

AMIDON

AMIDON
AMIDON + SUCRES

ADULT ENERG	
FR - Aliment granulé pour chevaux adultes au travail.	GB - P
Composition : Orge, Avoine, Luzerne 17 cheval, Graines de lin extrudées, Maïs sans OGM*, Tourteau de soja sans OGM*, Sépiolite, Lithotamne, Phosphate bicalcique, Oligo-éléments, Vitamines.	
* Garanti à 99.1 % - Céréales d'origine française	
Constituants analytiques Humidité..... 11.5 % Protéines brutes..... 12 % Matières grasses brutes..... 4 % Cellulose brute..... 9.5 % Cendres brutes..... 8 % Calcium..... 1 % Phosphore..... 0.5 % Magnésium..... 0.4 % Glucides (kg) Amidon..... 345 g Amidon + sucres..... 370 g Acides gras essentiels (kg) Acide linoléique (Omega 3)..... 10.5 g Acide linoléique (Omega 6)..... 10.5 g Acides aminés (kg) Lysine..... 5100 mg Méthionine..... 4450 mg Valéur de rationnement (d'après INRA 2012) UFC..... 0.95 MACD..... 84.5 g	Oligo-éléments (kg) Zinc (chlorure tri hydroxyde)..... 90 mg Cuivre (chlorure tri hydroxyde)..... 35 mg Manganèse (oxyde)..... 50 mg Fer (sulfate)..... 35 mg Iode (iodate de calcium)..... 0.5 mg Sélénium (séléénométhionine)..... 0.5 mg Vitamines (kg) Vitamine A..... 15000 UI Vitamine D3..... 1500 UI Vitamine E..... 400 mg Vitamine K3..... 3.5 mg Vitamine B1 (thiamine)..... 20 mg Vitamine B2 (riboflavine)..... 20 mg Vitamine B3 (PP ou niacine)..... 40 mg Vitamine B5 (acide pantothénique)..... 20 mg Vitamine B6 (pyridoxine)..... 10 mg Vitamine B8 (biotine)..... 0.5 mg Vitamine B9 (acide folique)..... 15 mg Vitamine B12 (cyanocobalamine)..... 0.15 mg
	Compo without Lithota * Guarant Nutrient ar Humidity... Crude pro Crude oil Crude fibr Ash..... Calcium... Phosphor Magnesi Carbohydr Starch... Starch + s Essential f Linolenic a Linoleic ac Amino ac Lysine... Threonine Methionin Rationing DE (Diges MACD...

L'amidon est la molécule de réserve énergétique chez les végétaux supérieurs, stockée dans les organes de réserves (graines, racines, tubercules, rhizomes et certains fruits) qui leur permet de survivre durant la mauvaise saison.

Il s'agit d'une des ressources caloriques principales pour l'espèce humaine (céréales, etc).

C'est également la première source énergétique du cheval à l'effort.

DÉFINITION

Glucide complexe composé de plusieurs molécules de glucose. C'est le composant principal des céréales.

% MATIÈRE BRUTE	AMIDON	SUCRES SIMPLES
Aliments REVERDY	1 - 37,5	2,0 - 6,5
Avoine	36,2	1,1
Orge	52,2	2,1
Maïs	64,1	1,6

Tableau : Teneurs en Amidon et en Sucres simples des céréales adaptées au cheval. Les teneurs de la gamme REVERDY sont données à titre comparatif (d'après INRA, 2ème édition, 2004).

UTILISATION

L'amidon est une **source énergétique polyvalente** pour le cheval athlète. Il est scindé en unités de glucose dans l'intestin grêle qui vont ensuite passer dans le sang. Elles peuvent être utilisées de différentes manières :

- Oxydées afin de produire directement de l'énergie,
- Stockées sous forme de glycogène musculaire et hépatique ou de lipides.

« L'amidon est la source énergétique de choix pour la synthèse de glycogène dans la mesure où sa digestion entraîne une augmentation de la glycémie* et de l'insulinémie*, deux des paramètres les plus importants impliqués dans la synthèse de glycogène ». (Pagan et al.1998)

* Glycémie = Concentration de glucose dans le sang

* Insulinémie = Concentration d'insuline dans le sang

Le **glycogène musculaire** est un carburant important :

- **Production d'énergie pendant l'effort**, ce qui favorise la performance,
- **Stockage dans le foie** : il sera ensuite utilisé pour produire du glucose qui sera libéré dans le sang durant le travail, ce qui est fondamental car le glucose est le seul carburant disponible pour le système nerveux central.

Cette régulation **prévient donc l'apparition d'une hypoglycémie durant l'effort** qui serait une cause potentielle de fatigue subite.

FACTEURS INFLUENÇANT LA DIGESTIBILITÉ DE L'AMIDON

SOURCES D'AMIDON

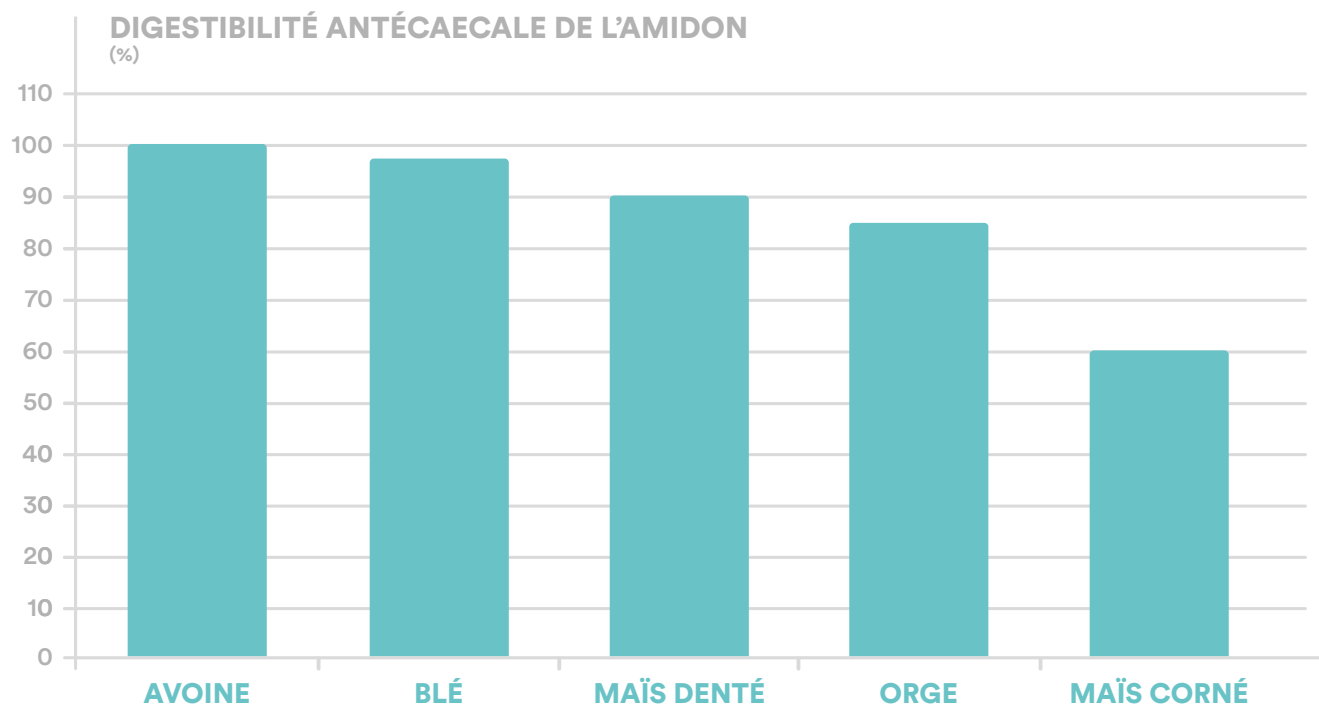
Bien que tous les amidons soient constitués de chaînes de glucose, **la façon dont la molécule d'amidon est construite est très différente d'une céréale à l'autre** (rapport amylose*/ amylopectine*, nature de l'endosperme*, etc.).

Cette différence dans l'architecture des différents types d'amidon a un impact important sur la manière dont ce dernier sera digéré dans l'intestin grêle des chevaux.

Parmi les céréales les plus couramment utilisées, **l'avoine contient la forme d'amidon la plus digeste, suivie de près par le blé, puis viennent l'orge et le maïs**. Concernant ce dernier, la digestibilité de son amidon dépend de la variété de maïs utilisée (cf. schéma ci-dessous). Aussi, **les variétés tardives** (dentées), majoritaires désormais en alimentation animale et utilisées dans nos aliments, **possèdent un amidon plus digeste** que celui des variétés précoces (cornées). De plus, les variétés dont l'amidon est pauvre en amylose sont les plus digestes. Ainsi, l'amidon de maïs de la variété Waxy dont la teneur en amylose est proche de 0% **présente une digestibilité supérieure à celle d'un amidon de maïs denté** contenant 25% d'amylose en moyenne. Ainsi, associé à un floconnage, un maïs Waxy permet d'apporter un amidon très digeste.

DIGESTIBILITÉ ANTÉCAECALE DE L'AMIDON EN FONCTION DE SA NATURE BOTANIQUE

(d'après Jevardat de Fombelle et al., 2003)



***Amylopectine** : Chaîne ramifiée de molécules de glucose. Elle représente en général 70 à 85 % de l'amidon. C'est la forme d'amidon la plus digeste qui est responsable de la gélatinisation de l'amidon.

***Amylose** : Chaîne linéaire de molécules de glucose prenant la forme d'une hélice. Elle représente en général 15 à 30 % de l'amidon sachant que plus il y a d'amylose, moins l'amidon est digeste.

***Endosperme** : Tissu végétal de réserves nutritives contenant des glucides (amidon) et des protéines. Avec l'embryon (germe), il constitue l'amande des graines.

TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES

On en distingue plusieurs types :

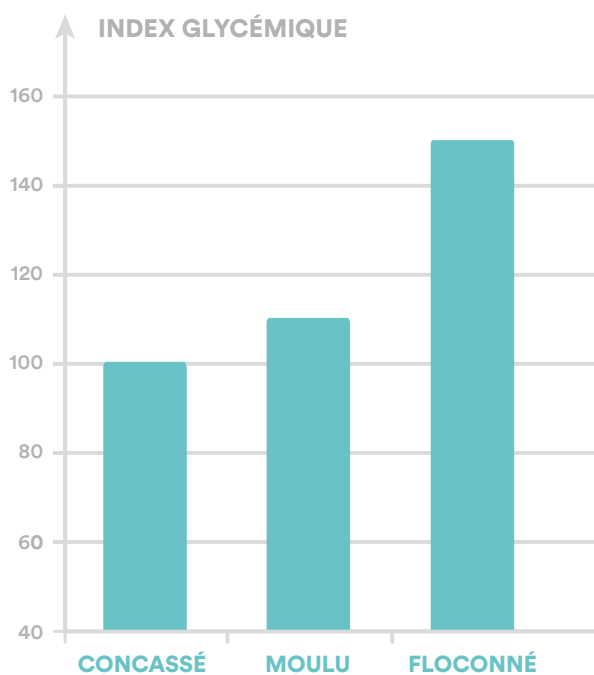
- **Mécaniques** : broyage, aplatissage, concassage,
- **Thermiques** dans des conditions de chaleur sèche : toastage, expansion, extrusion,
- **Thermo-mécaniques** dans des conditions de chaleur humide : floconnage et granulation (dans une moindre mesure).

Leur objectif est d'augmenter la digestibilité de l'amidon des céréales traitées. Ils sont surtout intéressants pour les céréales possédant les amidons les moins digestes (maïs et orge). En effet, les amidons d'avoine et de blé étant déjà très digestes, les traitements technologiques ont peu d'effet sur leur digestibilité antécaecale*.

Le **floconnage**, très utilisé dans l'alimentation du cheval, correspond à un aplatissage et une cuisson à la vapeur des céréales entraînant une hydratation et une prédigestion partielle de l'amidon (= gélatinisation). Dans le cas de l'amidon de maïs, le floconnage **augmente significativement sa digestibilité et donc son index glycémique** (cf. schéma ci-contre), paramètre sur lequel nous allons maintenant nous attarder.

INDEX GLYCÉMIQUE DU MAÏS EN FONCTION DU TRAITEMENT TECHNOLOGIQUE

(d'après Hoekstra et al., 1999)



***Antécaecale** : Portions des voies digestives situées avant le caecum (gros intestin) = estomac et intestin grêle.

INDEX GLYCÉMIQUE (IG)

DÉFINITION

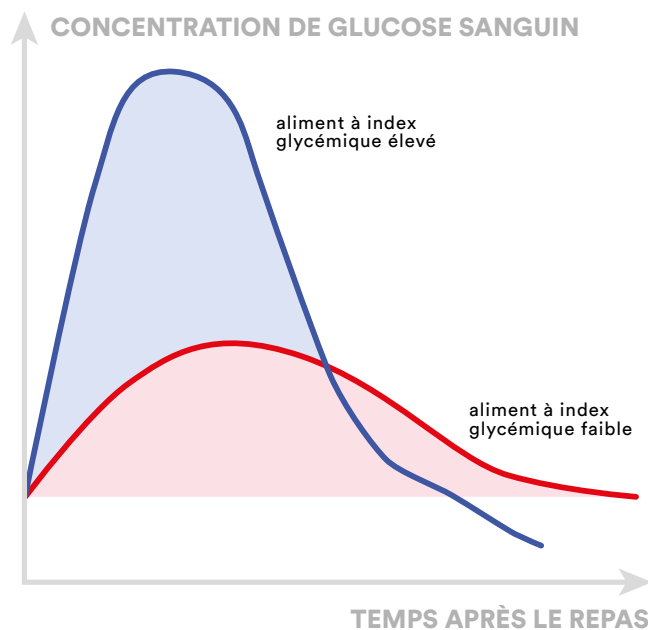
C'est un système utilisé pour **classer les aliments en fonction de leur effet sur la glycémie**.

Créé par des scientifiques canadiens au début des années 1980, il compare la quantité exacte de glucides disponibles dans chaque aliment, fournissant un index numérique basé sur la glycémie après le repas. D'abord développé pour les humains, il a ensuite été modifié et reconnu comme fiable pour les chevaux.

D'un point de vue pratique, il **caractérise le niveau de digestibilité enzymatique d'une source de glucides dans l'intestin grêle** :

- Les sources alimentaires qui contiennent le plus de glucides solubles et qui se scindent rapidement durant la digestion ont les index glycémiques les plus élevés,
- Les sources alimentaires qui contiennent le moins de glucides solubles et qui libèrent progressivement du glucose dans la circulation sanguine (digestion lente) ont les index glycémiques les plus faibles.

ÉVOLUTION DE LA GLYCÉMIE APRÈS LES REPAS EN FONCTION DE L'INDEX GLYCÉMIQUE DES ALIMENTS



RÉPONSE GLYCÉMIQUE ET SANTÉ DU CHEVAL

Le tube digestif du cheval est adapté à la **prise de plusieurs petits repas dans la journée**, tel le pâturage au pré. Ce mode d'alimentation entraîne des réponses glycémiques faibles, d'autant plus que les aliments ingérés ont un petit index glycémique (fourrages, etc.). De plus, une réponse glycémique plus faible est supposée entraîner une demande en insuline plus faible, d'où une **meilleure régulation de la glycémie à long terme**. Ainsi, les risques d'avoir des perturbations de la glycémie et de l'insulinémie sont amoindris.

ÉTATS PATHOLOGIQUES LIÉS ET/OU AGGRAVÉS PAR DES RATIONS À INDEX GLYCÉMIQUE ÉLEVÉ

L'augmentation de la glycémie après un repas entraîne la sécrétion d'insuline dans le sang, hormone permettant de faire entrer le glucose dans les cellules afin qu'il soit utilisé ou stocké sous forme de glycogène dans les muscles et le foie. De façon simpliste, on pourrait penser que plus l'amidon est digeste, meilleur il est pour le cheval. Cependant, **l'adjectif « digeste » est synonyme de « fermentescible » dans le cas de l'amidon**. En effet, un amidon bien digéré dans l'intestin grêle est susceptible d'être plus facilement fermenté par les microorganismes (flore lactique) de l'estomac. Ensuite, **qui dit « digeste » dit index glycémique élevé**.

Ainsi, une ration présentant un IG élevé est susceptible d'entraîner des perturbations métaboliques et digestives avec des conséquences plus ou moins graves à court comme à long terme. Les plus fréquentes sont résumées ci-dessous :

● SURCHARGE GRAISSEUSE

Plus le pic de glycémie est grand, plus la quantité d'insuline produite est grande et donc plus la quantité de glucose entrant dans les cellules est importante. **Dans ce cas, une partie du glucose ne peut être stockée sous forme de glycogène. Elle est donc transformée en acides gras** qui sont ensuite stockés dans les cellules adipeuses constitutives du tissu grasseux réparti à divers endroits dans l'organisme (sous la peau, dans la cavité abdominale, etc.). Ainsi, plus un glucide présente un index glycémique élevé, plus il est susceptible de favoriser la surcharge grasseuse non souhaitable dans la majorité des cas.

● TROUBLES DU COMPORTEMENT, NERVOSITÉ

La production d'insuline entraîne une augmentation de la teneur sanguine d'un neurotransmetteur agissant sur le comportement : **la sérotonine**.

Ainsi, plus un glucide présente un index glycémique élevé, plus la quantité d'insuline produite et donc de sérotonine seront importantes. Or, il a été démontré qu'une hypersérotinergie* se manifestait par une hyperactivité mentale et physique, une désorganisation du comportement et un changement d'humeur.

Par conséquent, les propriétés excitantes de l'avoine ne sont pas seulement dues à l'avénine, elles s'expliquent également par la grande digestibilité de son amidon (également valable pour le blé et les flocons de céréales).

● MYOPATHIES CHRONIQUES (= « COUPS DE SANG »)

Il en existe deux types :

- La **myopathie récurrente à l'exercice** (« MRE » ou « RER » en anglais), dont le mécanisme n'est pas parfaitement connu. Néanmoins, elle serait due à une **anomalie dans la régulation du calcium intra-cellulaire** responsable de la contraction musculaire (alors que le magnésium aide au relâchement musculaire). Ces cellules musculaires présentent un dysfonctionnement dans la réalisation des cycles de contraction-relâchement. Aussi, lors d'exercices (surtout quand ils sont longs et lents), il arrive qu'il se produise des **contractions musculaires excessives**, entraînant la destruction des cellules musculaires touchées. Ce phénomène se produisant **surtout chez des chevaux nerveux** (2/3 sont des femelles), il est logique que les glucides à index glycémique élevé soient un facteur prédisposant,
- La **myopathie à stockage de polysaccharides** (« PSSM » en anglais), rencontrée moins fréquemment (surtout présente chez les quarter horses peu nombreux en France). Elle se caractérise par une **accumulation excessive de glycogène et d'un polysaccharide anormal dans les cellules musculaires**. Elle touche des chevaux calmes et en bon état. Par conséquent, il est important de limiter l'entrée de glucose dans les cellules musculaires. L'utilisation de glucides très digestes est donc déconseillée.

*Hypersérotinergie : Excès de sérotonine au niveau cérébral

À PROPOS DU BLÉ...

L'incorporation de blé dans l'alimentation du cheval n'est **pas souhaitable** pour plusieurs raisons :

- D'abord, comme l'explique R.WOLTER (1999), « le blé risque plus que les autres céréales de former des pâtons (= boules de pâte) dans le tube digestif en raison de sa richesse en gluten », c'est à dire d'**obstruer les voies digestives** du cheval (bouchon oesophagien, etc.),
- De plus, le grain de blé contient une quantité importante d'**amidon** (Blé tendre : Amidon = 60,5% du Brut INRA, 2004) **très fermentescible**, sous entendu très dégradable donc également très digestible par les enzymes du cheval.

Par conséquent, son incorporation dans l'alimentation des équidés est susceptible de modifier la digestion et le métabolisme des glucides en plusieurs points :

- D'une part, il peut en résulter une **augmentation des fermentations gastriques (microbiennes)**. Ces dernières sont à l'origine d'une libération abusive de gaz responsable de la distension douloureuse de l'estomac. Simultanément, la flore va produire une quantité importante d'acide lactique, responsable de l'apparition ou de l'aggravation d'**ulcères de la muqueuse gastrique**,
- D'autre part, la grande digestibilité de l'amidon de blé entraîne une **production importante d'insuline** qui peut être à l'origine de perturbations néfastes pour le cheval : **troubles du comportement (nervosité), des métabolismes musculaire (« coups de sang ») et ostéo-articulaire (perturbations de la croissance), etc.**

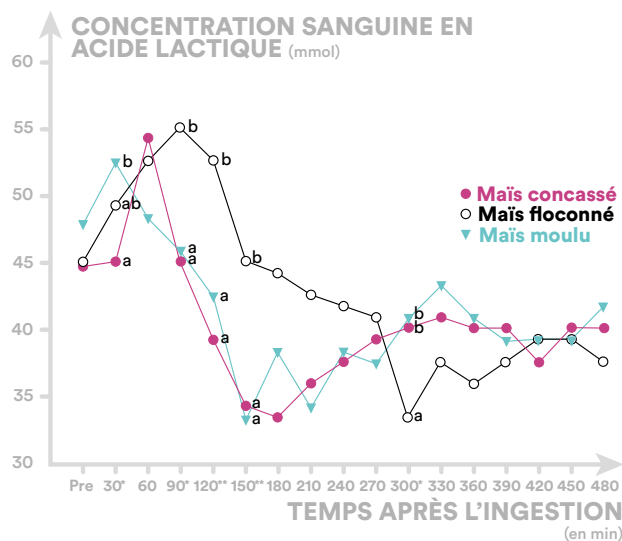
Pour toutes ces raisons, nous avons choisi de ne pas utiliser cette céréale.

● ULCÈRES GASTRIQUES

Plus un glucide est digeste (index glycémique élevé), plus il est susceptible d'être fermenté en acides organiques (dont l'acide lactique) par les micro-organismes présents dans l'estomac (cf. figure ci-dessous). Or, ces derniers étant agressifs pour la muqueuse gastrique, sa production favorise l'apparition d'ulcères.

ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION SANGUINE EN ACIDE LACTIQUE APRÈS LES REPAS EN FONCTION DU PROCÉDÉ DE TRAITEMENT TECHNOLOGIQUE DU MAÏS

(d'après Hoekstra et al., 1999)



● OSTÉOCHONDROSE (OCD)

Il a été démontré que les juments produisant des poulains avec de l'OCD sont statistiquement celles qui ont présenté, en fin de gestation, des décharges d'insuline élevées après les repas. En fait, **l'hyperinsulinémie perturberait la croissance et le développement des cellules cartilagineuses avec comme conséquences :**

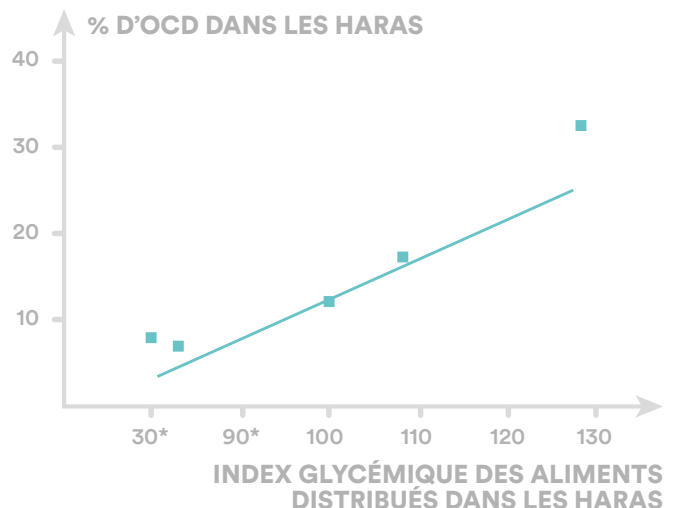
- Un défaut de vascularisation du cartilage de croissance au niveau de la jonction cartilage-os,
- Le non remplacement de la matrice cartilagineuse par la matrice osseuse.

Ainsi, la zone de jonction entre le cartilage et l'os deviendrait irrégulière et le cartilage persistant mou et fragile.

Par conséquent, la distribution de glucides à index glycémique élevé aux poulinières en fin de gestation ou aux foals est un facteur prédisposant cette maladie (cf. courbe ci-dessous).

RELATION ENTRE L'INDEX GLYCÉMIQUE DES ALIMENTS ET L'OSTÉOCHONDROSE

(d'après Pagan et al., 2001)



... ET DES FLOCONS DE CÉRÉALES

Le floconnage est un procédé de traitement thermo-mécanique sous atmosphère humide qui augmente significativement la digestibilité et donc l'index glycémique des céréales. Par conséquent, **même si « c'est la dose qui fait le poison », nous déconseillons les flocons à l'élevage**, tout particulièrement chez la poulinière en fin de gestation et le poulain sous la mère. **Nous contre-indiquons également leur utilisation chez les chevaux souffrant des états pathologiques détaillés précédemment** : surcharge graisseuse, troubles du comportement, myopathies chroniques, ulcères gastriques, syndrome de Cushing, syndrome métabolique équin et fourbure.

Les flocons de céréales ont des **intérêts d'utilisation bien spécifiques**. En effet, il est conseillé de les utiliser (avec modération) si l'on souhaite :

- Faciliter la digestion de l'amidon, en raison :
 - D'une **secrétion enzymatique insuffisante** chez les **séniors**,
 - De **rations de céréales importantes** chez le **cheval travaillant de manière intensive**.
- Améliorer l'état corporel = **reprise d'état suite à un amaigrissement, préparation aux ventes**.

● ÉTATS PATHOLOGIQUES EN PRÉSENCE D'INSULINO-RÉSISTANCE

Les chevaux souffrant de **syndrome métabolique équin (SME)** ou de **syndrome de Cushing** présentent une **hyperinsulinémie** associée à une hyperglycémie prolongée après le repas.

Or, l'insuline est capable de stimuler à la fois la vasodilatation et la vasoconstriction des vaisseaux. Ainsi, **l'hyperinsulinémie entraînerait des perturbations de la circulation sanguine notamment au niveau du pied, favorisant ainsi la fourbure**.

Il est donc logique d'éviter de distribuer des glucides à index glycémique élevé, qui aggraveraient l'hyperinsulinémie, et donc l'état de santé des chevaux présentant une insulino-résistance.



L'adjectif digeste est synonyme de fermentescible dans le cas de l'amidon.

SOURCES D'OMÉGA-3 ET D'OMÉGA-6

Tout comme certains acides aminés, ils ne peuvent être synthétisés par l'organisme, d'où leur nom d'**acides gras « essentiels »**. Composants structuraux essentiels des membranes cellulaires, ils conditionnent la perméabilité et les qualités fonctionnelles des membranes biologiques. Leur transformation au sein de l'organisme aboutit à des produits terminaux, les prostaglandines.

Ces hormones locales ont des propriétés plus ou moins bénéfiques :

- Les deux séries aboutissent à des prostaglandines favorables, aux propriétés anti-inflammatoires, immunostimulantes et hypocholestérolémiantes,
- Néanmoins, la série oméga-6 engendre également des prostaglandines délétères, aux propriétés pro-coagulantes, pro-inflammatoires, pro-allergiques et immuno-dépressives.

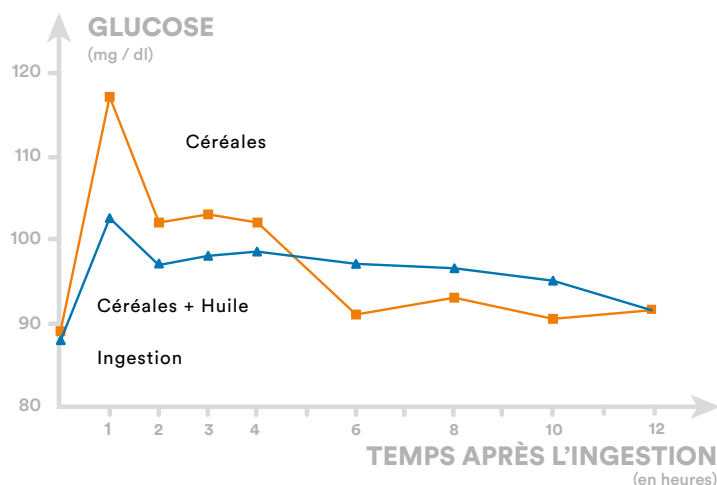
Par conséquent, afin d'obtenir un effet globalement positif sur la santé, **il est important d'apporter au moins autant d'oméga-3 que d'oméga-6 dans la ration totale.**

INDEX GLYCÉMIQUE

L'apport de matières grasses **diminue l'index glycémique** de la ration (cf figure ci-dessous) de plusieurs manières :

- Pour une valeur énergétique donnée, l'incorporation de lipides **réduit la part de céréales de la ration,**
- L'augmentation de la densité énergétique grâce à l'huile **réduit la taille du repas.** Elle affecte donc le temps de transit et la réponse glycémique dans le sens d'une diminution de l'index glycémique.

RÉPONSE GLYCÉMIQUE APRÈS L'INGESTION D'UNE MÊME RATION DE CÉRÉALES, AVEC OU SANS AJOUT D'HUILE VÉGÉTALE (Pagan et al. 1999)



Par conséquent, **l'apport de matières grasses est intéressant chez les chevaux souffrant des états pathologiques liés et/ou aggravés par des index glycémiques élevés : troubles du comportement, myopathies chroniques, ulcères gastriques, syndrome de Cushing, syndrome métabolique équin et fourbure.**

Les matières grasses représentent une source énergétique moins polyvalente que l'amidon.