

DRÊCHES D'ORGE

PROVENANT DE LA FABRICATION DE WHISKY OU D'ÉTHANOL À PARTIR DES GRAINS D'ORGE, LES COPRODUITS DE CETTE CÉRÉALE PEUVENT ÊTRE NOMBREUX ET VARIÉS EN FONCTION DU PROCESS D'ORIGINE. ILS SONT EN GÉNÉRAL RICHES EN PROTÉINES ET EN FIBRES. LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE PEUT VARIER EN FONCTION DU PROCESS.

AUTRES NOMS COMMUNS

Drêches de malt, drêches d'orge, Drêches d'orge sombres, drêches de malt sombres, drêches sombres d'orge de distillerie déshydratées, Drêches d'orge de distillerie



Description

La production d'alcool à partir de grains d'orge donne différents coproduits en fonction du procédé utilisé.

Coproduits du whisky

Une source importante de coproduits d'orge de distillerie est la production de whisky de malt, généralement obtenu à base d'orge maltée (le whisky de malt peut également être obtenu avec du seigle) (Russell et al., 2014). La production de whisky peut utiliser de l'orge maltée en combinaison avec des grains non maltés (maïs, blé, seigle...), et donne des coproduits contenant jusqu'à 15% de résidus d'orge (qui ne sont pas traités dans cette fiche) (Miller, 1969 ; Gizzi et al., 2001). La qualité des coproduits d'orge de distillerie dépend du processus de maltage et de l'extraction que le malt subit pendant la distillation. Le procédé général est le suivant :

- Germination : les enzymes réduisent l'amidon en sucres solubles et fermentescibles.
- Touraillage : le grain germé est séché et transformé en malt.
- Brassage : le malt broyé est immergé dans l'eau chaude, puis filtré de telle sorte que les sucres solubles sont extraits, ce qui donne un liquide riche en sucre, le moût.
- Ensuite, le moût est refroidi puis distillé, ce qui produit l'alcool. Un coproduit liquide, le « pot ale », est évaporé pour produire du sirop de « pot ale » (pot ale syrup en anglais).

La production de whisky de malt donne plusieurs coproduits utilisés en alimentation animale :

- **Les distillats de malt**, également appelés **drêches de malt**, sont les résidus humides d'orge maltée obtenus après brassage. Contrai-

rement aux drêches de maïs ou de blé qui résultent de la production de whisky de grain ou d'éthanol destiné aux carburants, les drêches de malt sont produites avant la distillation, juste après le brassage, et sont donc comparables aux drêches de brasserie. Ces produits humides sont vendus directement par les distilleries aux fermes, ou mélangés avec d'autres coproduits à un stade ultérieur. Les drêches de malt en excès qui ne sont pas consommées par le bétail sont souvent ensilées avec de l'herbe, pendant l'été, pour l'hiver suivant (Miller, 1969 ; Bell et al., 2012).

- **Le sirop de « pot ale »** est le liquide résiduel concentré obtenu après distillation. Il contient de la levure, des résidus de levure, des protéines et des sucres solubles. C'est un sirop visqueux de couleur marron à brun très foncé, qui ressemble à de la mélasse. Cet aliment riche en protéines a été largement utilisé seul, mais, depuis les années 1960, il est généralement mélangé avec les drêches de malt (Crawshaw, 2004).
- **Les drêches sombres de malt**, également appelées drêches d'orge sombres, sont obtenues en mélangeant les drêches et le sirop de « pot ale », puis en séchant et en granulant le mélange. Les drêches sombres de malt ont une composition variable, mais elles sont généralement plus riches en protéines que les drêches classiques, en raison de l'ajout du sirop. Au Royaume-Uni, les installations de séchage mélangent des matériaux provenant de différentes distilleries (Crawshaw, 2004).

Les drêches ont une longue histoire dans l'alimentation des animaux et sont utilisées pour le bétail en Ecosse depuis la fin du 18ème siècle (Russell et al., 2014). Bien que les produits humides (drêches et sirop de « pot ale ») soient encore largement utilisés, les drêches sombres sont maintenant la principale forme sous laquelle les coproduits de distilleries de malt sont vendus (Crawshaw, 2004). L'augmentation des coûts de séchage a cependant provoqué un regain d'intérêt pour la commercialisation de drêches humides comme par le passé (McKendrick et al., 2003).

Coproduits de production d'éthanol

Les drêches d'orge provenant de la production d'éthanol-carburant subissent les mêmes transformations que les autres drêches. Les grains d'orge moulus sont mélangés avec de l'eau et des enzymes (amylases) pour produire un moût, siège de l'hydrolyse de l'amidon (étape de liquéfaction). Les enzymes sont ajoutées au moût pour transformer l'amidon en dextrose (étape de saccharification). Après saccharification, la levure est ajoutée pour démarrer le processus de fermentation, ce qui produit une « bière » et du CO₂. La bière passe par une colonne de distillation en continu : l'alcool sort en tête de colonne. Le produit qui reste au fond (vinasse intégrale) est centrifugé et donne des drêches humides et de la vinasse. Les drêches humides peuvent être directement offertes au bétail. Elles peuvent aussi être séchées pour produire des drêches d'orge déshydratées. Les vinasses peuvent être vendues comme aliment humide, ou être déshydratées pour produire des solubles de distillerie condensés. Les solubles de distillerie condensés et les drêches de distillerie sont souvent mélangés ensemble pour préparer des « drêches et solubles », humides ou déshydratés (WDGS ou DDGS) (Mosier et al., 2006).

Tandis que les drêches de maïs et de blé sont couramment utilisées pour la production d'éthanol, l'utilisation d'orge pour la production d'éthanol a été limitée en raison de sa

faible teneur en amidon et de sa forte teneur en fibres (qui provoquent des problèmes d'écoulement), de la nature abrasive des enveloppes (haute teneur en silice) et de la présence de β -glucanes (qui augmentent la viscosité du moût) (Hicks et al., 2005). Des expériences avec addition d'enzymes, retrait des enveloppes et du son avant la fermentation, et utilisation de variétés riches en amidon ont démontré que l'orge peut être plus largement utilisée comme substrat potentiel pour l'éthanol. La littérature scientifique sur les drêches d'orge se réfère souvent à des mélanges ou à des produits expérimentaux (Kalscheur et al., 2012).

Remarque : la nomenclature des coproduits de distillerie d'orge est complexe et prête souvent à confusion. Le produit appelé drêche de malt ne contient pas de sirop issu de la distillation, à la différence des drêches obtenues par des procédés de distillerie à base de céréales non maltées. Dans cette fiche, le terme « drêche » est utilisé comme synonyme pour les drêches de malt, mais c'est aussi le nom utilisé pour le coproduit correspondant en brasserie. Lors de la lecture de la littérature scientifique, le lecteur doit être conscient que les drêches d'orge peuvent se référer aux drêches de malt comme aux drêches d'orge de distillerie provenant de la production d'éthanol.

Distribution

Coproduits de whisky

Les drêches de malt, le sirop de « pot ale » et les drêches sombres sont disponibles dans les zones où le whisky de malt est produit à partir d'orge maltée, et notamment en Ecosse et en Irlande, où l'orge est utilisée presque exclusi-

vement. Le whisky de malt produit à d'autres endroits (États-Unis, Japon, Inde) peut utiliser d'autres céréales comme le seigle (Russell et al., 2014).

Les coproduits de production d'éthanol

Aux États-Unis, la première installation commerciale produisant de l'éthanol-carburant à partir d'orge était censée ouvrir en 2011, mais le propriétaire a fermé l'usine avant de commencer la production. L'usine a rouvert en 2014, mais elle utilise du maïs comme matière première (Burke, 2012 ; Peacemaker 2014). L'orge est utilisée comme substrat unique pour la production d'éthanol depuis les années

1990, en particulier en Espagne et en Finlande. Cependant, au moment de la rédaction de cette fiche, l'orge est encore une matière première mineure pour la production d'éthanol : utilisée principalement en Europe et aux États-Unis, elle est toujours mélangée avec d'autres céréales (Kalscheur et al., 2012). Les drêches d'orge résultant exclusivement de la production d'éthanol à base d'orge sont donc rares.

Procédés de transformation

Ensilage de drêches de malt fraîches

Les drêches de malt fraîches sont souvent ensilées pour une utilisation ultérieure. Ce produit est relativement acide et s'ensile facilement. L'ensilage de drêches de malt avec de la pulpe de betterave à sucre déshydratée a réduit la pro-

duction d'effluents. Par exemple, un ensilage constitué de drêches et de 150 kg/t de pulpe de betterave sucrière séchée et mélassée a perdu seulement 6 % MS contre 13 % pour un ensilage de drêches seules (Crawshaw, 2004).

Séchage des drêches de malt en climat tropical

Les drêches de malt fraîches produites dans les pays tropicaux ont une durée de conservation courte (3-7 jours). En Inde, elles peuvent être conservées en toute sécurité avec un séchage au soleil durant 18-24 h, en particulier lorsque

les drêches de malt ont été mélangées avec des déchets de manioc («thippi de manioc»). Un traitement avec 2 % d'acide propionique est efficace pour une conservation à court terme (7 jours) (Geetha et al., 2009).

Sirop de « pot ale »

Le sirop de « pot ale » a un pH bas d'environ 3.5, et il est généralement stable. Cependant, une mauvaise stérilisation, due à des températures d'évaporation trop basses, peut

conduire à une dégradation microbienne et à la production de gaz. De l'acide propionique est parfois ajouté pour stabiliser le produit (Crawshaw, 2004).

Caractéristiques nutritionnelles

Drêches

Les drêches contiennent environ 70-80% d'eau. Elles sont riches en protéines (17-23 % MS), ont une teneur élevée en fibres (NDF à plus de 60 % MS) et une teneur en huile relativement élevée (plus de 8 % MS). Elles sont pauvres en amidon et en sucres. Au cours du brassage, de nombreux minéraux solubles, notamment le sodium, le magnésium et

le potassium sont extraits du grain d'orge, ce qui fait des drêches des coproduits déficitaires en minéraux et nécessitant une complémentation lorsqu'elles sont utilisées en grandes quantités pour l'alimentation des ruminants (Crawshaw, 2004).

Sirop de « pot ale »

Le sirop est un produit visqueux contenant environ 30-50 % de MS. Sa teneur en protéines est assez élevée (34-38 % MS). Il contient peu de fibres, d'huile, d'amidon et de sucres fermentescibles, mais est riche en sucres complexes non fermentescibles provenant des parois cellulaires d'orge et de levure. Il contient de grandes quantités d'acide lactique (10

% MS) et de cendres (9-11 % MS). Ces dernières contiennent une quantité importante de phosphore (de 1,6 à 2,2 g/kg MS), avec une proportion potentiellement très faible (5 %) de phosphore phytique, en raison de la présence de phytase dans l'orge maltée et la levure (Crawshaw, 2004).

Drêches sombres de malt

Les drêches sombres de malt ont une meilleure qualité nutritionnelle que les drêches de malt car elles contiennent plus de protéines (24-31 % MS) et moins de fibres, bien

que leur contenu en NDF puisse être supérieur à 40 % MS (Crawshaw, 2004).

Drêches d'orge de distillerie issues de la production d'éthanol

Le manque d'homogénéité dans les processus de fermentation et de distillerie se traduit par une grande variabilité dans la composition des drêches d'orge, en particulier pour les protéines (15 à 32 % MS) et les fibres (NDF 38-79 % MS) (Kalscheur et al., 2012). Des usines pilotes de production d'éthanol ont également produit des drêches d'orge riches en

protéines (50 % MS) (Valaja et al., 1995). Dans une comparaison de drêches d'orge produites dans une usine d'éthanol pilote, les drêches des variétés d'orge sans enveloppes ont montré des teneurs en protéines de 35-36 % contre 24 % pour les drêches de variétés décortiquées (Ingledew et al., 1995).

Tableau 1 : Principaux constituants des drêches d'orge de distillerie

Constituants organiques	Matière sèche (% sur brut)	90,9
	Protéines brutes (% MS)	26,3
	Cellulose brute (% MS)	16,3
	NDF (% MS)	57,0
	ADF (% MS)	22,0
	Lignine (% MS)	5,6
	Matières grasses brutes (% MS)	6,5
	Matières grasses hydrolyse (% MS)	8,6
	Cendres (% MS)	4,5
	Amidon (% MS)	6,4
	Sucres totaux (% MS)	1,3
	Energie brute (kcal/kg MS)	4 850
Minéraux	Calcium (g/kg MS)	2,5
	Phosphore (g/kg MS)	5,9
	Potassium (g/kg MS)	5,0
	Sodium (g/kg MS)	0,27
	Magnésium (g/kg MS)	2,5
	Manganèse (mg/kg MS)	47
	Zinc (mg/kg MS)	89
	Cuivre (mg/kg MS)	19
	Fer (mg/kg MS)	130
Acides aminés	Alanine (g/kg MS)	12,3 (soit 4,8 g/16 gN)
	Arginine (g/kg MS)	12,0 (soit 4,4 g/16 gN)
	Acide aspartique (g/kg MS)	17,7 (soit 5,9 g/16 gN)
	Cystine (g/kg MS)	4,2 (soit 1,8 g/16 gN)
	Acide glutamique (g/kg MS)	47,7 (soit 19,9 g/16 gN)
	Glycine (g/kg MS)	9,9 (soit 3,4 g/16 gN)
	Histidine (g/kg MS)	5,6 (soit 1,8 g/16 gN)
	Isoleucine (g/kg MS)	9,4 (soit 4,0 g/16 gN)
	Leucine (g/kg MS)	18,1 (soit 8,2 g/16 gN)
	Lysine (g/kg MS)	9,0 (soit 3,0 g/16 gN)
	Méthionine (g/kg MS)	3,9 (soit 1,5 g/16 gN)
	Phénylalanine (g/kg MS)	11,6 (soit 5,3 g/16 gN)
	Proline (g/kg MS)	21,8 (soit 8,8 g/16 gN)
	Sérine (g/kg MS)	10,4 (soit 4,0 g/16 gN)
	Thréonine (g/kg MS)	9,0 (soit 3,2 g/16 gN)
	Tryptophane (g/kg MS)	2,9 (soit 1,2 g/16 gN)
	Tyrosine (g/kg MS)	7,6 (soit 3,5 g/16 gN)
	Valine (g/kg MS)	12,6 (soit 4,8 g/16 gN)

Contraintes potentielles

Toxicité du cuivre dans les coproduits de whisky

Certaines distilleries de whisky traditionnelles utilisent des alambics et de la tuyauterie en cuivre (plutôt qu'en acier inoxydable), et leurs coproduits ont tendance à contenir des niveaux élevés de Cu. Le sirop de « pot ale » et les drêches sombres en contiennent environ 80-120 mg/kg et 40-60 mg/kg MS, respectivement. Les drêches ont des teneurs en Cu relativement faibles (12-18 mg/kg), car elles sont produites avant la distillation (Lewis, 2002). Une étude a comparé la disponibilité en Cu pour les ovins (estimée en mesurant l'accumulation dans le foie) du sulfate de cuivre, du sirop, des drêches sombres de blé et des drêches sombres d'orge. La disponibilité en cuivre pour les drêches sombres était similaire à celle du sulfate de cuivre (5-6 %), tandis que le cuivre provenant du sirop était beaucoup moins biodisponible (1 %) (Sutter et al., 1996). Cela peut expliquer pourquoi, en dépit de sa forte teneur en cuivre, le sirop peut être offert aux ovins en quantités relativement importantes, et ce

sans problèmes apparents de toxicité (Lewis, 2002 ; Crawshaw, 2004).

En règle générale, les coproduits de la fabrication de whisky de malt peuvent alimenter les bovins, mais une toxicité létale du Cu a été rapportée chez des veaux nourris avec du sirop à raison de 5 litres/tête/jour (Sargison et al., 1996). Les coproduits du whisky de malt peuvent être utilisés pour les races non-sensibles de moutons, mais pas pour des moutons nourris en bergerie ou pendant des périodes prolongées. Il est préférable de vérifier les teneurs en Cu de ces produits, et de mélanger dans la ration les matières premières riches en cuivre avec des matières premières à faible teneur en Cu (Lewis, 2002 ; Crawshaw, 2004).

Le cuivre n'est pas une contrainte dans le cadre de la production d'éthanol industriel car les installations modernes ne sont pas en cuivre.

Ruminants

Coproduits du whisky de malt

Les drêches de malt fraîches, le sirop de « pot ale » et les drêches sombres déshydratées font partie de la ration traditionnelle des ruminants en Ecosse et en Irlande. Toutefois,

l'utilisation de drêches déshydratées est de plus en plus fréquente (Crawshaw, 2004).

●● Drêches

Les drêches ont une digestibilité de la MO modérée (environ 50-54 %), en raison de leur forte concentration en fibres. Leur valeur énergétique est discutée, avec des valeurs d'EM de l'ordre de 2150-2870 kcal/kg MS (Crawshaw, 2004).

Les drêches sont offertes fraîches ou ensilées pour une utilisation ultérieure. En raison de leur faible apport en glucides disponibles, les drêches ne modifient pas l'acidité du rumen et peuvent être offertes ad libitum aux bovins et aux ovins. Des performances plus élevées peuvent être attendues lorsque les drêches sont mélangées dans la ration avec une source d'énergie comme des céréales. Un taux d'incorporation maximum de 30 % (base MS) dans la ration est recommandé (Crawshaw, 2004). Un apport de minéraux est généralement bénéfique pour les ruminants recevant un régime à base de drêches. Cet apport minéral a augmenté l'ingestion pour des moutons nourris exclusivement de drêches à un niveau d'entretien (Crawshaw, 2004). La complémentation minérale avec des sels de calcium ou de magnésium a augmenté la digestibilité de la ration, probablement en raison

d'interactions entre les minéraux et les matières grasses présentes en quantité relativement élevée dans les drêches (El Hag et al., 1969 ; El Hag et al., 1972).

En Ecosse, des mélanges de drêches et de pulpe de betterave mélassée ont donné de bons résultats pour les vaches laitières, les bovins de boucherie et les agneaux (Crawshaw, 2004). Avec des vaches laitières à rendements modérés, des mélanges ensilés de drêches et de pulpe de betterave sucrière mélassée ont remplacé jusqu'à 5 kg/j (base MS) d'un concentré à base de céréales, sans altérer les performances. Cet ensilage de pulpe de betterave sucrière mélassée et de drêches, mélangé avec de la paille, a remplacé l'ensilage d'herbe dans la ration des vaches en milieu de lactation (McKendrick et al., 2003). Les drêches additionnées de minéraux ont remplacé jusqu'à 30 % (base MS, soit 25 kg/j en matière fraîche) de la combinaison orge/tourteau de soja dans les rations à base d'ensilage d'herbe, sans diminuer l'ingestion ni la production de lait (Hyslop et al., 1989). Pour les bovins de boucherie, des gains de poids supérieurs

à 1 kg/j ont été rapportés avec des animaux nourris uniquement de drêches additionnées de minéraux. Des vaches à viande ont aussi reçu une ration de 15 kg de drêches et 8 kg de paille (plus des vitamines et minéraux) (Crawshaw, 2004). En Ecosse, un essai sur des agneaux et moutons adultes a donné des résultats mitigés. Nourrir des brebis gestantes avec des drêches additionnées de minéraux comme seul aliment a provoqué des cas de prolapsus vaginal. Un libre accès aux drêches a entraîné des troubles alimentaires et de l'obésité chez les brebis nécessitant une assistance accrue à l'agnelage. Le maximum recommandé était de 1 kg/j de drêches par 25 kg de poids vif en association avec de l'orge

●● Sirop de « pot ale »

Le sirop est très agréable au goût et très digeste pour les ruminants, avec une digestibilité *in vivo* de la MO comprise entre 89 % et 93 %. Les valeurs d'EM estimées vont de 3390 à 3730 kcal/kg MS. Le sirop est utilisé de différentes manières pour l'alimentation des ruminants. Il peut être versé sur du foin ou de la paille, distribué dans les mangeoires, ou incorporé dans des aliments complets. Le sirop pourrait

au cours des 4 dernières semaines de gestation, en prenant garde à l'état des brebis et avec une bonne surveillance de l'agnelage. Chez les agneaux en finition, les drêches minéralisées utilisées comme aliment unique ont donné une croissance médiocre. L'utilisation optimale des drêches pour la finition des agneaux correspond à 1 kg/j par 10 kg de poids vif, avec addition minéraux et de 0,3 kg/j de céréales. Quand les drêches sont utilisées à la place de concentrés pour compléter l'ensilage, leur forte teneur en NDF conduit à une ingestion d'ensilage et un gain de poids vif réduits, ce qui en fait un système de finition alimentaire efficace mais lent (Vipond et al., 1995).

contenir un facteur, probablement lié à la levure, qui stimule les bactéries cellulolytiques, et améliore ainsi la digestibilité des fourrages grossiers (Crawshaw, 2004). En Ecosse, des expériences sur bouvillons en croissance (200 kg) et génisses (350 kg) ont montré que des quantités modérées (jusqu'à 2 kg/jour) de sirop préservent voire améliorent les performances des animaux (Topps et al., 1979).

●● Drêches sombres de malt

Les drêches sombres de malt ont une digestibilité de la MO de 65-69 % et une valeur d'EM de 2870-3105 kcal/kg MS (Gizzi et al., 2001). La valeur protéique des drêches sombres de malt pour les ruminants est discutée, puisque les drêches contiennent des protéines insolubles, tandis que le sirop contient des protéines solubles. Un taux d'inclusion maximum de 35 % (base MS) dans la ration est recommandé (Craw-

shaw, 2004). Pour les vaches laitières nourries à l'ensilage et supplémentées avec un aliment composé classique, les drêches sombres de malt ont pu remplacer 7 kg de l'aliment composé, entraînant une augmentation de la production de lait et de protéines de lait, et une légère diminution de la teneur en matière grasse du lait (McKendrick et al., 1992).

Coproduits de la production d'éthanol

La dégradabilité *in situ* de la MS de drêches de distillerie contenant 70 % d'orge était inférieure à celle de drêches de blé de distillerie (44 contre 52 %). La digestibilité *in situ* des protéines de ces drêches était légèrement plus faible (62 contre 65%), mais la fraction soluble était beaucoup plus faible pour les drêches d'orge, en raison d'une teneur en protéine insoluble (N-ADF) plus élevée, ce qui peut réduire la qualité de la fraction non dégradée (Mustafa et al., 2000a).

Une comparaison entre des drêches de distillerie humides obtenues en laboratoire à partir d'orge, de blé et de maïs a montré que les drêches d'orge avaient une valeur nutritive pour les ruminants inférieure à celle des autres drêches (blé et maïs), puisqu'elles présentaient des dégradabilités *in situ* plus basses pour la MS, les protéines brutes et le NDF (Mustafa et al., 2000b).

●● Vaches laitières

Aux États-Unis, des drêches d'orge de distillerie déshydratées produites à partir d'un mélange de 65 % d'orge et 35% de maïs ont été offertes à des vaches laitières comme supplément protéique (à 12,5 % ou 4,5 % du régime (base MS)). Elles n'ont pas eu d'effet sur la production de lait, sur le taux de matière grasse du lait ou sur l'ingestion de MS, mais la teneur en protéines du lait a diminué. Les drêches d'orge de distillerie déshydratées sont donc considérées comme une source de protéines acceptable pour les vaches laitières (Weiss et

al., 1989). En Finlande, pour des vaches laitières recevant de l'ensilage d'herbe et un concentré à base de céréales, le remplacement d'une partie du concentré par 1,5 kg/j de drêches d'orge déshydratées n'a eu aucun effet sur la performance laitière, mais le rendement en lait et en protéines du lait a augmenté lorsque les drêches ont été traitées au formaldéhyde. Les drêches ainsi traitées ont donné des résultats proches de ceux obtenus avec des tourteaux de colza utilisés comme supplément protéique (Huhtanen et al., 1991).

●● Bovins viande

Aux États-Unis, une comparaison entre drêches d'orge de distillerie et tourteau de soja incorporés dans des rations isoprotéiques à base de fourrage visant soit à amener des veaux sevrés à un poids de 400 kg, soit à constituer une ration de finition, n'ont pas mis en évidence de différences de performances entre les animaux à l'herbe, que ce soit des bouvillons ou des génisses. Néanmoins les bouvillons recevant du tourteau de soja ont eu des gains de poids plus rapides, et

il a été conclu que le tourteau de soja devrait être préféré quand des gains supérieurs à 1.4 kg sont souhaités. Pour les génisses à l'herbe, le tourteau de soja et les drêches d'orge de distillerie peuvent se remplacer mutuellement sur base de leur teneur en protéines, avec un léger avantage pour les drêches d'orge de distillerie en termes d'efficacité alimentaire (Landblom et al., 1988).

Tableau 2 : Valeurs alimentaires des drêches d'orge de distillerie déshydratées destinées aux ruminants

Digestibilité de la matière organique (%)	62,0
Digestibilité de l'énergie (%)	63,2
Energie digestible (kcal/kg MS)	3 020
Energie métabolisable (kcal/kg MS)	2 390
UFL (/kg MS)	0,82
UFV (/kg MS)	0,73
Digestibilité de l'azote (%)	70,0
Dégradabilité théorique de l'azote (k=6%) (%)	44
Digestibilité intestinale de l'azote (%)	84
PDIA (g/kg MS)	137
PDIN (g/kg MS)	194
PDIE (g/kg MS)	172



Coproduits du whisky de malt

Les drêches et drêches d'orge sombres ne sont pas idéales pour l'alimentation des porcs en raison de leur faible teneur en lysine et de leur richesse en fibres. Le sirop a été testé

avec succès en Ecosse. Il a pu remplacer jusqu'à 30 % (base MS) d'une ration à base d'orge et de tourteau de soja, sans affecter les performances des porcs (Crawshaw, 2004).

Coproduits de la production d'éthanol

Il existe très peu d'informations sur l'utilisation pour les porcs des drêches d'orge de distillerie issues de la production d'éthanol. Ces produits ont été étudiés en Finlande dans les années 1980-1990 : les études ont conclu que les drêches d'orge avaient une teneur en lysine faible et une teneur en fibres élevée, caractéristiques indésirables pour l'alimentation des porcs. Les grandes variations de composition étaient également problématiques pour la formulation des régimes. Ces produits ne deviennent potentiellement utiles que lorsqu'ils sont supplémentés en lysine et après extraction des fibres (Valaja et al., 1995).

Des porcs en croissance (25 à 105 kg) ont reçu des régimes isoprotéiques supplémentés en lysine dans lesquels

une partie du tourteau de soja a été remplacée par des solides de drêches d'orge de distillerie humides, un coproduit contenant 50 % de protéines (base MS). Le gain de poids quotidien et le taux de conversion alimentaire sont restés identiques jusqu'à un taux de remplacement du tourteau de soja par les drêches d'orge de distillerie de 33 %, mais ces deux indicateurs ont diminué de façon linéaire lorsque des quantités plus élevées de drêches d'orge ont été ajoutées aux régimes. La teneur en viande maigre diminue à mesure que la teneur en drêches d'orge augmente, mais aucune différence organoleptique n'a été mise en évidence. Un taux d'incorporation de 10 % (base MS) de drêches d'orge a été possible (Valaja et al., 1995).

Tableau 3 : Valeurs alimentaires des drêches d'orge de distillerie destinées aux porcs

Digestibilité de l'énergie (porc croissance) (%)	53,0
Energie digestible (porc croissance) (kcal/kg MS)	2 570
Energie métabolisable (porc croissance) (kcal/kg MS)	2 370
Energie nette (porc croissance) (kcal/kg MS)	1 630
Digestibilité fécale de l'azote (porc croissance) (%)	77,0
Digestibilité de l'énergie (porc adulte) (%)	58,0
Energie digestible (porc adulte) (kcal/kg MS)	2 820
Energie métabolisable (porc adulte) (kcal/kg MS)	2 560
Energie nette (porc adulte) (kcal/kg MS)	1 750
Digestibilité fécale de l'azote (porc adulte) (%)	83,0



Coproduits de la production d'éthanol

La littérature sur l'utilisation des drêches d'orge de distillerie en volaille est limitée. En Suède, des drêches d'orge de distillerie, avec ou sans décorticage préalable, obtenues dans une usine d'éthanol pilote ont été introduites à raison de 20 % du régime de poulets de chair (en remplacement du blé) avec ou sans β -glucanase. Elles n'ont pas modifié

significativement le taux de croissance des animaux. Les drêches d'orge décortiquées, très visqueuses, n'ont pas diminué significativement la valeur nutritive, mais l'addition de β -glucanase à titre de précaution a semblé appropriée pour diminuer la viscosité de la ration (Pettersson et al., 1987).

Tableau 4 : Valeurs alimentaires des drêches d'orge de distillerie destinées aux volailles

Energie métabolisable (coq) (kcal/kg MS)	2 160
Energie métabolisable (poulet) (kcal/kg MS)	2 110

- Alagon, G. ; Arce, O. N. ; Martinez-Paredes, E. ; Rodenas, L. ; Cervera, C. ; Pascual, J. J., 2014. Effect of inclusion of distillers dried grains and solubles from barley, wheat and corn in isonutritive diets on the performance and caecal environment of growing rabbits. *World Rabbit Science*, 22 (3): 195-205
- ASAIM, 2006. Swine Nutrition and Management. Technical Report Series, American Soybean Association International Marketing South East Asia, Singapore
- Bell, J. ; Morgan, C. ; Dick, G. ; Reid, G., 2012. Distillery feed by-products briefing. An AA211 Special Economic Study for the Scottish Government, SAC Consulting
- Burke, R., 2012. A cautionary tale. Enough barley, but not enough capital, for ethanol plant in Hopewell. *Virginia Business*, March 28, 2012
- Castle, M. E. ; Watson, J. N., 1982. A mixture of malt distillers grains (draff) and pot ale syrup as a food for dairy-cows. *Anim. Prod.*, 35 (2): 263-267
- Crawshaw, R., 2004. Co-product feeds: animal feeds from the food and drinks industries. Nottingham University Press
- Dijkstra, N. D., 1958. Digestibility and feeding value of Dutch distillers' wet grains. *Versl. Landbouwk. Onderz.*, 64: 1
- El Hag, G. A. ; Miller, T. B., 1969. Evaluation of whisky distillery by-products. II. Studies on the in vitro digestibility of malt distiller's grains. *J. Sci. Food Agric.*, 20 (8): 481-484
- El Hag, G. A. ; Miller, T. B., 1972. Evaluation of whisky distillery by-products. VI. The reduction in digestibility of malt distiller's grains by fatty acids and the interaction with calcium and other reversal agents. *J. Sci. Food Agric.*, 23 (2): 247-258
- Geetha, P. ; Valli, C. ; Balakrishnan, V., 2009. Evolving effective preservation technique for distiller's grain. *Tamilnadu J. Vet. Anim. Sci.*, 5 (5): 186-193
- Gizzi, G. ; Givens, D. I., 2001. Distillers' dark grains in ruminant nutrition. *Nut. Abstr. Rev. Series B*, 71 (10): 1R-19R
- Hicks, K. B. ; Flores, R. A. ; Taylor, F. ; McAloon, A. J. ; Moreau, R. A. ; Johnston, D. B. ; Senske, G. E. ; Brooks, W. S. ; Griffey, C. A., 2005. Current and potential use of barley in fuel ethanol production. 2005 EWW/SSGW Conference, May 9-12, Bowling Green, KY
- Huhtanen, P. ; Khalili, H. ; Näsi, M., 1991. A comparison of untreated and formaldehyde-treated barley distiller's solubles and rapeseed meal as protein supplements in dairy cows given grass silage ad libitum. *J. Agric. Sci. Finland*, 63 (5): 455-463
- Hyslop, J. J. ; Roberts, D. J., 1989. Effects of replacing barley/soya with malt distillers grains (draff) in silage-based complete diets for dairy cows. *Anim. Prod.*, 48 (3): 636 (abstract N° 64)
- Ingledew, W. M. ; Jones, A. M. ; Bhatti, R. S. ; Rosnagel, B. G., 1995. Fuel alcohol production from hull-less barley. *Cereal Chem.*, 72 (2): 147-150
- Kalscheur, K. F. ; Garcia, A. D. ; Schingoethe, D. J. ; Diaz Royón, F. ; Hippen, A. R., 2012. Feeding biofuel co-products to dairy cattle. In: Makkar, H. (Ed.), *Biofuel co-products as livestock feed: Opportunities and challenges*, Chapter 7: 115-154
- Kazemi, M. ; Tahmasbi, A. M. ; Valizadeh, R. ; Mesgaran, M. D. ; Naserian, A. A., 2009. Effect of ensiled barley distillers' grains for Holstein dairy cows. *J. Anim. Vet. Adv.*, 8 (4): 807-813
- Landblom, D. G. ; Nelson, J. L. ; Johnson, L. ; Slinger, W. D., 1988. A comparison of barley distillers dried grain, sunflower oil meal and soybean oil meal as protein supplements in backgrounding rations. *North Dakota Farm Research*, 46 (2): 12-13
- Lewis, M., 2002. Distillery feeds and copper. Organic farming technical summary, Scottish Agricultural College
- McKendrick, E. ; Hyslop, J. J., 1992. A comparison of distillers' dark grains with proprietary concentrate for milk production. *Anim. Prod.*, 54 (3): 464 (abstract N° 62)
- McKendrick, E. J. ; Roberts, D. J. ; Offer, N. W., 2003. The value of malt distillers' grains ensiled with molassed sugar beet pellets as a feed for dairy cows. *Grass and Forage Sci.*, 58 (3): 287-294
- Miller, T. B. ; El-Hag, G. A. ; Pratt, G., 1970. Evaluation of whisky distillery by-products. III. Effect of calcium supplements on the digestibility and intake of ruminant diets containing malt distiller's grains. *J. Sci. Food Agric.*, 21 (1): 19-26
- Miller, T. B., 1969. Evaluation of whisky distillery by-products. I. Chemical composition and losses during transport and storage of malt distiller's grains. *J. Sci. Food Agric.*, 20 (8): 481-484
- Mirzaei-Aghsaghali, A. ; Maheri-Sis, N., 2008. Nutritive value of some agro-industrial by-products for ruminants - A review. *World J. Zool.*, 3 (2): 40-46
- Mosier, N. ; Ileleji, K., 2006. How fuel ethanol is made from corn. Purdue University, ID-328. Department of Agricultural and Biological Engineering
- Mustafa, A. F. ; McKinnon, J. J. ; Christensen, D. A., 2000. Chemical characterization and in situ nutrient degradability of wet distillers' grains derived from barley-based ethanol production. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 83 (3-4): 301-311
- Mustafa, A. F. ; McKinnon, J. J. ; Ingledew, M. W. ; Christensen, D. A., 2000. The nutritive value for ruminants of thin stillage and distillers' grains derived from wheat, rye, triticale and barley. *J. Sci. Food Agric.*, 80 (5): 607-613
- Näsi, M., 1984. Evaluation of barley distillers dried grains with soluble, and condensed distillers solubles in the diet of growing pigs. *J. Agric. Sci. Finl*, 56: 221-226
- Newman, C. W. ; Roth, N. J. L. ; Watts, G. H., 1989. Evaluation of barley distillers dried grain: protein quality of unprocessed and milled fractions. *Nutr. Rep. Int.*, 39 (2): 421-431

- Peacemaker, J., 2014. Officials gather to celebrate opening of ethanol plant. The Hopewell News, Sep 23, 2014
- Pettersson, D. ; Hesselman, K. ; Aman, P., 1987. Nutritional value for chickens of dried distillers-spent-grain from barley and dehulled barley. Anim. Feed Sci. Technol., 17 (2): 145-156
- Phillips, C. J. C., 2004. The effects of forage provision and group size on the behavior of calves. J. Dairy Sci., 87 (5): 1380-1388
- Reveron, A. E. ; Topps, J. H. ; Miller, T. B. ; Pratt, G., 1971. Evaluation of whisky distillery by-products. V. Energy value of malt distiller's grains assessed by a modified comparative slaughter technique with lambs. J. Sci. Food Agric., 22 (2): 60-64
- Russell, I. ; Steward, G., 2014. Whisky: Technology, production and marketing. Academic Press, 2nd Edition, 414 p.
- Sargison, N. D. ; Scott, P. R., 1996. The diagnosis and treatment of chronic copper poisoning in 4- to 12-week-old single-suckled calves. Agri-Practice, 17 (3/4): 36-40
- Sheehan, W. ; Topps, J. H. ; Miller, T. B., 1970. Evaluation of whisky distillery by-products. IV. Evaporated spent wash as a supplementary food with low-quality roughages for cattle. J. Sci. Food Agric., 21 (3): 136-139
- Suttle, N. ; Brebner, J. ; Pass, R., 1996. A comparison of the availability of copper in four whisky distillery by-products with that in copper sulphate for lambs. Proc. Br. Soc. Anim. Sci., p. 246 (abstract)
- Topps, J. H. ; Mohamed, W. Z., 1979. Pot ale syrup as a protein-supplement for cattle. Anim. Prod., 28 (3): 430 (Abstract N° 40)
- Valaja, J. ; Alaviuhkola, T. ; Siljander-Rasi, H., 1995. Wet barley distillers solids as a protein source for growing pigs. Anim. Feed Sci. Technol., 51 (3/4): 193-202
- Vipond, J. E. ; Lewis, M. ; Horgan, G. ; Noble, R. C., 1995. Malt distillers grains as a component of diets for ewes and lambs and its effects on carcass tissue lipid composition. Anim. Feed Sci. Technol., 54 (1/4): 65-79
- Wainman, F. W. ; Dewey, P. J. S., 1982. The energy value to ruminants of malt distillers' draff, and of a mixture of draff and pot ale syrup. Anim. Prod., 34 (3): 325-328
- Weiss, W. P. ; Erickson, D. O. ; Erickson, G. M. ; Fisher, G. R., 1989. Barley distillers grains as a protein supplement for dairy cows. J. Dairy Sci., 72 (4): 980-987
- Wu, Y. V., 1986. Fractionation and characterization of protein-rich material from barley after alcohol distillation. Cereal Chem., 63: 142-145

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 Maigret (Institut de l'Élevage)
Sources : AFZ et Feedipedia (www.feedipedia.org) - **Réf IE :** 0023 302 021 - Avril 2023