

# AMIDON

AMIDON  
AMIDON + SUCRES

ADULT ENERG		GB - P
FR - Aliment granulé pour chevaux adultes au travail.		Compo without Lithota
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.		* Garant
* Garant à 99.1 % - Céréales d'origine française		Nutrient ar
<b>Constituants analytiques</b>	<b>Oligo-éléments (kg)</b>	Humidity...
Humidité..... 11.5 %	Zinc (chlorure tri hydroxyde)..... 90 mg	Crude pro
Protéines brutes..... 12 %	Cuivre (chlorure tri hydroxyde)..... 35 mg	Crude oil
Matières grasses brutes..... 4 %	Manganèse (oxyde)..... 50 mg	Crude fibr
Cellulose brute..... 9.5 %	Fer (sulfate)..... 35 mg	Ash.....
Cendres brutes..... 8 %	Iode (iodate de calcium)..... 0.5 mg	Calcium...
Calcium..... 1 %	Sélénium (séléénométhionine)..... 0.5 mg	Phosphor
Phosphore..... 0.5 %	<b>Vitamines (kg)</b>	Magnesi
Magnésium..... 0.4 %	Vitamine A..... 15000 UI	<b>Carbohydr</b>
<b>Glucides (kg)</b>	Vitamine D3..... 1500 UI	Starch...
Amidon..... 345 g	Vitamine E..... 400 mg	Starch + s
Amidon + sucres..... 370 g	Vitamine K3..... 3.5 mg	<b>Essential f</b>
<b>Acides gras essentiels (kg)</b>	Vitamine B1 (thiamine)..... 20 mg	Linolenic a
Acide linoléique (Omega 3)..... 10.5 g	Vitamine B2 (riboflavine)..... 20 mg	Linoleic ac
Acide linoléique (Omega 6)..... 10.5 g	Vitamine B3 (PP ou niacine)..... 40 mg	<b>Amino ac</b>
<b>Acides aminés (kg)</b>	Vitamine B5 (acide pantothénique)..... 20 mg	Lysine...
Lysine..... 5100 mg	Vitamine B6 (pyridoxine)..... 10 mg	Threonine
Thréonine..... 4450 mg	Vitamine B8 (biotine)..... 0.5 mg	Methionin
Méthionine..... 2000 mg	Vitamine B9 (acide folique)..... 15 mg	<b>Rationing</b>
<b>Valeurs de rationnement (d'après INRA 2012)</b>	Vitamine B12 (cyanocobalamine)..... 0.15 mg	DE (Diges
UFC..... 0.95		MADC.....
MADC..... 84.5 g		

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
Avoine	36,2	1,1
Aliments REVERDY	15 - 40	2,5 - 8
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.

# IMPORTANCE DE LA QUANTITÉ D'AMIDON DISTRIBUÉE PAR REPAS

« Il est recommandé de ne pas donner plus de 200 g d'amidon pour 100 kg de poids vif par repas ». (Cuddeford, 1999), soit 1 kg d'amidon par repas pour un cheval de 500 kg, ce qui correspond en moyenne à 2,8 kg (4 L) d'aliments de la Gamme REVERDY par repas.

Au delà, le cheval valorisera moins bien sa ration et si le surdosage devient plus important, soit pour des quantités d'amidon supérieures à 300 g d'amidon / 100 kg de poids vif / repas (soit supérieur à 5 L d'aliments REVERDY par repas pour un cheval de 500 kg), les capacités de l'intestin grêle pour digérer et absorber l'amidon seront dépassées.

Ainsi, une quantité résiduelle non négligeable d'amidon passera dans le gros intestin et sera à l'origine d'une acidification du contenu digestif (acidose digestive) néfaste pour la flore intestinale (dysmicrobisme).

Il pourra alors en résulter des conséquences plus ou moins graves pouvant aller jusqu'aux coliques ou à la fourbure.

Cependant, pour les formes d'amidon les plus digestes, il est possible de dépasser les 200 g d'amidon pour 100 kg de poids vif par repas sans perturber la digestion de l'amidon dans l'intestin grêle.

*La teneur en amidon d'un aliment par kg brut ne veut rien dire : ce sont plus la quantité d'amidon distribuée par repas et la digestibilité de l'amidon utilisé qui sont importantes.*

## FACTEURS INFLUENÇANT LA DIGESTIBILITÉ DE L'AMIDON

### SOURCES D'AMIDON

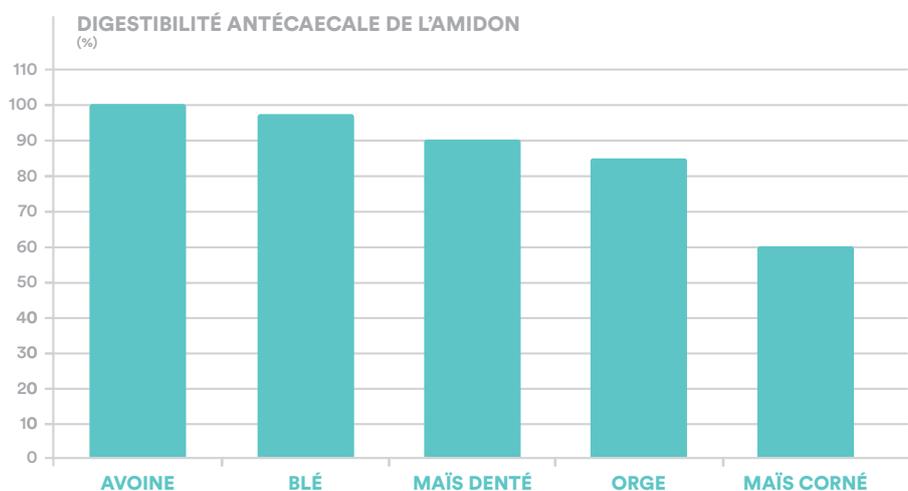
Bien que tous les amidons soient constitués de chaînes de glucose, **la façon dont la molécule d'amidon est construite est très différente d'une céréale à l'autre** (rapport amylose\* / amylopectine\*, nature de l'endosperme\*, etc.).

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 :

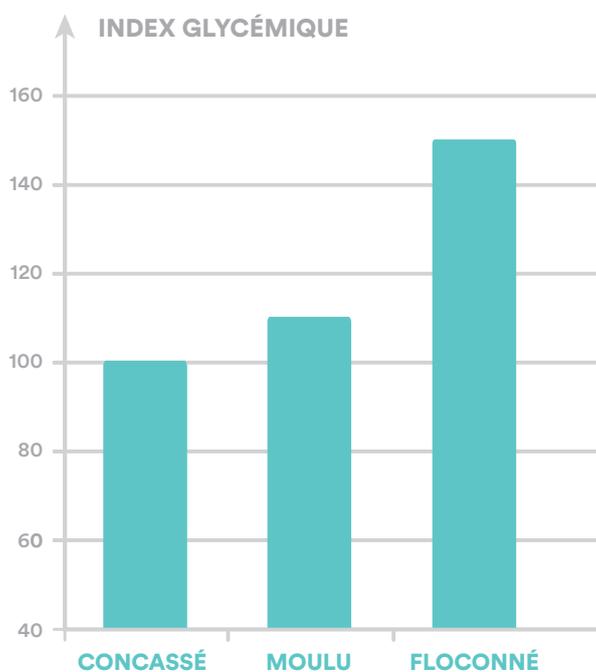
- **Mécaniques** : broyage, aplatissage, concassage.
- **Thermiques** dans des conditions de chaleur sèche : toastage, expansion, extrusion.
- **Thermo-mécaniques** dans des conditions de chaleur humide : floconnage et granulation (dans une moindre mesure).

**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

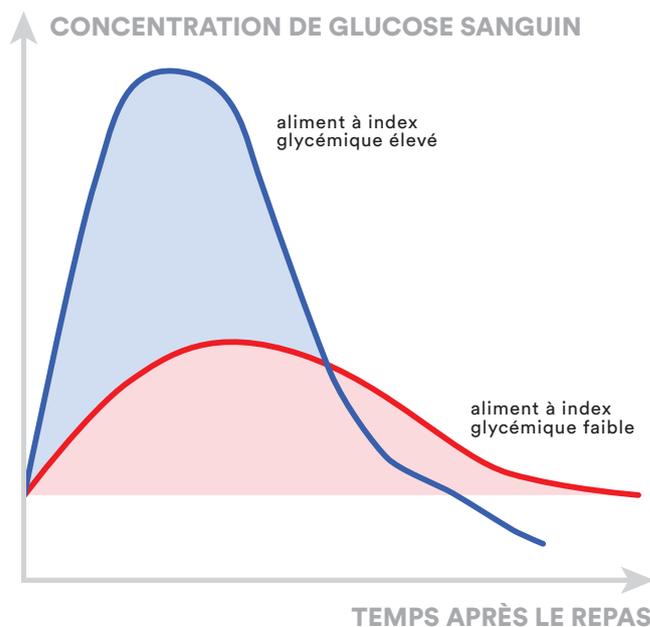
C'est un système utilisé pour **classer les aliments en fonction de leur effet sur la glycémie**.

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

La survenue d'une réponse glycémique après un repas entraîne la sécrétion d'insuline dans le sang, hormone permettant de diminuer la glycémie en faisant entrer le glucose dans les cellules afin qu'il soit utilisé ou stocké sous forme de glycogène dans les muscles et le foie. Cependant, en fonction de l'ampleur des pics de glycémie, de leur fréquence d'apparition et de la sensibilité de l'individu, des perturbations du bon fonctionnement de l'organisme peuvent être observées à plus ou moins 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 hypersérotoninergie\* 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'avenine, 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** (« 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.

\*Hypersérotoninergie : 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, l'acide lactique étant agressif pour la muqueuse gastrique, sa production favorise l'apparition d'ulcères.

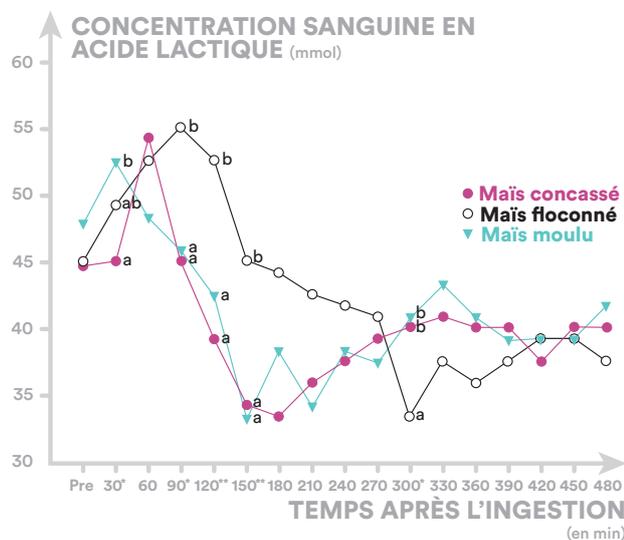
### ● OSTÉOCHONDROSE (OCD)

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, il semblerait que l'**hyperinsulinémie perturbe le bon développement des cellules cartilagineuses en retardant leur maturation**.

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

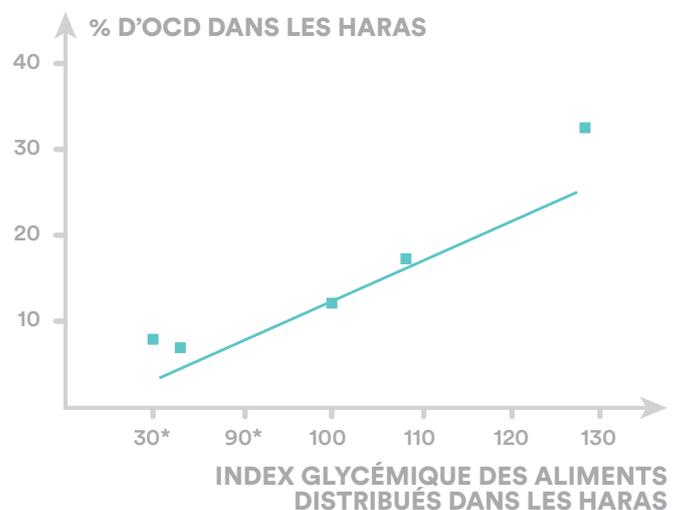
## ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION SANGUINE EN ACIDE LACTIQUE APRÈS LES REPAS EN FONCTION DU PROCÉDÉ DE TRAITEMENT TECHNOLOGIQUE DU MAÏS

(d'après Hoekstra et al., 1999)



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

(d'après Pagan et al., 2001)



## ● ÉTATS PATHOLOGIQUES EN PRÉSENCE D'INSULINO-RÉSISTANCE

Les chevaux souffrant de **syndrome métabolique équin** ou de **syndrome de Cushing** présentent une **hyperinsulinémie associée à une hyperglycémie prolongée après le repas**. En effet, les cellules de l'organisme sont moins sensibles à l'insuline (insulino-résistantes), ce qui limite l'entrée de glucose dans ces dernières d'où l'hyperglycémie prolongée. Par contre, pour les cellules de l'organisme qui n'ont pas besoin d'insuline pour absorber le glucose sanguin (comme les cellules constitutives des micro-capillaires sanguins permettant la bonne vascularisation du pied), l'hyperglycémie se traduit par une augmentation de la concentration en glucose à l'intérieur de ces cellules. Or, les excès de glucose étant toxiques pour elles, ils entraînent leur mort d'où un défaut de vascularisation du pied se caractérisant par de la **fourbure**. Il est donc logique d'éviter de distribuer des glucides à index glycémique élevé, qui aggraveraient l'hyperinsulinémie et l'hyperglycémie, et donc l'état de santé des chevaux présentant une insulino-résistance.

## EN RÉSUMÉ

En résumé, il est préférable de **distribuer des rations essentiellement constituées de fourrages**, car leur faible index glycémique risque moins de perturber la régulation de la glycémie et donc la santé du cheval.

Néanmoins, **chez le cheval athlète**, les besoins énergétiques étant jusqu'à deux fois supérieurs à ceux du cheval au repos et sachant que la synthèse de glycogène est favorisée par l'apparition de réponses glycémique et insulinique suffisantes, **le recours aux céréales ayant un index glycémique supérieur semble incontournable**.

Mais lesquelles choisir ?

## ... 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 grasseuse, 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 **sécrétion enzymatique insuffisante** chez les **séniors**.
- De **rations de céréales importantes** chez le **cheval au travail**.

- Reconstituer les réserves glycogéniques :

- **Après un effort musculaire** : c'est notamment l'un des rôles du mash distribué aux chevaux de course après un travail intense.
- **Durant un effort de longue durée** : l'ingestion de céréales floconnées permet de **maintenir une glycémie normale durant une course d'endurance**. Cette pratique rejoint celle du coureur cycliste consommant des barres de céréales durant les courses.

- Améliorer l'état corporel = **Préparation aux ventes**.



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

## QUELLES FORMES D'AMIDON CHOISIR ?

De façon simpliste, on pourrait penser que plus l'amidon est digeste, meilleur il est pour le cheval. Or, c'est plus compliqué que cela. Tout d'abord, l'adjectif « **digeste** » est synonyme de « **fermentescible** » dans le cas de l'amidon. En effet, un amidon digeste dans l'intestin grêle est fermentescible par les microorganismes de l'estomac. Ensuite, **qui dit « digeste » dit index glycémique élevé**. Or, comme nous l'avons expliqué précédemment, une ration présentant un IG élevé est susceptible de perturber la santé du cheval.

En résumé, à chaque compartiment du tube digestif correspond une problématique en lien avec les glucides :

### ● ESTOMAC

Il contient une population nombreuse de bactéries capables de fermenter l'amidon en acides organiques dont l'acide lactique, agressif pour la muqueuse gastrique.

L'emploi d'un **amidon lent peu fermentescible** est donc le plus judicieux = maïs et orge.

### ● INTESTIN GRÊLE

L'amidon scindé en molécules de glucose va entraîner une réponse glycémique ayant des répercussions plus ou moins bénéfiques sur le fonctionnement de l'organisme tout entier. L'objectif est d'obtenir une absorption suffisante de glucose tout en évitant les gros pics de glycémie. Aussi, **il est pertinent d'associer des formes d'amidon lent (orge, maïs) à des formes d'amidon rapide (avoine, flocons de maïs, etc.)**. Les proportions d'amidon lent et rapide seront fonction de la race, de l'âge et de l'activité du cheval. Par exemple, chez les chevaux à l'effort, plus les besoins énergétiques seront importants, plus la proportion d'amidon digeste devra augmenter dans la ration.

### ● GROS INTESTIN

L'amidon résistant non digéré dans la partie antécæcale va arriver dans le cæcum et va être fermenté en acides organiques par les bactéries productrices d'acide lactique, avec comme conséquence possible une baisse de pH du contenu digestif pouvant perturber fortement la flore cellulolytique (qui digère les fibres) bénéfique au cheval.

Ainsi, **l'emploi de glucides digestes (avoine, flocons, etc.) limite grandement les risques d'acidose digestive**.

Cependant, si les quantités d'amidon distribuées par repas ne dépassent pas 200 g pour 100 kg de poids vif par repas, la distribution d'amidon plus lent (orge, maïs) ne posera pas de problème.

## EN RÉSUMÉ

**La distribution de quantités raisonnables de formes d'amidon lent (orge, maïs) en association avec une part plus ou moins importante d'amidon digeste (avoine, flocons de maïs, etc.) semble être le meilleur compromis chez le cheval en bonne santé dont les besoins énergétiques ne peuvent être totalement couverts par l'apport de fourrages.**

C'est la stratégie que nous avons choisie d'adopter dans l'élaboration des aliments REVERDY.

En effet, ce mode de rationnement permettra de limiter les fermentations gastriques pouvant entraîner l'apparition d'ulcères et les perturbations du métabolisme glucidique avec toutes les conséquences possibles sur la santé du cheval. Cependant, d'autres paramètres influencent la fermentescibilité / digestibilité d'un amidon donné : moment de distribution du fourrage, taille du repas, teneur en fibres et en matières grasses de la ration notamment.

C'est ce que nous allons aborder par la suite.