour la constitution des Inventaires de Cycle de Vie (ICV) est celle d'ECOALIM. Il s'agit d'un projet français (2013-2016) dont l'objectif était d'étudier les possibles améliorations des bilans environnementaux des élevages en optimisant l'alimentation des animaux. Les bilans environnementaux des matières premières (MP), des aliments du bétail et des produits animaux ont été renseignés par ACV (impacts Changement Climatique, Consommation d'énergie, Consommation de phosphore, Occupation de surfaces, Eutrophisation et Acidification). Le projet a produit 150 références environnementales de matières premières utilisées ou utilisables en alimentation animale, mises à disposition dans les bases de données de référence (Agribalyse, Feedtables). Ces données prennent en compte

différents itinéraires de production pour les principales MP, et les différents lieux d'approvisionnement des fabricants d'aliments.

Les ACV du tourteau de tournesol non décortiqué français, du tourteau de tournesol décortiqué français (type 36% Bassens) et du tourteau de tournesol décortiqué importé de la Mer Noire ont donc été calculées dans le cadre de ce projet ECOALIM, se basant sur l'ACV de la graine de tournesol moyenne France calculée dans la base de données Agribalyse (version 1.3) et d'un travail spécifique dans ECOALIM pour le tournesol ukrainien.

L'ACV du tourteau de tournesol bluté a été calculée, pour le projet VOCALIM, à partir des données disponibles dans les bases de données Agribalyse et ECOALIM (graine de tournesol, procédés de trituration, procédé de décorticage). Un inventaire de données spécifique a été réalisé pour le blutage pendant le projet VOCALIM (consommation d'énergie, rendement massique du procédé pour les 2 fractions obtenues, l'une enrichie en protéines et l'autre appauvrie).

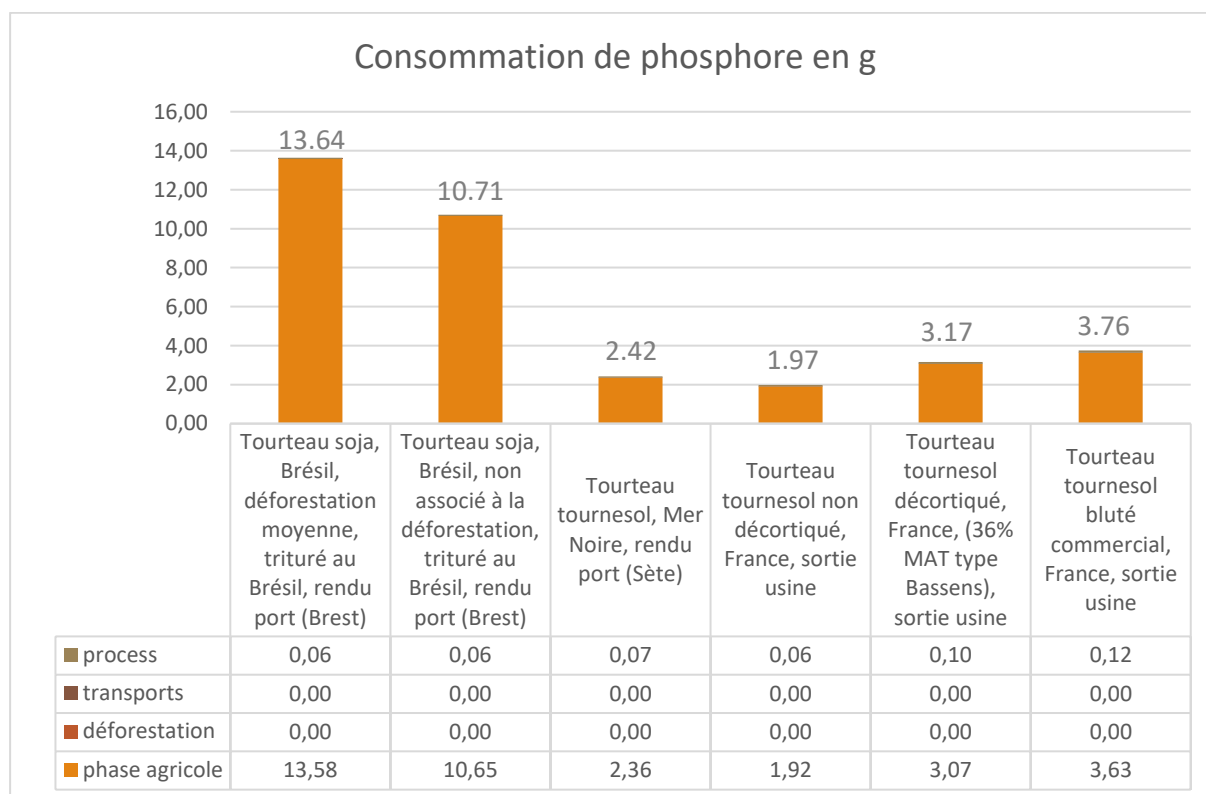
Les impacts environnementaux du tourteau de tournesol non décortiqué France, du tourteau de tournesol décortiqué France et d'un type de tourteau de tournesol innovant (tourteau de tournesol bluté, issu d'un tourteau de tournesol décortiqué) ont été comparés à ceux issus de la base de données ECOALIM (V1 du 30/09/2015) du tourteau de tournesol décortiqué importé de la Mer Noire (provenance Ukraine) et du tourteau de soja d'importation du Brésil (trituré au Brésil et rendu au port de Brest), avec 2 types d'origine :

- Soja brésilien avec une « déforestation moyenne » : prend en compte les zones sans déforestation et les zones avec déforestation
- Soja brésilien non associé à la déforestation

Dans les graphiques ci-dessous, les impacts environnementaux sont ramenés au kg de matière première.

A noter que les matières premières comparées ont des caractéristiques différentes : des teneurs en protéines de 27% pour le tourteau de tournesol non décortiqué, 35-36% pour le tourteau de tournesol décortiqué, et à 41.5% sur MB pour le tourteau de tournesol bluté, et près de 46% sur le tourteau de soja. Elles ne rendent donc pas toutes les mêmes services (niveau d'incorporation dans les formules, apport en différents nutriments).

Figure 10. Consommation de phosphore en g



Les trois différents tourteaux de tournesol français et le tourteau Mer Noire présentent une consommation de phosphore réduite par rapport au tourteau de soja du Brésil. Ce moindre impact est lié à la phase agricole et s'explique par les données d'intrants en engrais phosphatés considérés sur les cultures et les rendements des cultures de tournesol et soja dans les différents contextes (24 q/ha pour tournesol français, 16 q/ha pour le tournesol ukrainien et 10 q/ha pour le soja brésilien).

Le rendement joue un rôle prépondérant sur les résultats d'ACV puisque les impacts environnementaux sont ramenés au kg de produit. Les rendements considérés dans cette étude ACV sont issus de statistiques nationales. Cependant, dans le cas du tournesol Mer Noire (Ukraine), les rendements semblent avoir progressé significativement par rapport à la période considérée dans l'étude (2009-2012). Il faut donc avoir à l'esprit que les résultats présentés sont très influencés par l'ensemble des hypothèses qui ont été retenues.

Un autre facteur contribuant significativement à la différence entre les tourteaux de tournesol et de soja est la règle d'allocation des impacts entre coproduits. En effet, lors de l'étape de trituration, on obtient deux produits : le tourteau et l'huile brute. Une règle d'allocation économique a été appliquée pour répartir les impacts des étapes du cycle de vie en amont de la trituration. Ainsi, tous les impacts liés à la phase agricole sont répartis entre le tourteau et l'huile selon une allocation qui prend en compte le prix et la quantité de chaque coproduit à partir d'une tonne de graines. Dans le cas du tournesol non décortiqué, 81% des impacts sont alloués à l'huile brute et seulement 19% au tourteau. Dans le cas du soja, 39% des impacts sont alloués à l'huile brute et 61% au tourteau. En effet, le soja est une graine contenant moins de 20% d'huile et donc la masse de tourteau produite à partir d'une tonne de graines est plus élevée qu'en tournesol ; et par ailleurs, le ratio de prix entre l'huile et le tourteau de soja est réduit par rapport à celui du

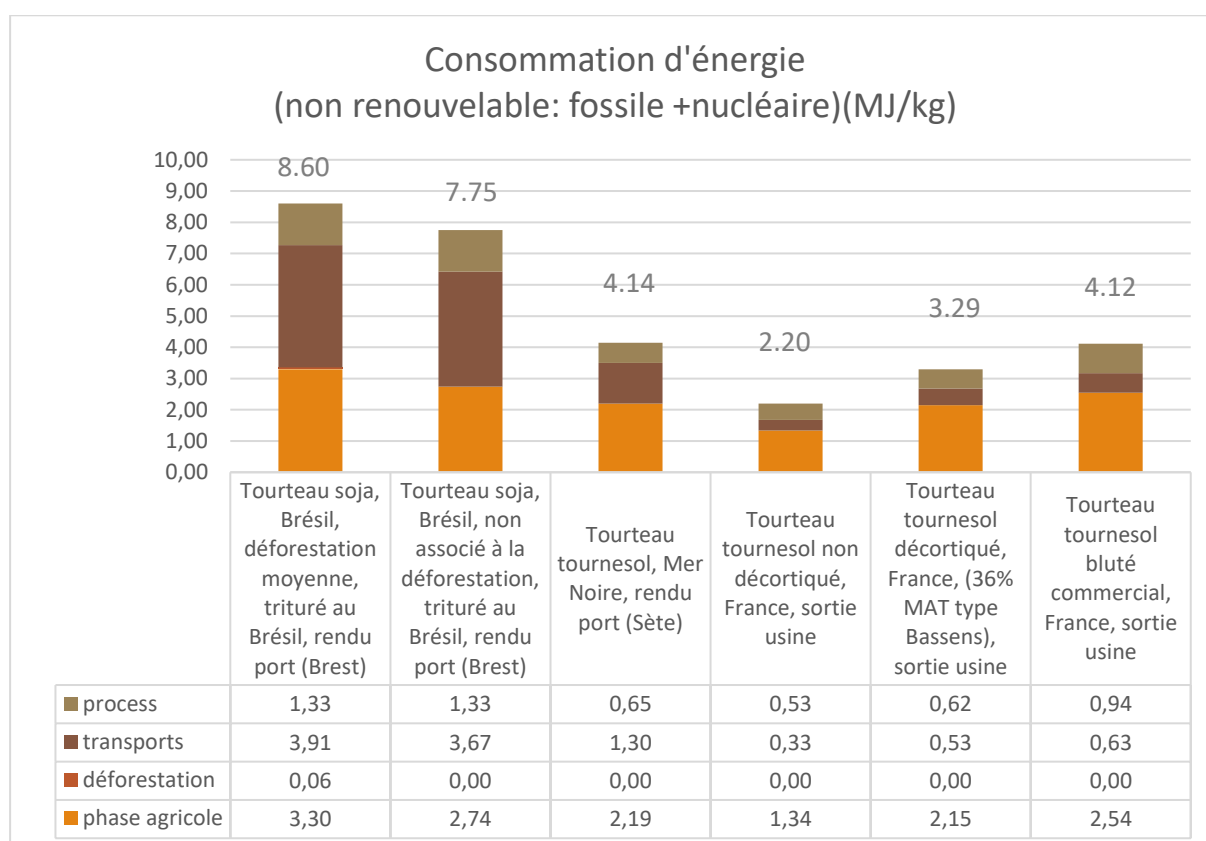
tourneol (2.6 et 5.2 respectivement pour le contexte de prix 2008-2012 considéré dans les données utilisées).

Cette différence dans les facteurs d'allocation des impacts joue de la même façon sur tous les impacts présentés par la suite.

De la même façon, les allocations économiques d'impact au produit final appliquées aux différents tourteaux de tournesol expliquent les différences entre tourteau de tournesol non décortiqué, tourteau de tournesol décortiqué et tourteau de tournesol décortiqué bluté. Le choix d'une allocation économique est donc particulièrement impactant : en effet, la demande en tourteau de tournesol décortiqué est importante et de ce fait la valeur économique du tourteau de tournesol décortiqué particulièrement élevée, alors que la valeur économique attribuée aux coques est faible (valorisation en tant que biomasse pour produire de la chaleur). Ainsi, le tourteau de tournesol décortiqué a des impacts globalement supérieurs de +60% par rapport au tourteau de tournesol non décortiqué, et le tourteau de tournesol bluté (qui est obtenu à partir de tourteau de tournesol décortiqué) a des impacts globalement supérieurs de +90% par rapport au tourteau de tournesol non décortiqué.

Consommation d'énergie

Figure 11. Consommation d'énergie (non renouvelable : fossile + nucléaire) en MJ/kg

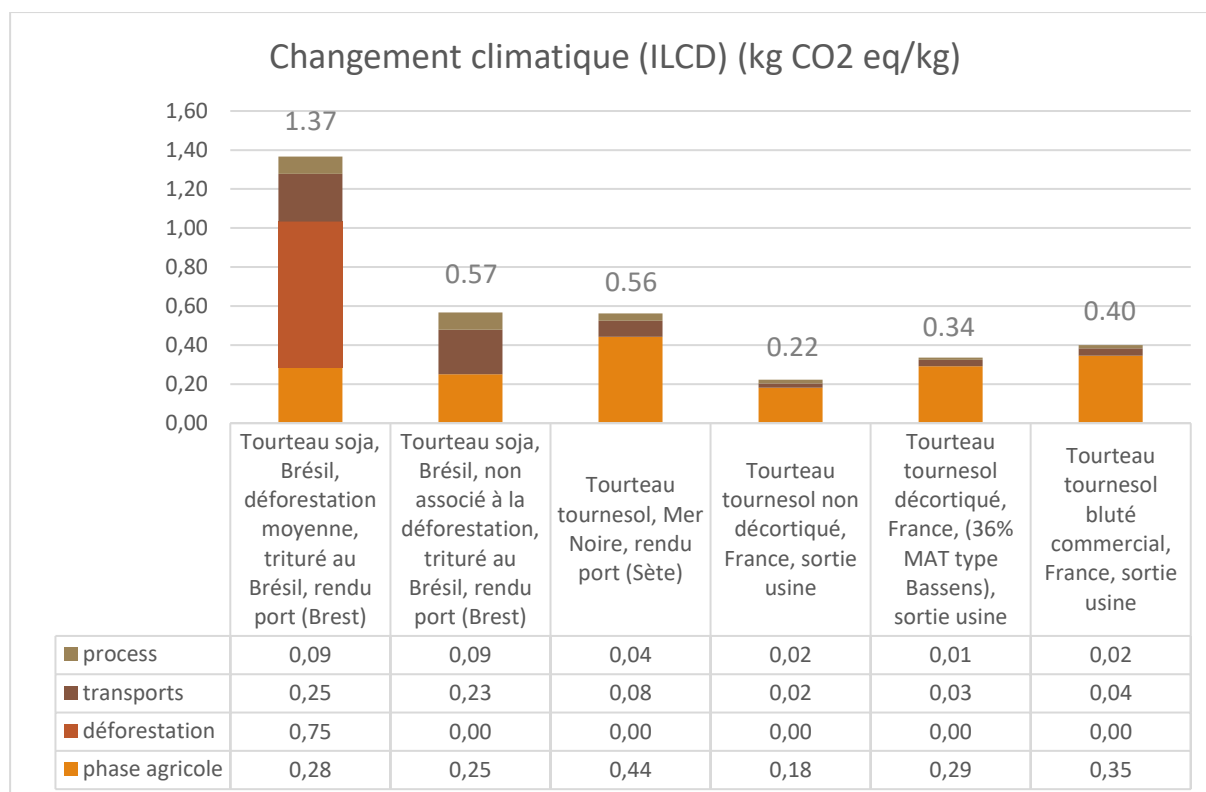


La consommation d'énergie non renouvelable des quatre tourteaux de tournesol est plus faible que celle des tourteaux de soja brésilien. La différence s'explique principalement par l'impact généré par les transports pour le soja. La consommation d'énergie sur le tournesol provient principalement de la phase agricole pour près de 60% (répartis par moitié pour la fabrication des engrais et moitié des opérations mécaniques sur la culture), puis du process de transformation à près de 20% et enfin à 15% des transports (entre champ et OS, entre OS et usine) sauf pour le

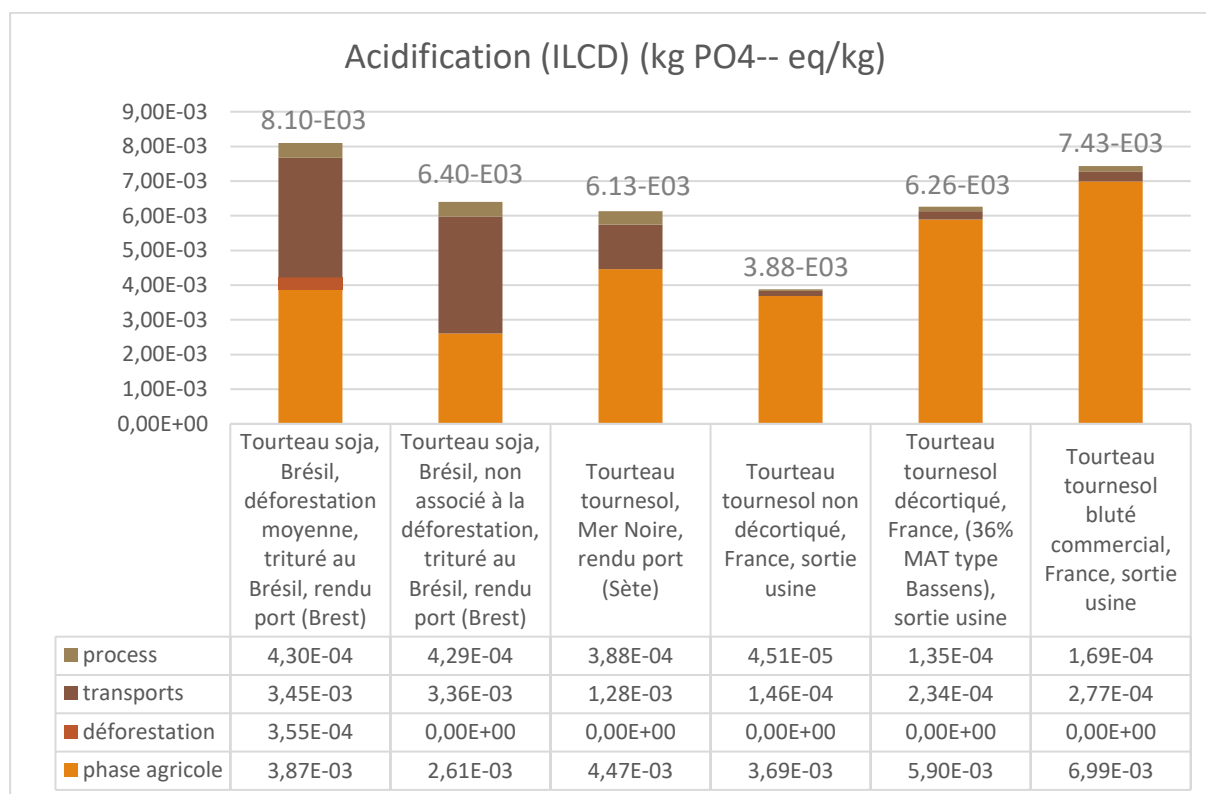
tourteau de tournesol Mer Noire où les transports pèsent pour 31% de l'impact énergie. En revanche, pour le soja, les transports ont un impact beaucoup plus important : seulement 35-38% de l'impact provenant de l'amont agricole pour le soja (fabrication d'engrais, opérations mécaniques) et 45-47% de l'impact consommation d'énergie provient du transport.

Changement climatique

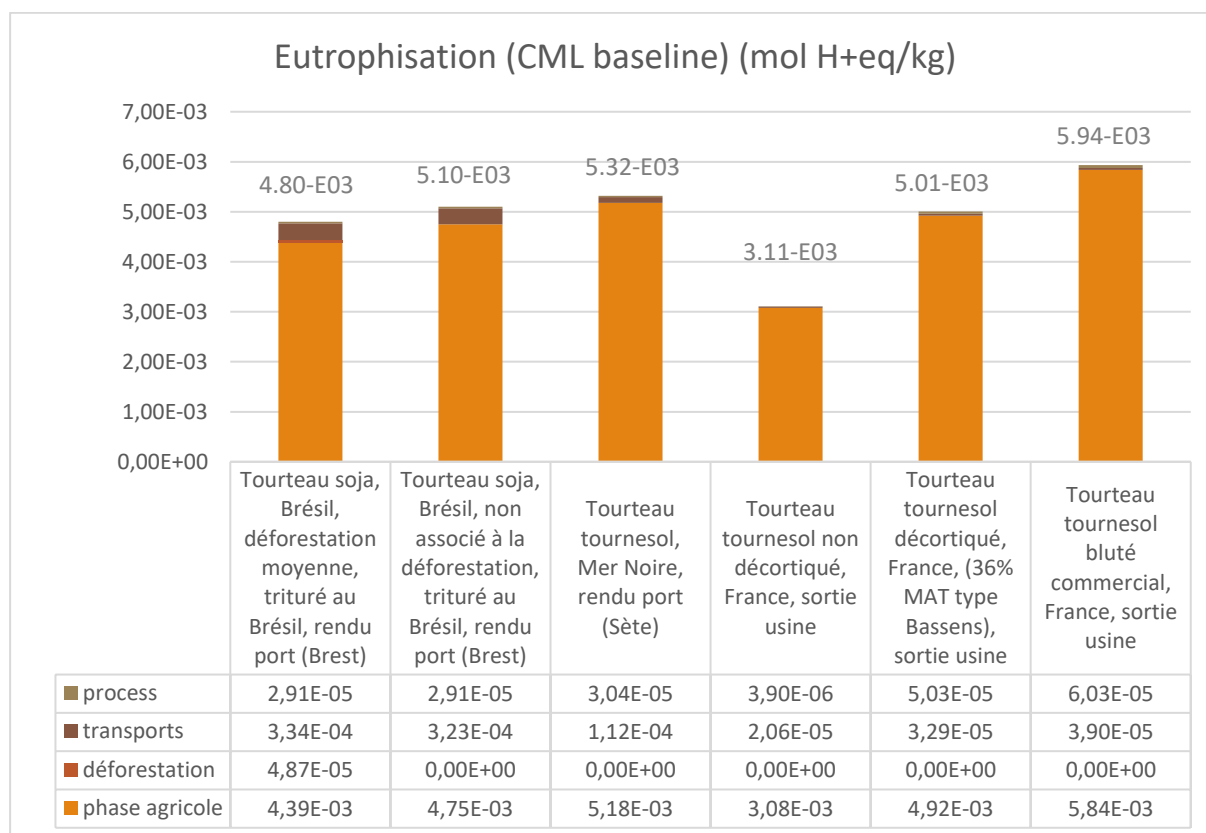
Figure 12. Changement climatique (ILCD) en kg CO₂ eq/kg



L'impact Changement climatique est plus faible pour les trois tourteaux de tournesol français par rapport aux tourteaux de soja brésilien et au tourteau de tournesol Mer Noire. Cet écart est réduit dans le cas du tourteau de soja non associé à la déforestation. L'impact de l'amont agricole sur le changement climatique est du même ordre entre le tournesol et le soja. Lors de cette phase agricole, ce sont les émissions de N₂O au champ, liées à la fertilisation azotée et la fabrication d'engrais azoté qui expliquent essentiellement cet impact pour le tournesol, bien que la fertilisation azotée de cette culture soit réduite : 60-65% de l'impact Changement climatique pour les tourteaux de tournesol proviennent de « fabrication d'engrais + émissions au champ liées à la fertilisation », et près de 20% des opérations mécaniques. Les différences sont finalement expliquées par l'impact du transport pour le soja venant du Brésil, et par la déforestation pour le soja moyen Brésil.

Figure 13. Acidification en kg PO_4^{--} eq/kg

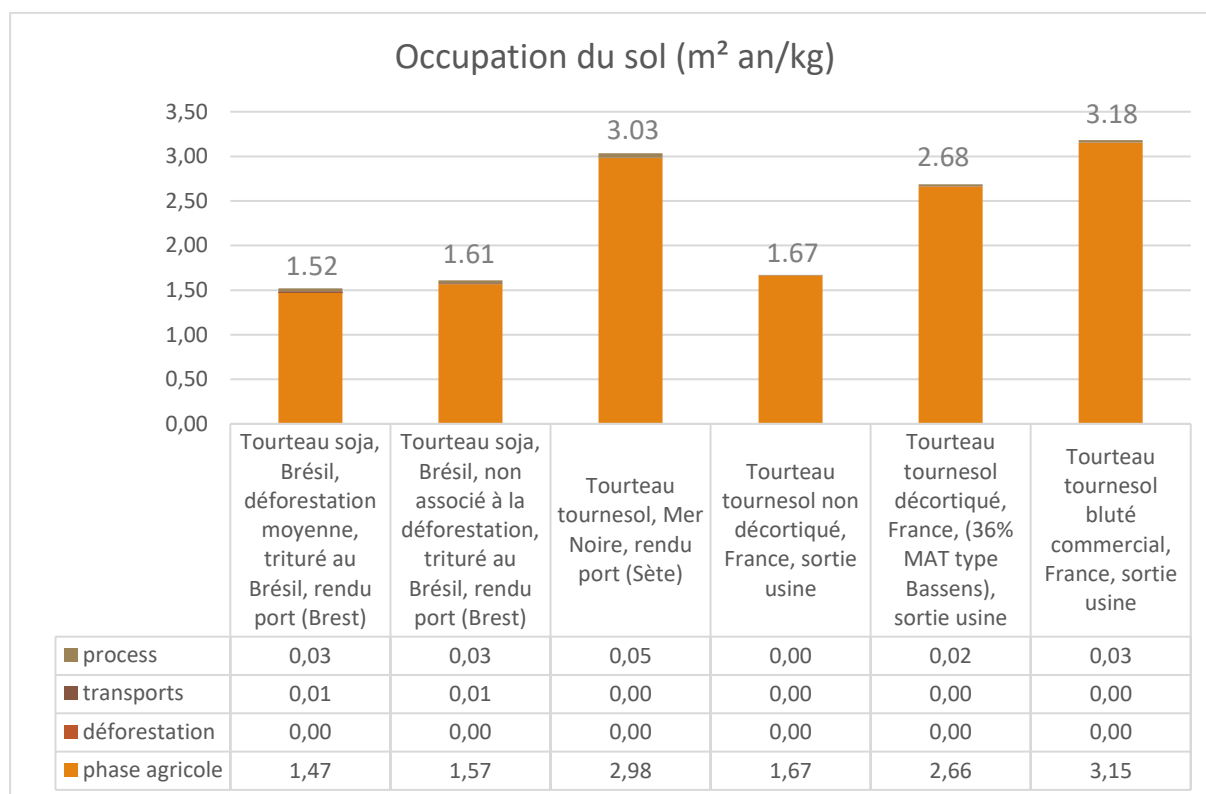
L'impact relatif à l'acidification est du même ordre pour les tourteaux de tournesol décortiqués (France et Mer Noire) et bluté par rapport aux tourteaux de soja brésilien. Le tourteau de tournesol non décortiqué France possède, pour sa part, l'impact Acidification le plus faible. Ce sont les transports qui ont une part importante dans cet impact pour les tourteaux de soja brésilien. Pour les tourteaux de tournesol, cet impact provient principalement de la phase agricole pendant laquelle les émissions au champ de NH_3 dues à la fertilisation azotée provoquent une acidification de l'eau et des sols.

Figure 14. Eutrophisation en mol H⁺ eq/kg

L'impact des tourteaux de tournesol décortiqués (France et Mer Noire) et bluté sur l'eutrophisation est comparable à celui des tourteaux de soja brésilien. Le tourteau de tournesol non décortiqué France a l'impact Eutrophisation le plus faible. Cet impact est expliqué par la phase agricole, principalement par les émissions de nitrates et de phosphore dans les eaux de surface et souterraines. Les modèles d'émission considérés donnent des émissions par hectare plus importantes pour le tournesol en France, par rapport au soja brésilien, notamment du fait d'une durée d'occupation des sols plus importante pour le tournesol. Cependant, du fait d'un rendement de la culture à l'hectare plus élevé pour le tournesol, et par le jeu de l'allocation économique de l'impact de la phase agricole entre tourteau et huile (voir commentaires dans la rubrique « Consommation de Phosphore »), cet impact, ramené au kg de produit final, est réduit pour les tourteaux de tournesol, en particulier le non décortiqué.

Occupation du sol

Figure 15. Occupation des sols en $m^2.an/kg$



L'impact Occupation des sols est du même ordre entre le tourteau de tournesol non décortiqué France et les tourteaux de soja brésilien. Il provient de la phase agricole (occupation des sols par les cultures). Pourtant les surfaces cultivées au Brésil font 2 cultures par an, et donc l'occupation du sol par le soja exprimé en $m^2.an$ est réduite par rapport au tournesol ramenée à l'hectare de culture. Ici, le rendement des cultures intervient puisque l'impact est ramené au kg de produit.

Préambule

Trois scénarios ont été étudiés avec l'outil Prospective Aliment (P.A)¹ du CEREOPA : scénario 2017 (état des lieux) vs scénarios à l'horizon 2023 (avec deux phases : soit un tourteau testé seul puis dans un panier de tourteaux « améliorés »). Les hypothèses retenues prennent en compte une demande en produits finis et en aliments évolutive (poulet de chair mais aussi autres espèces animales). Ainsi, par exemple, les productions de poulet de chair sous cahier des charges non OGM (hors bio) progressent de 21 à 38% entre les deux périodes et la part de l'aliment non OGM (hors bio) pour répondre à cette demande progresse de 28% à 48%. Notons que les aliments poulets label dans le modèle P.A, qui étaient à 56% non OGM en 2017, passent à 100% non OGM en 2023.

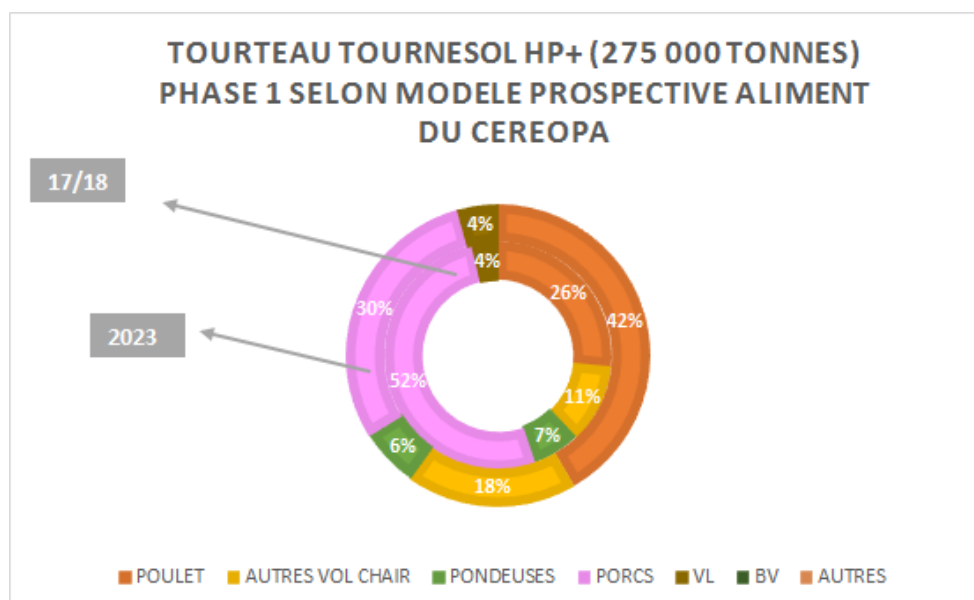
Le contexte de prix des matières premières (MP) est celui de la campagne 17/18 (benchmark) et correspond à la moyenne des prix 2007-2017 pour le scénario 2023 afin de s'extraire de la volatilité et prendre en compte les cotations un peu plus élevées. Des ajustements ont cependant été réalisés pour tenir compte d'une demande en non OGM en hausse (ratio tourteaux secondaires/tourteau de soja en hausse et prime non OGM à 90 €/t).

Potentiels d'utilisation

Débouchés

Le tourteau de tournesol testé dans le modèle correspond au tourteau de tournesol bluté commercial, il est noté « HP+ » dans les graphiques et les paragraphes suivants. Il a été proposé seul, dans un premier temps, dans le modèle P.A.

Figure 16. Débouchés pour le tourteau de tournesol bluté HP+ en phase 1



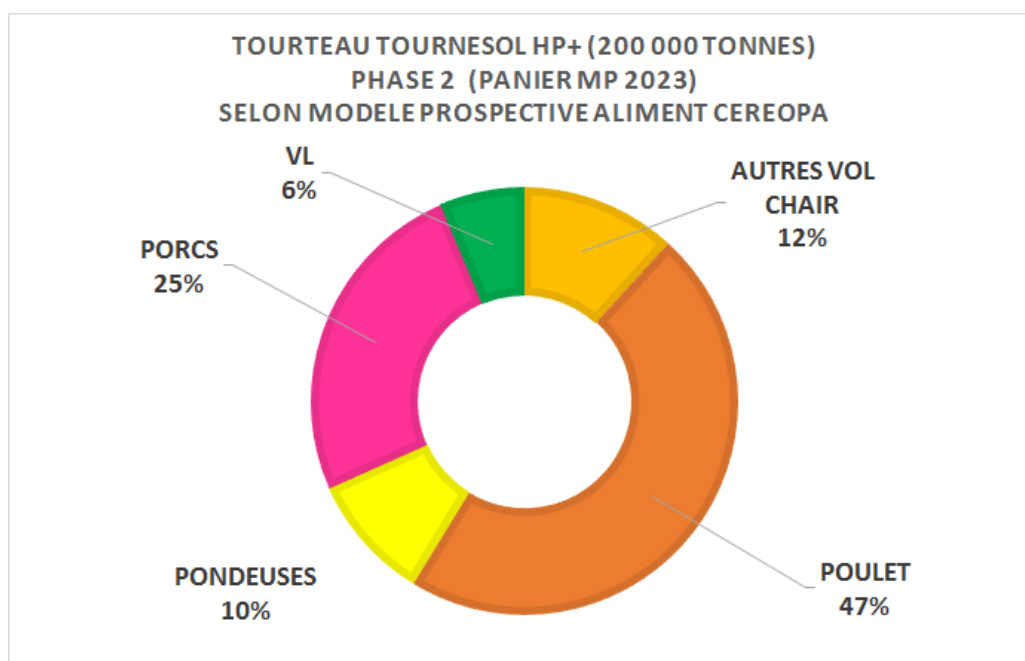
Le tourteau de tournesol bluté commercial (HP+) voit son débouché en filière poulet de chair progresser entre les scénarios 2017 et 2023 (avec 26% puis 42% des débouchés). Cette

¹ Le modèle P.A prend en compte l'ensemble des aliments du commerce destinés aux animaux de rente, permettant de suivre la compétition inter-filières pour la captation des matières premières.

augmentation est portée par les aliments label et 100% origine France et pénalise la filière porc. La consommation (toutes filières) est largement portée par des aliments sous cahiers des charges sans OGM (60% en 2017 puis 96% en 2023 dont 19% origine France).

Dans une deuxième phase, un test a été réalisé pour la période 2023, sur un panier de 3 tourteaux (deux tourteaux de colza et le tourteau de tournesol HP+ qui sont donc mis en concurrence). Les volumes disponibles ont été affinés, prenant en compte le rendement réel au cours de l'étape industrielle. Cette étape a confirmé l'intérêt du tourteau de tournesol HP+ en volailles (69%) et notamment en poulet de chair (47%).

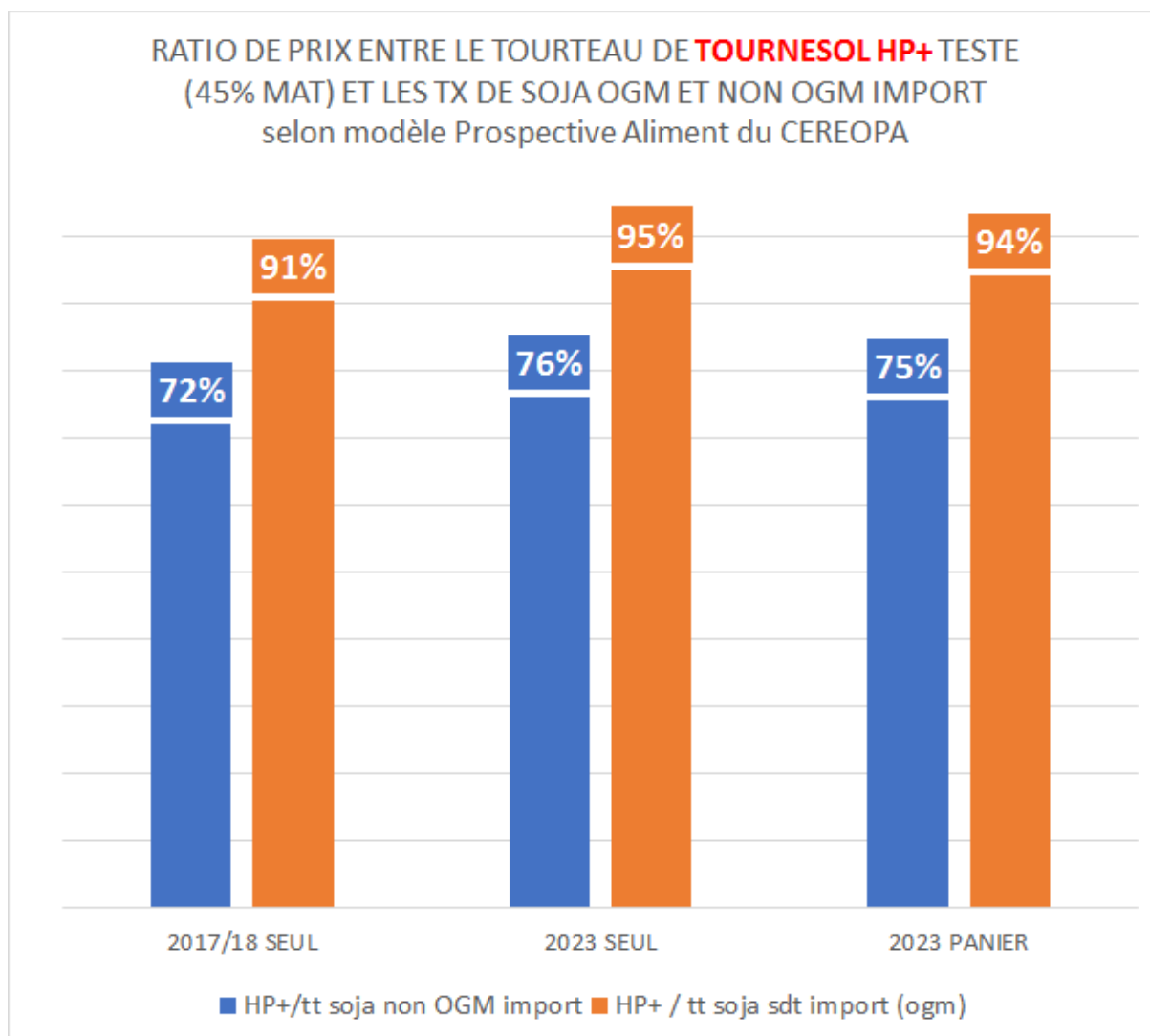
Figure 17. Débouchés pour le tourteau de tournesol bluté HP+ en phase 2



Prix d'intérêt

Le prix d'intérêt du tourteau de tournesol HP+ concerne la totalité du modèle (toutes filières animales). Il est exprimé en pourcentage des prix de marché des tourteaux de soja d'importation (standard et non OGM) consommés dans le modèle. Le graphique reprend le ratio pour chaque scénario testé.

Figure 18. Ratio de prix entre tourteau de tournesol bluté HP+ et les tourteaux de soja (OGM et non OGM)



Pour tous les scénarios, le prix auquel le tourteau HP+ peut être valorisé dans les formules est supérieur à 70% du prix du tourteau de soja non OGM d'importation alors que celui du tourteau HP est de seulement 44%.

On note un léger écart de valorisation entre les 2 scénarios 2023 (seul et panier), qui s'explique à la fois par des volumes différents de tournesol HP+ proposés dans le modèle entre les deux phases, mais surtout par une concurrence challengée entre les différents tourteaux du panier.

Attention, l'écart de prix entre le tourteau de tournesol HP le tourteau HP+ devra permettre de couvrir le coût du process et l'éventuelle dégradation du prix de marché de la fraction « appauvrie » pour valider la mise à disposition commerciale.

Impact durabilité

Economie

Dans le contexte testé dans la deuxième phase (panier, prix MP, ventilation non OGM, etc.) et sous réserve que le prix d'intérêt du tourteau testé soit compatible avec les coûts de process

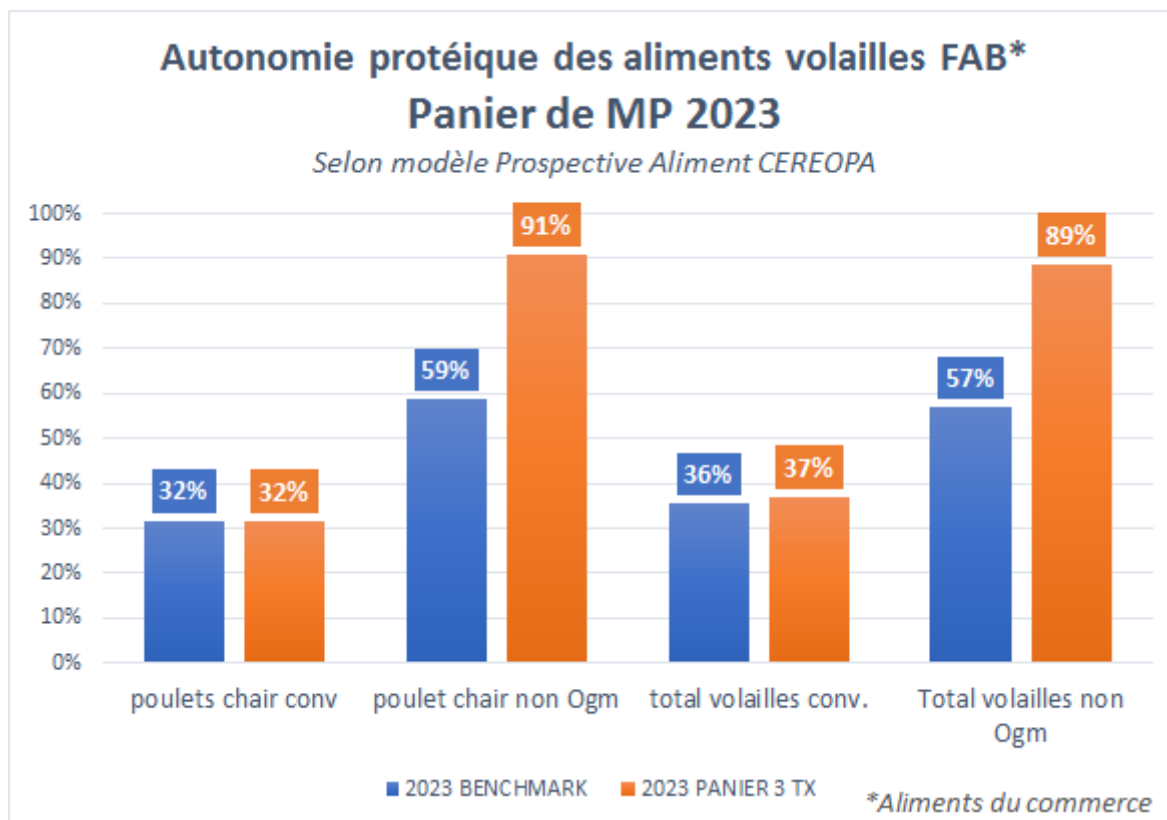
permettant une mise au marché à ce niveau, le coût MP des aliments du commerce (FAB toutes filières) pourrait diminuer d'environ 1%. La filière volailles serait particulièrement avantageée avec un recul de 2,1% et celle du poulet de chair encore plus (-2.8%). La filière porcine serait aussi bénéficiaire contrairement aux filières « ruminants » qui observeraient une légère hausse du coût MP. Il est cependant impossible, dans la méthodologie retenue, de définir la part des économies réalisées revenant à chacun des 3 tourteaux du panier.

Autonomie protéique

Le tourteau de tournesol HP+ représente un levier intéressant pour l'autonomie protéique de la filière poulet (gain de 8 points lorsque proposé seul dans le scénario 2023). Il se positionne en effet au détriment du soja non OGM import et du tournesol HP (import et métro). Rappelons que ce tourteau « amélioré » vient en remplacement de tourteaux moins concentrés déjà existants dans l'Hexagone (pas d'augmentation des capacités de trituration dans les hypothèses). Le graphique suivant résume le gain réalisable dans le scénario 2023 de la phase 2 (panier de MP).

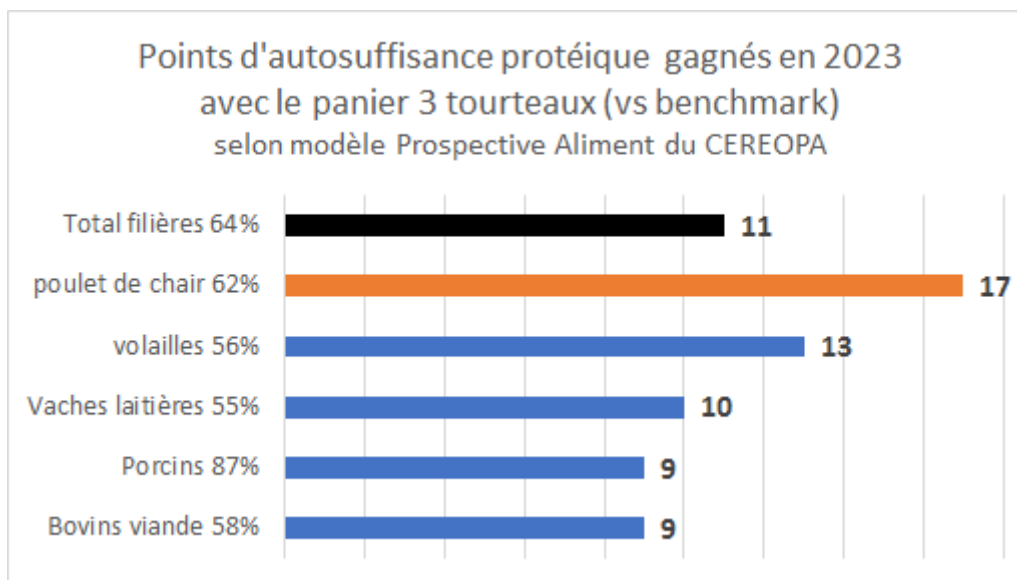
Dans la phase 2 (panier 2023), les 3 tourteaux mis à disposition participent uniquement à améliorer l'autonomie protéique des aliments non OGM (dont une partie est sous contraintes 100% origine France). Les aliments poulets de chair non OGM sont proches de l'autosuffisance à 91% contre 59% sans le panier testé. Les autres aliments volailles non OGM (dindes, canard, pondeuses) profitent aussi de ces MP enrichies, permettant à l'ensemble du segment volailles non OGM d'atteindre 89% d'autonomie contre 37% pour la part de la filière volailles en aliments conventionnels.

Figure 19. Autonomie protéique des aliments volaille du commerce



Finalement, la filière poulet de chair (OGM et non OGM) passe de 45% à 62% d'autonomie protéique. Notons que ce panier de MP participe à améliorer l'autonomie protéique de toutes les filières animales. La volaille gagne 13 points, en tête devant les VL, les porcins et les BV.

Figure 20. Autosuffisance protéique après introduction du panier MP 2023

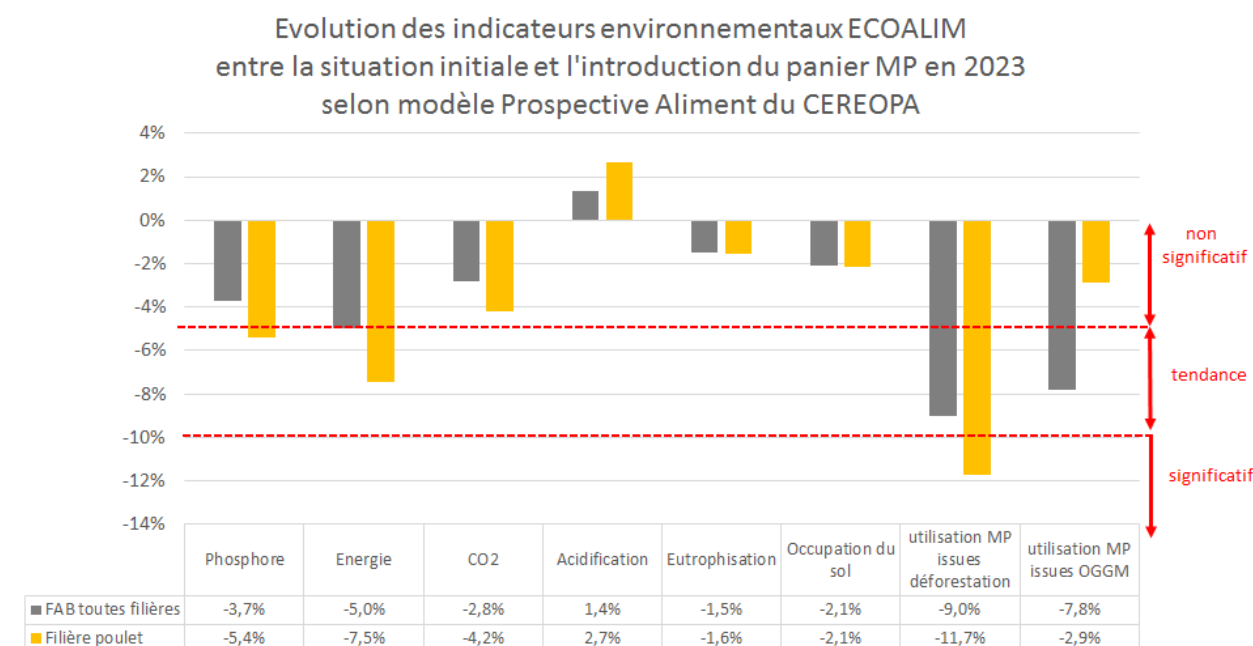


Il est intéressant de souligner qu'au-delà de l'autonomie protéique, la souveraineté alimentaire, c'est à dire l'approvisionnement en matières premières d'origine 100% française passe de 73% à 81% avec le panier dans la filière poulet. Sur le total aliment FAB, l'amélioration est moins forte car le panier profite d'abord à la filière volailles.

Environnement

Le suivi de 8 indicateurs environnementaux a été réalisé sur le scénario de la phase 2 (panier de MP). Comme le montre le graphique ci-dessous, on ne note pas de détérioration de ces indices, mais pas d'impact réellement positif non plus.

Figure 21. Evolution des indicateurs environnementaux après introduction du panier MP 2023



NB : les valeurs ACV pour les tourteaux testés sont issues d'un travail de Terres Inovia dans le cadre de Vocalim. Les indicateurs incluent l'impact transport hexagonal (base km moyen parcouru dans le modèle). La part de déforestation du tourteau de soja d'importation est basée sur le sourcing des flux 2017.

Ce qu'il faut retenir...

- Le tourteau de tournesol bluté HP+ trouvera majoritairement sa place dans les aliments pour volailles sans OGM (et majoritairement en poulet).
- Il peut se valoriser à un niveau de prix supérieur à 70% du prix du tourteau de soja non OGM d'importation.
- Proposé en formulation en complément de deux tourteaux de colza riches en protéines, il participera à améliorer à l'horizon 2023, l'autonomie protéique de toutes les filières d'alimentation du bétail français de +11 points en moyenne (et jusqu'à +17 points en poulet de chair).
- La production et l'utilisation du tourteau de tournesol bluté HP+ français n'aura pas d'impact environnemental significatif (ni positif, ni négatif).

- Akande, K. E.; Doma, U. D.; Agu, H. O.; Adamu, H. M., 2010. Major antinutrients found in plant protein sources: their effect on nutrition. *Pakistan J. Nutr.*, 9 (8): 827-832
- Arroyo, J. M.; González, J.; Alvir, M. R.; Rodríguez, C. A.; Ouarti, M., 2005. Protection of protein from sunflower meal by treatments with acid solutions and heat. XI Jornadas sobre Produccion Animal, Zaragoza, Spain, 11-12 Mayo, 2005: 542-544
- Attia, Y. A.; Al-Harathi, M. A.; El-Deek, A. A., 2003. Nutritive value of dehulled sunflower meal as affected by multienzyme supplementation to broiler diets. *Arch. Geflügelk.*, 67 (3):97-106
- Babiker, M. S., 2012. Chemical composition of some non-conventional and local feed resources for poultry in Sudan. *Int. J. Poult. Sci.*, 11 (4): 283-287
- Bandemer, S. L.; Evans, R. J., 1963. Nutrients in seeds, amino composition of some seeds. *J. Agric. Food Chem.*, 11 (2): 134
- Bedingar, T.; Degefa, G., 1990. Feed values and feeding potential of major agro-byproducts. In: Trends in agro-byproducts and their feeding potential in sub-Saharan Africa. Working document No. 14, LED, ILRI
- Bonetti, B.; Lapierre, O.; Tran, G., 1994. 4ème rapport intermédiaire d'exécution : Les farines de viande, les tourteaux d'extraction de tournesol, la luzerne déshydratée, le blé, l'orge, le maïs, le pois. In: Contribution à la définition d'un cahier des charges pour l'identification et la caractérisation des matières premières. Convention Sypram/ Banque de données de l'alimentation animale – AFZ
- Bredon, R. M., 1957. Feeding of livestock in Uganda. Uganda Protectorate. Department of Veterinary Services and Animal Industry. Occasional Bulletin No. 1
- Campbell, E. J., 1983. Sunflower oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 60 (2): 339A
- Carré, P., 2009. Review and evaluation major and most promising processing technologies for oil seed pretreatment and extraction. Sustoil. D2.1: Report about dehulling, the first step of oilseeds biorefining. Sustoil: Developing advanced Biorefinery schemes for integration into existing oil production/transesterification plants. WP 2: Optimisation of primary processing (e.g. oil extraction and refinery). Creol
- CETIOM, 2003. Sunflower meal: quality protein and fibre. Fiches Techniques Octobre 2003. Edition CETIOM
- Cilliers, S. C.; Sales, J.; Hayes, J. P.; Chwalibog, A.; Du Preez, J. J., 1999. Comparison of metabolisable energy values of different foodstuffs determined in ostriches and poultry. *Br. Poult. Sci.*, 40 (4): 491—494
- Cornevin, C., 1892. Des résidus industriels dans l'alimentation du bétail. Firmin-Didot, Paris
- Daghir, N. J., 2008. Poultry production in hot climates. Second Edition, Cabi Series, CABI
- Danel J., Dusart L., Recoules E., Quinsac A., Tormo E., Vilariño M., 2019. Valeur énergétique et digestibilité iléale des protéines et acides aminés de quatorze matières premières riches en protéines chez le poulet de chair. 13èmes Journ. Rech. Avicoles et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 20-21 mars, 484-489
- de Vuyst, A.; Vervack, W.; Van Belle, M.; Arnould, R.; Moreels, A., 1963. Amino acids in oil cakes. *Agricultura, Louvain*, 11:385-390
- Dauguet, S., 2010. Contamination des récoltes de tournesol - Les graines de Datura s'éliminent par nettoyage. Perspectives agricoles N° 363.
- Deaton, J. W.; Mc Naughton, J. L.; Burdick, D., 1979. High fibre sunflower meal as a replacement for soyabean meal in layer diets. *Br. Poult. Sci.*, 20:159-162.
- European Commission, 2007. Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. Official J. European Union, L 189, 20.7.2007, 1-23
- Ewing, 1997. The Feeds Directory Vol 1. Commodity Products. Context Publications, Leicestershire, England.
- FAS, 2011. Sunflowerseed and Products World Supply and Distribution. Foreign Agricultural Service - USDA
- FEDIOL, 2010. Risk assessment of the chain of sunflower seed meal and oil products. FEDIOL
- GAB-FRAB, Elevage fiche N°14, , Les fiches techniques GAB/FRAB.
- Göhl, B., 1982. Les aliments du bétail sous les tropiques. FAO, Division de Production et Santé Animale, Roma, Italy
- Golob, P.; Farrell, G.; Orchard, J. E., 2002. Crop Post-harvest: Principles and practice, volume 1. In: Golob, P.; Farrell, G.; Orchard, J. E. Crop Post-harvest: Science and Technology. John Wiley & Sons

- Green, S.; Bertrand, S. L.; Duron, M. J. C.; Maillard, R., 1987. Digestibilities of amino acids in soyabean, sunflower and groundnut meals, determined with intact and caecectomised cockerels. *Br. Poult. Sci.*, 28 (4): 643-652
- Green, S.; Kiener, T., 1989. Digestibilities of nitrogen and amino acids in soya-bean, sunflower, meat and rapeseed meals measured with pigs and poultry. *Anim. Prod.*, 48 (48): 157-179
- Grompone, M. A., 2005. Sunflower oil. In: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc
- Hurt, E. F., 1947. *Sunflower for food, fodder and fertility*. London, Faber and Faber
- Hyman, E. L., 1992. Local agro-processing with sustainable technology. Sunflower seed oil in Tanzania. Gatekeeper series No. SA 33 1992
- Juskiewicz, J.; Jankowski, J.; Lecewicz, A.; Slominski, B.; Zdunczyk, Z., 2010. Effect of diets with different contents of sunflower meal without or with exogenous enzymes supplementation on gastrointestinal tract response of growing turkeys. *J. Anim. Feed Sci.*, 19 (3): 468-483
- Kajuna, F. F.; Temba, B. A.; Mosha, R. D., 2013. Surveillance of aflatoxin B 1 contamination in chicken commercial feeds in Morogoro, Tanzania. *Livest. Res. Rur. Dev.*, 25 (3): 51
- Kartika, I. A., 2005. Nouveau procédé de fractionnement des graines de tournesol : expression et extraction en extrudeur bi-vis, purification par ultrafiltration de l'huile de tournesol. Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse, spécialité : Sciences des Agroressources
- Leroy, A. M.; François, A.; Maîtrejean, H.; Péronne, B., 1949. The chemical composition and nutritive value of animal feeds. *Ann. agron.*, 19: 791-797
- Lessire, M., 1990. Effect of feeding technique, ad libitum, dry or wet force feeding, on the metabolisable energy values of raw materials for poultry. *Br. Poult. Sci.*, 31: 785-793
- Lević, J. D.; Sredanović, S. A.; Đuragić, O. M., 2005. Sunflower meal protein as a feed for broilers. *Acta periodica technologica*, 36: 3-10
- Liebowitz, Z.; Ruckenstein, C., 1986. Processing and utilization of sunflower meal and sunflower residues. In: Baldwin, A. R., *World Conference on emerging technologies in the fats and oils industry*. American Oil Chemists' society
- McNab, J. M., 2002. *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value*. CABI Publishing
- Mushtaq, T.; Sarwar, M.; Ahmad, G.; Nisa, M. U.; Jamil A., 2006. The Influence of exogenous multienzyme preparation and graded levels of digestible lysine in sunflower meal-based diets on the performance of young broiler chicks two weeks posthatching. *Poult. Sci.*, 85: 2180-2185.
- Mushtaq, T.; Sarwar, M.; Ahmad, G.; Mirza, M. A.; Ahmad, T.; Noreen, U.; Mushtaq, M. M. H.; Kamran, Z., 2009. Influence of sunflower meal-based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility and carcass response of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 149 (3-4): 275-286
- Naidu, S., 2008. Irrigation management, Volume 5. In: Sethuraman, G., *International Encyclopaedia of Agricultural Science and Technology*, Mittal Publications
- NCPA, 2008. Trading rules of the NATIONAL COTTONSEED PRODUCTS ASSOCIATION, INC. Adopted at the 112th Annual Session of the Association Held at Destin, Florida, May 3 - 6, 2008 with Charter and By-Laws, Lists of Committees and Members and Other Information. National Cottonseed Products Association, Florida
- Neumark, H., 1970. Personal communication. Volcani Institute of Agricultural Research, Israel
- NRC, 1973. Alternative sources of protein for animal production: proceedings of a symposium. National Research Council, Committee on Animal Nutrition and American Society of Animal Science, USA
- NSA, 2011. Sunflower statistics. National Sunflower Association
- Nys, Y., 2001.. Trace elements as related to growth and health in chickens. *Inra Prod. Anim.*, 14 (3): 171-180
- OECD, 2007. Consensus document on compositional considerations for new varieties of sunflower: key food and feed nutrients, anti-nutrients and toxicants. Environment directorate, Joint meeting of the chemicals committee and the working party on chemicals, pesticides and biotechnology. Series on the Safety of Novel Foods and Feeds, No. 16
- Oil World, 2011. Major meals, World summary balances. *Oil World Weekly*, February 28, 2011, 54 (8): 95-104
- Ørskov, E. R.; Nakashima, Y.; Abreu, J. M. F.; Kibon, A.; Tuah, A. K., 1992. Data on DM degradability of feedstuffs. Studies at and in association with the Rowett Research Organization, Bucksburn, Aberdeen, UK. Personal Communication
- Peyronnet C., Pressenda F., Quinsac A. & Carré P. Impact du décorticage du tournesol sur la valeur nutritionnelle et l'intérêt économique des tourteaux en fabrication d'aliments composés. *OCL* 2012 ; 19(6) : 341-346. doi : 10.1684/ocl.2012.0486.

- Pop, S.; Dragomir, C.; Criste, R. D.; Nicolae, M.; Vlassa, M.; Stoica, G., 2006. The variability of the degradability of protein meals used within Romanian market: its influence on their nutritive value. *Archiva Zootechnica*, 9: 57-64
- Prolea-Cetiom, 2003. Le tourteau de tournesol : des protéines de qualité et des fibres. Prolea-Cetiom, Fiche technique
- Rao, S. V. R.; Raju, M. V. L. N.; Panda, A. K.; Reddy, M. R., 2006. Sunflower seed meal as a substitute for soybean meal in commercial broiler chicken diets. *Br. Poult. Sci.*, 47 (5): 592-598
- Riccobene, I. C.; Fernandez, M. B.; Nolasco, S. M., 2001. Effect of moisture content in the dehulling capacity of sunflower seeds. *Informacion Technologica*, 12 (1): 3-8
- San Juan, L. D.; Villamide, M. J., 2000. Nutritional evaluation of sunflower seed and products derived from them. Effect of oil extraction. *Br. Poult. Sci.*, 41 (2): 182-192
- Sauvart, D.; Perez, J. M.; Tran, G., 2004. Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: 2ème édition. ISBN 2738011586, 306 p. INRA Editions Versailles
- Sayda, A. M. A.; Hyder, O. A.; Abasaid, M. A., 2011. Sunflower meal as an alternative protein source to groundnut meal in laying hens' ration. *Egypt. Poult. Sci.*, 31 (4): 745-753
- Senkoylu, N.; Dale, N., 1999. Sunflower meal in poultry diets: a review. *World Poult. Sci. J.*, 55: 153-174
- Senkoylu, N.; Dale, N., 2006. Nutritional evaluation of a high-oil sunflower meal in broiler starter diets. *J. Appl. Poult. Res.*, 15 (1): 40-47
- Singh, K.S.; Prasad, C.M., 1979. Feeding value of sunflower and groundnut cakes for broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 4 (2): 143-159
- Singh K. S.; Prasad, C. M.; Brahmakshatriva, R. D., 1981. Feeding value of sunflower- and groundnut-cakes for laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 6 (1): 63-71
- Vargas, M.; Urbá, R.; Enero, R.; Báez, H.; Pardo, P.; Visconti, C., 1965. Composición de alimentos chilenos de uso en ganadería y avicultura. Santiago. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigación Veterinaria.
- Vetesi, M.; Mezes, M.; Kiss, L., 1998. Using sunflower meal in waterfowl diets. *Arch. Geflügelk.*, 62 (1): 7-10
- Villamide, M. J.; San Juan, L. D., 1998. Effect of chemical composition of sunflower seed meal on its true metabolizable energy and amino acid digestibility. *Poult. Sci.*, 77 (12): 1884-1892
- Volek, Z.; Marounek, M., 2008. White lupin (cv. Amiga) seeds as a protein source in diet for growing rabbits: effect on growth performance, digestibility of nutrients and carcass traits. 9th World Rabbit Congress – June 10-13, 2008 – Verona – Italy: 831-835
- Walker, C. A., 1975. Personal communication. Central Research Station, Mazabuka, N. Rhodesia
- Woodman, H. E., 1945. The composition and nutritive value of feeding stuffs. United Kingdom. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Bulletin No. 124
- Zhang, Y. E.; Parsons, C. M., 1994. Effects of overprocessing on the nutritional quality of sunflower meal. *Poult. Sci.*, 73 (3): 436-442