

[www.trioplast.com](http://www.trioplast.com)  
[www.forageforhorses.com](http://www.forageforhorses.com)





# Le fourrage pour chevaux





**TRIOPLAST FRANCE SAS**

24 rue de la Pidaie

FR-49420 Pouancé

+33 241 94 84 00

[www.trioplast.com](http://www.trioplast.com)  
[www.forageforhorses.com](http://www.forageforhorses.com)

## Le fourrage pour chevaux

Les fourrages enrubannés ont, au cours des dernières années, acquis une reconnaissance et une popularité croissante, dans l'alimentation des chevaux. Grâce à une meilleure appétence et une valeur nutritionnelle supérieure, ils ont largement remplacé les régimes céréaliers de bon nombre de propriétaires de chevaux, et l'intérêt pour l'enrubannage en tant que fourrage alternatif est en augmentation constante en Europe. Nous avons voulu, chez Trioplast, éditer ce manuel afin de présenter les aspects importants concernant le fourrage enrubanné pour chevaux. Nous avons mis à profit les connaissances de Sara Muhonen de l'entreprise Equi-Nutrition afin, de fournir des conseils et informations basés sur les connaissances actuelles et les résultats de la recherche. Nous gérons, en collaboration avec Sara Muhonen, le site web [www.forageforhorses.com](http://www.forageforhorses.com).

Sara Muhonen a suivi un enseignement postuniversitaire au Département de la nutrition animale et de la gestion. Université suédoise des sciences agricoles (SLU) avec sa thèse "métabolisme et écosystème du gros intestin chez les chevaux à l'entretien et au travail recevant un régime à base de fourrage ". Elle a également obtenu sa maîtrise en sciences de l'agriculture (Sciences animales) à la SLU. Elle a une passion de longue date pour les chevaux et en particulier les trotteurs et les courses de trot. Pour plus d'informations sur Equi-Nutrition visitez le site web [www.equi-nutrition.com](http://www.equi-nutrition.com).

Trioplast est un groupe industriel suédois avec un chiffre d'affaires de 500 millions d'euros et employant 1 250 personnes, et représente l'un des leaders en termes de créativité et d'économie, en matière d'utilisation du polyéthylène dans les plastique modernes et l'emballage. Trioplast développe, fabrique et distribue des matériaux d'emballage pour l'industrie et l'agriculture, des films hygiéniques ainsi que des films à usage spécial. Vous rencontrerez des produits Trioplast partout dans le monde. Dans le domaine de l'agriculture nous nous sommes engagés à accroître l'efficacité et la rentabilité et améliorer la durabilité pour les agriculteurs et les entrepreneurs travaillant avec nos produits et solutions. Les utilisateurs de produits Trioplast pour le stockage et la distribution d'alimentation de haute qualité, peuvent nous faire confiance sur la qualité, en effet vos valeurs nous importent. Pour plus d'informations, visitez notre site à l'adresse [www.trioplast.com](http://www.trioplast.com).

Göran Ericson  
Business Director Agri  
Trioplast AB







## Sommaire

1	Le cheval – Un herbivore
2	Le processus d'ensilage
2	Que sont les fibres?
2	Les protéines sont composées d'acides aminés
3	Les différences de digestibilité entre foin et fourrage enrubanné
4	Enrubannage préfané ou enrubannage – Effets éventuels sur les réactions à l'effort?
6	Différences de consommation d'eau et d'équilibre des fluides lorsque les chevaux consomment du foin ou du fourrage enrubanné
7	La consommation de protéines brutes de fourrage affecte-t-elle les performances du cheval?
8	Brusques changements d'alimentation passant de foin à de l'enrubannage préfané et à de l'enrubannage – Effets sur l'écosystème du gros intestin
9	Teneur en protéines brutes des fourrages – Effets sur l'écosystème du gros intestin
10	Teneur en protéines brutes des fourrages – Effets sur le métabolisme de l'azote et sur la consommation d'eau
11	Consommation de fourrage – Effets sur le poids du corps et l'équilibre des fluides
13	Consommation de fourrage – Effets sur le poids du corps et l'effort
14	Composition en fibres du fourrage affecte l'écosystème du gros intestin
15	Alimentation en fourrage avant des concentrés
16	Troubles comportementaux – Stéréotypies
17	Enrubannage ou concentrés – Effets sur les réactions à l'insuline
18	Poids en aliments et poids en matière sèche (MS)
20	Foin, enrubannage préfané, enrubannage Quelle est la différence?
21	Stocker les balles rondes debout
22	Horsewrap (enrubannage pour chevaux) ou. film standard
23	Couches de plastique
25	"Ré-enrubanner" en petites balles
26	Qualité hygiénique du fourrage
28	Analyse microbiologique du fourrage
29	Date de moisson et qualité hygiénique de l'enrubannage préfané
30	Bactéries, champignons et moisissures dans le fourrage
33	Références



## Le cheval - Un herbivore

Le cheval est un herbivore, il se nourrit d'herbe, et lorsqu'il vit en liberté il passe 14 à 18 heures par jour à paître. La fermentation intestinale, grâce aux micro-organismes (bactéries, protozoaires et champignons) vivant dans son cæcum et son côlon, lui permet de dégrader les fibres. Les déchets produits par cette dégradation sont des acides gras à chaîne courte, absorbés et utilisés par le cheval en tant que source d'énergie. Lorsque le cheval a un régime alimentaire composé principalement ou uniquement de fourrage, les acides gras à chaîne courte sont sa plus importante source d'énergie.

Toutefois, la flore microbienne occupe tout le tractus gastro-intestinal chevalin : un nombre total élevé de bactéries anaérobies vivent dans le tractus digestif et plus encore dans l'estomac que dans l'intestin grêle. La dégradation des fibres elles-mêmes a lieu dans le gros intestin, comme le prouvent les concentrations élevées en bactéries responsables de la décomposition des fibres, comme les bactéries cellulolytiques, alors qu'elles sont faibles dans l'estomac et l'intestin grêle. Le régime alimentaire du cheval a un impact sur la composition de sa microflore intestinale, et donc également sur les types d'acides gras à chaîne courte qui sont produits. Un régime alimentaire composé principalement ou uniquement de fourrage conduit à des concentrations plus élevées en acétate et moins élevées en propionate. L'acétate est un acide plus faible que le propionate, et induit moins d'acidité dans l'appareil digestif. Des apports élevés en féculents entraînent une forte production de propionate mais aussi de lactate et peuvent conduire à une baisse rapide du pH et un risque fortement accru de troubles intestinaux et de coliques.





## Le processus d'ensilage

Lorsque le fourrage est conservé grâce à un processus d'ensilage, les bactéries productrices d'acide lactique (LAB), sécrètent de l'acide lactique tout en dégradant les hydrates de carbone. L'acide lactique abaisse la valeur du pH, assez pour inhiber toute activité microbienne et rendre l'ensilage stable pour le stockage étanche à l'air. Le processus d'ensilage doit se produire en conditions anaérobies pour que les bactéries d'acide lactique dominent et que l'ensilage soit réussi.

## Qu'appelle t-on fibres?

Le terme fibre désigne les glucides structuraux qui, avec la lignine, et les protéines, constituent la paroi cellulaire des plantes. Il s'agit de la cellulose, l'hémicellulose, et la pectine. Les bactéries et les champignons intestinaux du cheval, fermentant les fibres, permettent au cheval de digérer les fibres. Les déchets produits par la flore microbienne sont les acides gras à chaîne courte, qui constituent la source d'énergie majeure pour les chevaux nourris principalement ou exclusivement avec des fourrages. La fermentescibilité des fibres peut varier en fonction des constituants, la pectine incluse dans l'hémicellulose est par exemple plus fermentescible que la cellulose. Le stade de développement des végétaux influe aussi, plus leurs parois cellulaires sont lignifiées, moins ils sont digestibles. Plus la récolte est précoce, plus le fourrage est donc digestible.

## Les protéines sont composées d'acides aminés

Un acide aminé est un composé chimique comportant au moins un groupe aminé ( $\text{NH}_2$ ) et un groupe carboxyle ( $\text{COOH}$ ). Il existe environ 20 acides aminés différents constituant les animaux et les plantes et qui, lorsqu'ils sont nombreux, s'enchaînent en protéines. La flore bactérienne gastro-intestinale métabolise différents composés d'azote, par exemple les acides aminés, à partir des aliments ingérés, des cellules et des bactéries intestinales mortes, et produit de l'ammoniac et des acides gras à chaîne courte. L'ammoniac est en grande partie réutilisé par la flore bactérienne, mais lorsque sa concentration intestinale augmente il est absorbé par la paroi intestinale, passe dans le sang et est transporté jusqu'au foie. L'ammoniac y est converti en urée, principalement excrétée dans les urines, mais une partie est transportée à nouveau vers l'intestin où la flore bactérienne la reconvertit en protéines microbiennes ou en ammoniac.



## Les différences de digestibilité entre foin et fourrage enrubanné

Une étude sur des trotteurs en entraînement a montré des différences de digestibilité entre foin et enrubannage. Les deux provenaient d'une même première récolte précoce, de la même parcelle, moissonnés le même jour et séchés à des taux différents de matière sèche (MS) (le foin à 82 % MS, l'enrubannage à 45 % MS). Le seul facteur différenciant les deux fourrages fut donc la méthode de conservation.

La digestibilité des MS, de la fraction de fibres ADF (fibres détergent acide) et des protéines brutes était plus élevée pour l'enrubannage que pour le foin. La digestibilité de la fraction de fibres NDF (fibres détergent neutre) fut identi-

que pour les deux types de fourrages. La fraction de fibres NDF contient plus de fibres solubles que la fraction ADF. La digestibilité plus élevée de l'enrubannage peut être due à la moindre perte de feuilles lors de la manipulation dans le champ. Lors de la fenaison, le séchage est plus long et les feuilles plus fines et nutritives se fragilisent davantage, et tombent au sol. Il est également possible que le processus l'ensilage augmente la solubilité de la fraction de fibres, et donc sa digestibilité.

Digestibilité (valeurs moyennes en %) pour la MS, les fractions de fibres NDF et ADF et les protéines brutes de foin et de fourrage, récoltés.

	Foin (82% de MS)	Enrubannage (45% de MS)
Matière sèche (MS)	66	68
NDF	61	61
ADF	53	60
Protéines brutes	70	73

## Enrubannage préfané ou enrubannage – Effets éventuels sur les réactions à l’effort?

Dans le cadre de cette étude, 6 trotteurs en entraînement ont été nourris d’enrubannage préfané (68 % de MS, 0,2 % d’acide lactique, pH 5,8) et d’enrubannage (41 % de MS, 3 % d’acide lactique, pH 4,8). Les fourrages furent récoltés le même jour, à partir de la même parcelle et avaient des contenus énergétiques élevés (11,3-11,4 MJ/kg de MS). Les régimes alimentaires étaient composés principalement de fourrage mais complétés de pulpe mélassée de betterave sucrière (20 % de l’apport énergétique), de minéraux et de sel. Trois chevaux suivirent au début un régime alimentaire à base d’enrubannage et trois autres un régime à base d’enrubannage préfané, puis les régimes furent inversés afin que tous les chevaux essaient les deux. Les chevaux suivirent le régime alimentaire pendant 17 jours avant de passer les tests d’effort, consistant en efforts par intervalles, sur une piste ovale à quatre intervalles de 1000 mètres (vitesses moyennes: 9, 11, 11,6 et 12 m/s pour les

4 intervalles respectivement) avec 5 minutes de marche au pas entre deux efforts. L’échantillonnage fut effectué avant, pendant et après chaque test. En outre, le même jockey menait le même cheval dans les deux tests, sans connaître son régime alimentaire. Après les tests d’effort, les jockeys devaient évaluer le tempérament et l’excitabilité des chevaux.

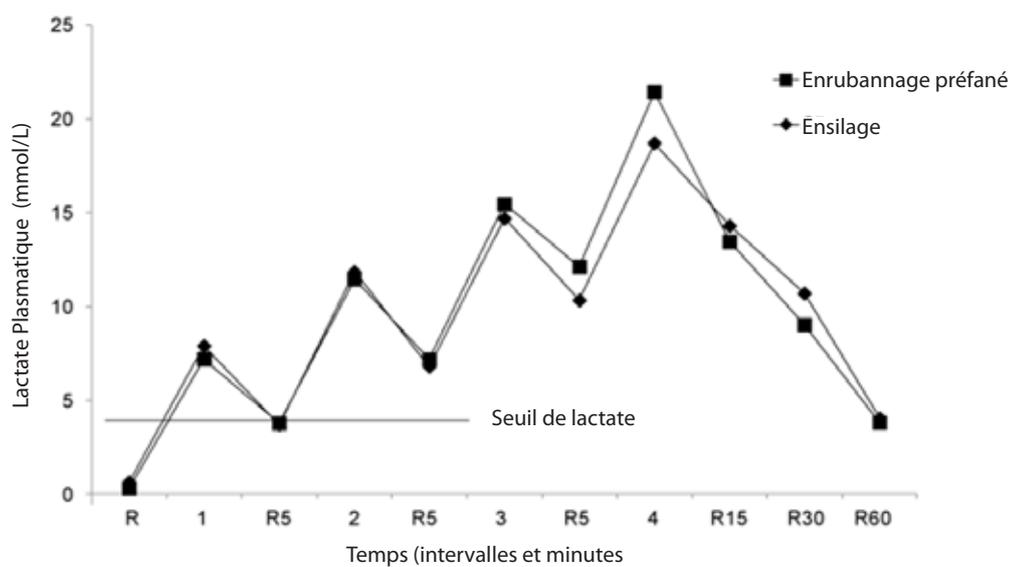
Les résultats ne mirent en évidence aucune différence significative entre les régimes alimentaires avant, pendant et après les tests d’effort, au niveau de la température rectale, la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire et le pH sanguin. Les concentrations en lactate plasmatique des chevaux furent également analysées et ne présentèrent pas non plus de différence significative, pas plus que les évaluations des jockeys du tempérament des chevaux durant les tests.

Valeurs moyennes de température rectale, fréquence cardiaque, fréquence respiratoire et pH sanguin avant et après les efforts par intervalles (4 intervalles de 1000 m, vitesses 9, 11, 11,6 et 12 m/s) lorsque les chevaux suivaient un régime à base d’enrubannage préfané ou d’enrubannage non préfané.

	Avant l'exercice	Après 15 min de récupération	Après 30 min de récupération	Après 60 min de récupération
<b>Température rectale (°C)</b>				
Enrubannage préfané	37,7	39,3	–	–
Enrubannage	37,8	39,4	–	–
<b>Fréquence cardiaque (battements/min)</b>				
Enrubannage préfané	33	81	63	50
Enrubannage	34	80	62	48
<b>Fréquence respiratoire (respirations/min)</b>				
Enrubannage préfané	12	62	30	21
Enrubannage	14	67	28	20
<b>pH sanguin</b>				
Enrubannage préfané	7,42	7,33	7,37	7,44
Enrubannage	7,44	7,33	7,39	7,42



Valeurs moyennes de lactate plasmatique avant, pendant et après l'effort par intervalles, lorsque les chevaux suivaient un régime à base d'enrubannage préfané ou d'enrubannage non préfané. R : avant l'effort, 1, 2, 3 et 4 : directement après l'intervalle, R5 : après 5 minutes de marche au pas après l'intervalle.



## Différences de consommation d'eau et d'équilibre liquide lorsque les chevaux consomment

Dans cette étude, les effets sur la consommation en eau et l'équilibre des liquides de trotteurs en entraînement furent examinés pour des chevaux suivant un régime alimentaire à base de foin (82 % de MS) et d'autres un régime de fourrage enrubanné (45 % de MS). Les fourrages furent récoltés le même jour, sur la même parcelle et avaient des contenus énergétiques élevés (11,6 MJ/kg de MS). Les chevaux ne consommaient que les fourrages, qui couvraient le double besoins d'entretien, avec des minéraux et du sel en complément.

Les chevaux buvaient plus lorsqu'ils étaient nourris à base d'aliments déshydratés (le régime foin) mais l'apport total en eau, c'est à dire, l'eau bue + l'eau ingérée via l'alimentation, était plus élevé pour les chevaux consommant des aliments humides (le régime enrubannage). Aucune différence significative ne fut constatée concernant la quantité d'eau excrétée dans les fèces, un peu plus d'eau fut excrétée via l'urine, mais le volume total d'eau excrétée (eau

via les fèces + via urine) ne différait pas entre les régimes alimentaires. Si nous prenons l'apport total en eau moins le volume total d'eau excrétée via les fèces et l'urine l'on obtient une estimation de la quantité d'eau évaporée par les chevaux par la peau. Les chevaux nourris à base de fourrage enrubanné évaporaient environ 2,8 kg plus d'eau par jour que ceux alimentés en foin.

Cela indique que les chevaux nourris au fourrage enrubanné avaient un pouvoir calorifique supérieur, ce qui est conforme avec la digestibilité supérieure de l'enrubannage. La production de chaleur était plus élevée, causant une quantité plus élevée d'eau évaporée par la peau et la consommation d'eau était accrue. Même pour les chevaux suivant un régime d'entretien, il apparut qu'ils boivent davantage s'ils consomment des fourrages déshydratés (foin, enrubannage préfané) mais l'apport total en eau est un peu plus élevé pour les fourrages plus humides (enrubannage).

Valeurs moyennes de consommation d'eau et d'excrétion d'eau en kg/jour lorsque les chevaux avaient un régime alimentaire à base de foin ou à base de fourrage enrubanné.

	Foin (82% de MS)	Enrubannage (45% de MS)
Eau bue	24,3	15,5
L'eau via le fourrage	1,7	13,8
Ingestion d'eau totale (bue + via le fourrage)	26,1	29,2
L'eau dans les fèces	13,1	12,1
L'eau dans les urines	8,5	9,8
Excrétion d'eau totale (dans les fèces + dans l'urine)	21,6	21,9
Quantité totale d'eau ingérée – quantité totale d'eau excrétée	4,5	7,3

## La consommation de protéines brutes de fourrage affecte-t-elle les performances du cheval?

Les fourrages récoltés tôt ont un contenu énergétique élevé mais souvent également une haute teneur en protéines brutes, pouvant provoquer une consommation excessive de protéines brutes. Dans le cadre de cette étude, 6 trotteurs en entraînement, suivirent deux régimes alimentaires différents, composés d'herbe récoltée tôt et enrubannée, à haute teneur en énergie (>11 MJ/kg de MS). Un enrubannage à haute teneur en protéines brutes (16,6 %) provoquait un apport excessif en protéines brutes, et l'autre enrubannage (12,5 %) fournissait un apport recommandé. Les chevaux furent nourris uniquement avec ces fourrages, complétés par des minéraux et du sel. Trois chevaux suivirent d'abord le régime à haute teneur en protéines, et trois autres celui régime à teneur recommandée, puis les régimes furent inversés afin que tous les chevaux essaient les deux. Les chevaux suivirent le régime alimentaire pendant 3 semaines avant que les tests d'effort ne soient effectués. Un test fut effectué sur tapis roulant et l'autre en course simulée sur un circuit ovale.

Les résultats ne mirent en évidence aucune différence significative entre les régimes alimentaires avant, pendant et après les tests d'effort, au niveau de la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, le lactate plasmatique et le pH sanguin. Le tableau ci-dessous indique les valeurs relevées directement après l'effort et après 15 minutes de récupération.

Le régime à teneur excessive avait un taux de protéines, dépassant de 160 % l'apport recommandé. Les résultats montrèrent que les chevaux pouvaient gérer les excès pendant et après les tests d'efforts ressemblant à des courses de trot.

Moyenne des valeurs de fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, lactate plasmatique et pH sanguin, après le test d'effort sur tapis roulant ou simulant une course de trot sur piste ovale, lorsque les chevaux avaient un apport en protéines soit excessif, soit recommandé.

	Directement après l'effort		15 min après l'effort	
	Recommandé	Élevé	Recommandé	Élevé
<i>Test d'effort sur tapis roulant</i>				
Fréquence cardiaque <sup>1</sup> (battements/min)	213	216	70	72
Fréquence respiratoire (respirations/min)	99	100	82	93
Lactate plasmatique (mmol/L)	17,6	18,3	11,7	11,1
pH sanguin	7,32	7,29	7,38	7,38
<i>Test d'effort sur piste de course</i>				
Fréquence cardiaque <sup>1</sup> (battements/min)	222	215	80	78
Fréquence respiratoire (respirations/min)	-	-	100	86
Lactate plasmatique (mmol/L)	20,2	22,9	18,7	20,5
pH sanguin	7,28	7,26	7,32	7,30

<sup>1</sup> Fréquence cardiaque la plus élevée notée.

## Brusques changements d'alimentation passant de foin à enrubannage préfané ou enrubannage – Effets sur l'écosystème du gros intestin

Cette étude observe l'impact d'un changement d'alimentation brutal, passant de foin (81 % de MS) à de l'enrubannage préfané (55 % de MS) ou à de l'enrubannage (36 % de MS), sur l'écosystème du côlon et des coliformes fécaux, chez des chevaux suivant un régime d'entretien. Les fourrages provenaient d'une première récolte, de la même parcelle, le même jour et séchés à différents taux de MS. Le seul facteur différenciant les deux fourrages fut donc la méthode de conservation. Les brusques changements d'alimentation et l'adaptation au fourrage enrubanné préfané, furent étudiés à la fois à court terme (28 h) et à long terme (3 semaines).

Les premières 28 heures après le brusque changement d'alimentation, aucune différence ne fut détectée dans l'écosystème du côlon et des matières fécales, ni sur le taux de pH, de MS, d'acides gras à chaîne courte ou de l'osmolalité, et la concentration en acide lactique se situait presque exclusivement en dessous de la limite de détection dans le colon et dans les fèces. Aucune différence n'apparut non plus dans la concentration totale des bactéries anaérobies cellulolytiques ou de celles utilisant le lactate, des lactobacilles ni des streptocoques présents. Les résultats indiquent qu'un brusque changement d'alimentation entre les fourrages conservés différemment, mais ayant la même valeur nutritive et composition botanique, ne comporte pas les mêmes risques de troubles intestinaux que lors de chan-

gements passant d'enrubannage aux concentrés. Un brusque changement vers des repas importants de concentrés, riches en amidon, peut entraîner une forte augmentation de la concentration en acide lactique et une diminution du pH, au niveau du colon

Après 3 semaines, une légère augmentation des lactobacilles avec le régime enrubannage, et une légère diminution des streptocoques avec le régime enrubannage préfané furent constatés. Mais dans l'ensemble, on constata d'importantes variations individuelles des concentrations bactériennes, ne modifiant nullement les taux d'acides gras à chaîne courte. Le pH du colon et des matières fécales, ne différa pas non plus aux jours 8, 15 ou 21 après le changement d'alimentation. Au cours des 3 semaines, une diminution légère mais significative (de 1 à 3 %) du taux de MS dans le côlon ou des matières fécales fut observée après le changement pour de l'enrubannage, préfané ou non. Dans une étude sur des trotteurs en entraînement, une tendance à une augmentation du taux de MS dans les matières fécales (<1 % de différence) fut observée au cours des deux premiers jours, après un changement passant d'un enrubannage vers du foin, mais après 3 semaines, le taux de MS avait réduit de 0,6 à 1,2 %, tant pour le régime foin que pour le régime enrubannage. Aucune des études ne donna lieu d'observer des fèces molles ou de la diarrhée.

Moyenne des valeurs de pH et de matière sèche (DM) à colon et les fèces avant et après de brusques changements d'alimentation, passant de foin à de l'enrubannage préfané ou à de l'enrubannage à de l'enrubannage, les fourrages ayant été récoltés le même jour sur la même parcelle.

	Jour précédant le changement	Changement pour	Nombre de jours après le changement		
			8	15	21
<i>pH</i>					
Colon	6,7	Enrubannage préfané	6,8	6,6	6,6
	6,8	Enrubannage	6,8	6,6	6,8
Fèces	6,0	Enrubannage préfané	6,4	6,3	6,4
	6,2	Enrubannage	6,2	6,1	6,2
<i>MS (%)</i>					
Colon	5	Enrubannage préfané	4	3	3
	5	Enrubannage	4	4	5
MS (%)	24	Enrubannage préfané	20	21	21
	22	Enrubannage	22	23	21

## Teneur en protéines brutes des fourrages – Effets sur l'écosystème du gros intestin

Les fourrages récoltés tôt ont un contenu énergétique élevé mais souvent également une haute teneur en protéines brutes, pouvant entraîner une consommation excessive. Cette étude observa l'impact sur les écosystèmes du colon et des matières fécales, pour des chevaux ayant une alimentation d'entretien à base de deux enrubannages différents ; un à teneur excessive en protéines brutes (17 %), et un autre (13 %) fournissant un apport recommandé.

Aucune différence notable dans la flore bactérienne du côlon, ni dans le taux de MS du contenu du côlon et des matières fécales, après 3 semaines d'adaptation aux deux enrubannages. La concentration en acides gras à courte chaîne dans le côlon, était plus élevée lorsque les chevaux étaient nourris avec un enrubannage à haute teneur en protéines, qu'avec un enrubannage à taux recommandé. La valeur du pH du contenu du côlon fut également légèrement inférieur chez les chevaux nourris ayant un apport excessif en protéines brutes, pouvant résulter de la plus grande concentration en acides gras à chaîne courte. En comparaison avec d'autres études consistant à introduire des aliments riches en amidon, la valeur du pH était encore élevée pour les deux régimes à base de fourrage enrubanné.

Les deux régimes ne montrèrent pas de différence quant aux quantités d'azote, d'ammoniac ou d'urée dans les liquides contenus dans le côlon, ce qui indique que l'absorption plus importante des protéines brutes, a lieu en amont dans le tractus gastro-intestinal. La consommation d'eau des

chevaux, et la concentration en urée, tendaient à être plus élevées lorsque les chevaux suivaient un régime riche en protéines, indiquant que l'absorption d'azote, et le métabolisme de l'azote, étaient accrus.

De brusques changements d'alimentation entre enrubannages furent également imposés, et entraînèrent peu ou pas de changement dans l'écosystème du côlon, au cours des premières 24 heures. La concentration totale de bactéries anaérobies et de lactobacilles était un peu plus élevée 24 h après un changement brusque vers une alimentation riche en protéines brutes. Mais nulle différence ne fut constatée dans les concentrations en MS ou du pH dans le colon ou les matières fécales, entre les deux régimes, au cours des premières 24 h après le changement. La concentration en acides gras à chaîne courte et en acide lactique dans le colon, ne différait pas entre les régimes, durant les premières 24 h.

Les résultats suggèrent que l'excédent d'apport en protéines brutes du fourrage, pour les chevaux ayant un apport en énergie d'entretien, n'implique pas de modifications majeures de la flore bactérienne du côlon ni de son activité. En outre, un brusque changement d'alimentation entre deux fourrages, ayant des teneurs en protéines brutes différentes, ne semble pas comporter le même risque de troubles intestinaux qu'un changement passant d'un fourrage, à un concentré riche en amidon.

Valeurs moyennes de concentration en acides gras à chaîne courte (mmol/L) dans le côlon, et pH dans le colon et les fèces après 3 semaines d'adaptation aux régimes de fourrage fournissant un taux recommandé ou élevé de protéines brutes.

	Apport en protéines brutes du fourrage	
	Recommandé	Élevé
Acide acétique	30,5	33,3
Acide propionique	9,1	10,8
Acide butyrique	3,0	4,1
Total d'acides gras à chaîne courte	45,1	51,8
pH du colon	7,2	6,9
pH des fèces	6,6	6,4

## Teneur en protéines brutes des fourrages

### – Effets sur le métabolisme de l'azote et de la consommation d'eau

Les fourrages récoltés tôt, ont un contenu énergétique élevé, mais souvent également une haute teneur en protéines brutes, pouvant entraîner une consommation excessive. Cette étude a observé l'impact sur le métabolisme de l'azote et de la consommation d'eau chez des trotteurs en entraînement, nourris avec deux fourrages enrubannés différents, tous deux composés d'herbe à haute teneur en énergie (>11 MJ/kg de MS). Un enrubannage montrait une haute teneur en protéines brutes (16,6 %) qui provoquait un apport excessif, et l'autre (12,5 %) fournissait un apport recommandé.

Les protéines sont composées d'acides aminés contenant de l'azote (N). Les excédents d'azote ne peuvent être stockés dans le corps, et doivent donc être excrétés. Le régime riche en protéines, supérieur au taux recommandé, de 160 %, entraîna une augmentation de l'excrétion d'azote dans l'urine et les fèces. La concentration en urée plasmatique était plus élevée, lorsque les chevaux étaient nourris avec des fourrages à haute teneur en protéines, indiquant une absorption et un métabolisme de l'azote, accrus. Les chevaux suivant le régime protéiné, consommaient plus d'eau et excrétaient plus d'urine, la production de chaleur accrue provoquant une augmentation de l'évaporation et par conséquent, de la consommation d'eau.

L'excrétion d'azote accrue, et le pH fécal réduit, lorsque les chevaux suivaient un régime riche en protéines, indiquent que la fermentation fut plus active dans le gros intestin, du fait d'une activité plus intense de la flore bactérienne. La concentration en MS dans les fèces était inférieure pour le

régime riche en protéines. L'augmentation de la quantité d'azote dans le gros intestin, peut avoir une incidence sur les flux d'eau dans et hors de l'intestin, et des différences de fractions de fibres des fourrages, peuvent affecter la capacité de rétention d'eau du contenu intestinal.

Les chevaux subirent ensuite de brusques changements d'alimentation, entre l'enrubannage à haute teneur en protéines et celui à teneur recommandée. Dès 15-18 heures après le changement brusque pour une alimentation riche en protéines, le pH de l'urine était nettement inférieur, et après 36-48 heures, l'excrétion azotée par les fèces était plus élevée. Cela indique que le cheval commence rapidement à excréter l'excédent N. Avec le changement brusque d'un régime à haute teneur en protéines, pour un fourrage à teneur recommandée, la consommation d'eau ne diminua que 3 jours après, indiquant que 2 jours sont nécessaires pour que les excès azotés soient rejetés.

En conclusion, avec une consommation excessive de protéines brutes, correspondant à 160 % des besoins des chevaux, l'excédent N est rejeté par excrétion, dès les premières 24 h, via l'urine et les fèces. Ceci implique une plus grande consommation d'eau ainsi qu'une augmentation de l'excrétion urinaire. Cela a-t-il des effets sur les performances des chevaux ? Dans cette étude des tests d'effort furent menés, sur tapis roulant et sur piste. Aucun effet sur les réponses à l'effort des chevaux, ou sur leur récupération pendant et après les tests d'efforts, n'a pu être détecté.

Valeurs moyennes de la consommation d'eau, de l'urine et de l'excrétion d'azote (N), le pH de l'urine et des matières fécales et des MS fécales après 3 semaines d'adaptation aux régimes de fourrage fournissant un taux recommandé ou élevé de protéines brutes.

	Apport en protéines brutes du fourrage	
	Recommandé	Élevé
Consommation d'eau (kg/jour)	16,4	20,8
Excrétion d'urine (kg/jour)	10,6	11,6
Excrétion d'azote via l'urine (g/jour)	117	171
Excrétion d'azote via les fèces (g/jour)	52	63
pH de l'urine	7,46	7,03
pH des fèces	6,27	6,11
MS des fèces (%)	20,9	19,5

## Consommation de fourrage – Effets sur le poids corporel et l'équilibre des fluides

Cette étude a examiné l'impact sur le poids du corps et le volume plasmatique, pendant un jeûne de 12 heures, chez des trotteurs en entraînement, ayant un régime soit d'enrubannage préfané, riche en énergie, soit d'enrubannage préfané et d'avoine, à parts égales. Le même enrubannage préfané fut utilisé pour les deux régimes, et les deux couvraient le double des besoins d'entretien et furent complétés par des minéraux et du sel.

Les chevaux prirent environ 3 kg de poids et burent environ 3 l d'eau de plus, avec le régime à base de fourrage qu'avec le régime à 50:50 fourrage et avoine, et les concentrations en matières sèches (MS) fécales étaient inférieures lorsqu'ils étaient nourris uniquement de fourrage (20,9 contre 25,2 %). Pendant le jeûne, les chevaux ont perdu plus de poids lorsqu'ils étaient nourris d'enrubannage seul, et après 9 heures, une différence de poids importante fut observée : en moyenne, 2,4 kg de plus avec le régime à base de fourrage. Cela pourrait être dû au fait du plus grand rejet d'eau via les fèces, la concentration en matières sèches (MS) fécales étant inférieure lorsqu'ils ne mangeaient que du fourrage. Dans cette étude les chevaux étaient debout dans leurs boxes pendant le jeûne, mais il est probable qu'une perte de

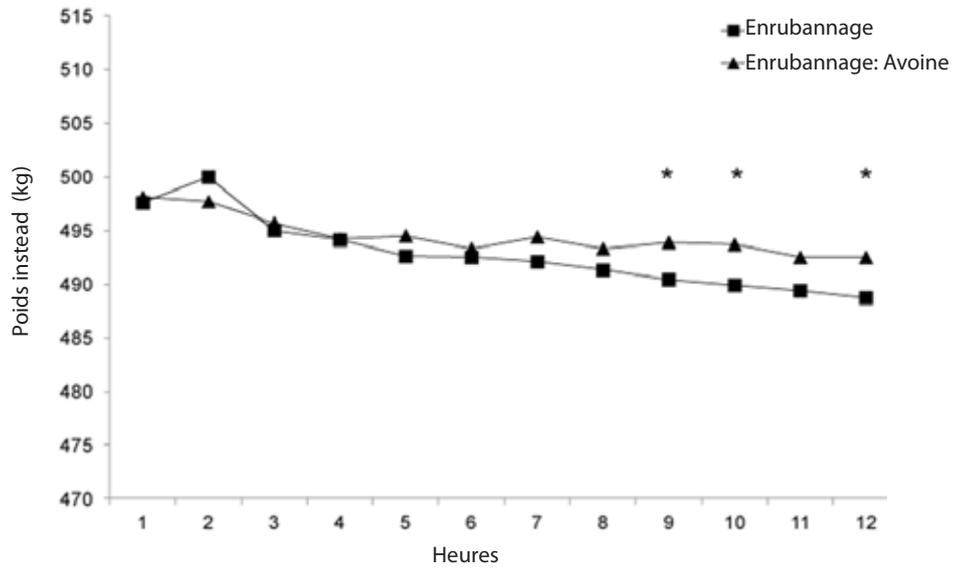
rapoids aurait été observée plus rapidement, si les chevaux avaient été transportés par exemple pour une course, ce qui impliquerait nervosité et défécation.

La concentration de protéines plasmatiques totales, (PPT) mesure indirectement les changements de volume plasmatique total du cheval. Plus la concentration en PPT est élevée, plus le volume plasmatique est réduit. Après 8 heures de jeûne, pour les chevaux nourris au régime foin, avoine, une importante hausse des PPT fut observée, signe d'un début de déshydratation. Avec le régime à base de fourrage seul, ce n'est qu'à la dernière heure de jeûne (heure 11-12) que l'augmentation des PPT fut observée. Les chevaux mangeant uniquement ou principalement du fourrage, peuvent mieux maintenir leur équilibre des fluides, sans doute parce leur réserve de liquide dans le gros intestin est plus importante, les fibres de fourrage liant l'eau.

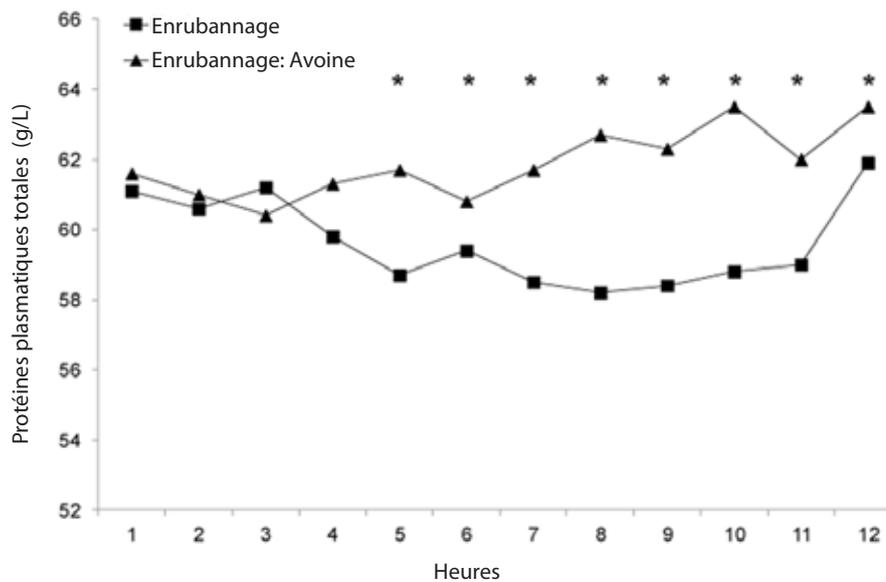
En conclusion, un régime riche en fourrage pourrait être un avantage pour le bilan hydrique du cheval, et faciliterait le maintien de l'équilibre des fluides pour les chevaux performants, lorsqu'ils participent à des courses.



Valeurs moyennes de poids corporel durant un jeûne de 12 heures, chez des trotteurs en entraînement, lorsqu'ils sont nourris d'enrubannage riche en énergie, ou d'un régime composé d'enrubannage et d'avoine, à parts égales. \* signifie des différences significatives entre les régimes alimentaires.



Valeurs moyennes de poids corporel durant un jeûne de 12 heures, chez des trotteurs en entraînement, lorsqu'ils sont nourris d'enrubannage riche en énergie, ou d'un régime composé d'enrubannage et d'avoine, à parts égales. \* signifie des différences significatives entre les régimes alimentaires.



## Consommation de fourrage – Effets sur le poids corporel et l'effort

Cette étude a examiné les effets sur le poids et la réponse à l'effort, chez des trotteurs en entraînement, lorsqu'ils sont nourris uniquement de fourrage riche en énergie (enrubannage préfané, récolte précoce) comparés à ceux qui suivent un régime à 50 % de fourrage (récolte tardive) et 50% de concentré. Les récoltes précoces et tardives provenaient de la même parcelle, le concentré se composait principalement d'avoine et de farine de soja, et les deux régimes furent complétés avec des minéraux du sel. Les deux régimes fournissaient la même énergie quotidienne et le même apport protéique.

Trois chevaux commencèrent le régime à base de fourrage seulement, et trois celui à base de fourrage et concentrés, puis ils permutèrent, afin que tous les chevaux soient testés pour les deux régimes. Les chevaux suivirent le régime alimentaire pendant 17 jours avant de passer les tests d'effort par intervalles, avec quatre intervalles de 600 mètres (vitesses moyennes : 10,5-13 m/s) sur une piste avec une inclinaison de 0,6 %. Les chevaux furent testés par paires et l'échantillonnage effectué avant et après les tests d'effort. Le même jockey conduisit le même cheval dans les deux tests, sans savoir son régime alimentaire. Après les tests, les jockeys devaient évaluer le tempérament et l'excitabilité des chevaux.

Avant le test, les chevaux nourris avec le fourrage seul, avaient tendance à être plus lourds (valeurs moyennes: 522 kg

contre 519 kg). Quinze minutes après le test par intervalles, les chevaux furent pesés à nouveau et aucune différence n'apparut. Différence de perte de poids : les valeurs moyennes étaient de 8,5 kg pour le régime de fourrage seul, et de 7,0 kg pour le régime de fourrage, concentré. 24 heures après le test d'effort, les chevaux recevant le régime à base de fourrage seul étaient plus lourds que ceux alimentés par le régime composé (valeurs moyennes: 517 kg contre 512 kg). Cela indiquait une reprise de poids plus rapide.

La concentration plasmatique en acide lactique après les tests d'effort, ne différait pas entre les régimes alimentaires. La fréquence cardiaque moyenne était légèrement plus élevée après l'effort, et les 15 et 30 minutes après l'effort la fréquence respiratoire était plus élevée, lorsque les chevaux avaient été nourris avec le régime fourrage et concentré. Aucune différence statistiquement significative ne fut notée dans les évaluations par les jockeys, des tempéraments durant l'effort des chevaux. Mais 4 des 6 chevaux obtenaient une note supérieure pour leur tempérament durant l'effort, lorsqu'ils étaient nourris de fourrage et de concentré. Cela indique une réponse psychologique, le régime composé entraîna une augmentation des fréquences cardiaques et respiratoires. Il est connu que les concentrés peuvent avoir pour effet d'augmenter "l'excitabilité" chez certains individus, mais les raisons qui restent inconnues.

Valeurs individuelles et moyennes ( $\pm$  SE) pour le classement des tempéraments des chevaux par les jockeys, sur une échelle allant de 0 à 11,5 (0 correspondant à "paresseux" et 11,5 à "tirant très fort"), au cours des efforts par intervalles, lorsque les chevaux étaient nourris de fourrage seul, riche en énergie, ou d'un mélange fourrage : concentré.

Cheval	Fourrage seul	Fourrage : Concentré
1	7,6	7,7
2	4,7	5,9
3	7,9	5,7
4	7,5	10,1
5	5,8	8,3
6	5,5	6,5
Valeur moyenne	6,5 $\pm$ 0,5	7,4 $\pm$ 0,7

## La composition en fibres des fourrages affecte l'écosystème du gros intestin

Cette étude a observé l'impact sur l'écosystème du gros intestin, d'un régime d'enrubannage préfané à récolte précoce, d'enrubannage de luzerne et d'un régime alimentaire plus classique à base de fourrage enrubanné préfané de récolte tardive, complétée avec du concentré. Les enrubbannages d'herbe provenaient de la même parcelle, mais avaient été récoltés à 6 semaines d'intervalle, le concentré était composé d'avoine et de farine de soja.

Aucune différence ne fut constatée dans les concentrations totales de bactéries anaérobies et cellulolytiques dans le gros intestin. Les concentrations en bactéries pectinolytiques et xylanolytiques étaient inférieures lorsque les chevaux avaient mangé le fourrage enrubanné d'herbe à récolte précoce, peut-être parce que les fibres facilement fermentescibles (inclus dans l'hémicellulose) avaient été fermentées plus en amont dans le tractus gastro-intestinal et n'étaient donc plus disponibles dans le gros intestin. Aucune différence pour les bactéries dégradant l'amidon, mais la concentration en bactéries utilisant le lactate était plus élevée lorsque les chevaux avaient été nourris d'enrubannage préfané d'herbe de récolte tardive et de concentré. Ceci peut résulter de la teneur plus élevée en fécule, du concentré, la fermentation de la fécule par les bactéries du gros intestin, produit en effet du lactate.

La concentration en acides gras à chaîne courte dans le gros intestin reste inchangée entre les régimes alimentaires. Mais la proportion (acide acétique + acide butyrique) / acide propionique était inférieure avec le régime d'enrubannage préfané d'herbe de récolte tardive et de concentré qu'avec les deux régimes sans fourrage. La quantité d'acide produite affectée par le régime - beaucoup de fourrage donne une plus grande part d'acide acétique + acide butyrique et le concentré produit une grande part d'acide propionique. Dans cette étude les chevaux n'avaient pas reçu de grand repas à base de concentré, riche en amidon, et c'est pourquoi aucune diminution du pH du gros intestin ne fut observée.

En conclusion, les différents régimes à base de fourrage impliquent des changements mineurs dans la flore intestinale, mais le concentré, même en petits repas, permet l'augmentation de la concentration de bactéries utilisant le lactate.

Valeurs moyennes de la concentration de bactéries utilisant le lactate du cæcum, du colon et des fèces, lorsque les chevaux étaient nourris d'enrubannage préfané à récolte tardive, complété de concentrés, et d'enrubannage préfané à récolte précoce, et d'enrubannage de luzerne.

	Bactéries utilisant le lactate (log cfu/ml)		
	Herbe enrubannée préfanée: Concentrés	Herbe enrubannée préfanée	Luzerne enrubannée préfanée
Caecum	7,7	6,6	6,6
Colon	6,9	5,7	6,4
Faeces	7,8	6,8	6,9

## Impact de l'ordre de distribution des aliments

L'ordre de distribution des aliments peut avoir un impact sur l'écosystème du gros intestin du cheval. Cette étude a observé chez des chevaux de sport au travail, l'effet sur l'écosystème du gros intestin, d'une distribution de fourrage (foin) préalable à la distribution de concentré (avoine) et vice versa.

Lorsque les chevaux étaient nourris de fourrage avant les concentrés, le pH des matières fécales et le pouvoir tampon des fèces, la concentration de l'acide acétique, et le ratio acide acétique / acide propionique étaient plus élevés, alors que la concentration en acide propionique était inférieure.

Les résultats de cette étude montrent que les pratiques d'alimentation influent sur l'activité de la flore du gros intestin, (acides gras à chaîne courte) et sur son écosystème. L'alimentation de fourrage avant les concentrés donne une plus grande capacité-tampon dans le gros intestin, ce qui pourrait protéger contre "l'acidification" du contenu du colon, par exemple, avec une baisse du pH.

Valeurs moyennes des pH, des acides gras à chaîne courte et de la capacité tampon dans les fèces lorsque les chevaux étaient nourris soit de fourrage ou de concentrés en premier.

	Fourrage en premier	Concentrés en premier
pH	6,6	6,4
Acide acétique (mol %)	77,0	72,9
Acide propionique (mol %)	12,3	16,3
Capacité tampon (mmol/l)	108	84



## Troubles comportementaux – Stéréotypies

Les animaux captifs qui subissent des problèmes insolubles, peuvent développer des troubles comportementaux ou des stéréotypies, comme par exemple, les balancements, le fait de ronger les mangeoires, faire les cent pas dans le box, mâcher du bois. De nombreux facteurs influent sur le développement de troubles de comportement, mais la quantité de fourrage donnée au cheval en est l'un des principaux.

Des études ont montré que, plus les chevaux recevaient des fourrages, moins le risque était grand qu'ils développent des troubles du comportement. La quantité de concentrés avait l'effet contraire : plus le cheval mange des concentrés,

plus le risque de troubles du comportement est grand. Une litière faite de paille réduit aussi le risque de troubles du comportement.

La raison à cela peut être qu'une forte consommation de fourrage fournit suffisamment de fibres, mais aussi plus d'occupation. Il est important de prévenir ces troubles du comportement car, quand ils sont apparus, il est difficile de s'en débarrasser.

## Enrubannage ou concentrés – Les effets sur les réactions à l’insuline

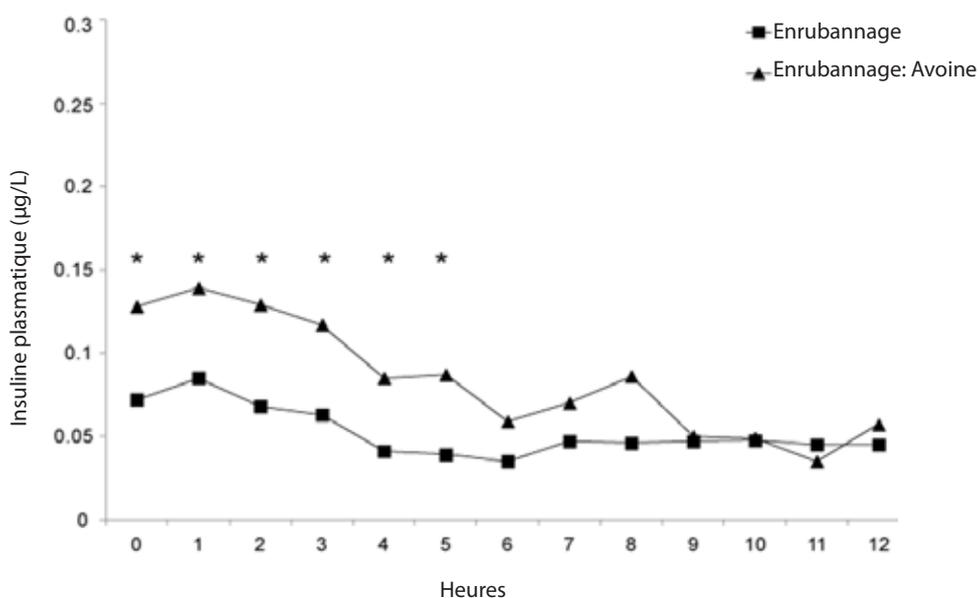
Cette étude a observé l’impact du régime sur la réaction à l’insuline durant l’alimentation et au cours d’un jeûne de 12 heures, de trotteurs en entraînement. Un régime alimentaire composé uniquement de fourrage riche en énergie (enrubannage préfané) a été comparé à un régime composé de fourrage et d’avoine à 50:50. Le même fourrage fut utilisé pour les deux régimes, et les deux couvraient le double des besoins d’entretien et furent complétés avec des minéraux et du sel.

La concentration en insuline dans le plasma était inférieure avant et après l’alimentation, lorsque les chevaux suivaient le régime enrubannage. Durant les 5 premières heures de

jeûne, la concentration en insuline plasmatique fut sensiblement réduite avec le régime à base de fourrage seul. La concentration d’insuline demeura presque inchangée, avant et après le repas, et au cours du jeûne, avec le régime à base de fourrage, tandis qu’il était plus élevé avant, et augmenta après le repas, pour le régime à base de foin : avoine.

Un régime alimentaire composé uniquement de fourrage n’implique pas la même augmentation de la concentration en insuline plasmatique, qu’un régime alimentaire comportant des concentrés riches en amidon.

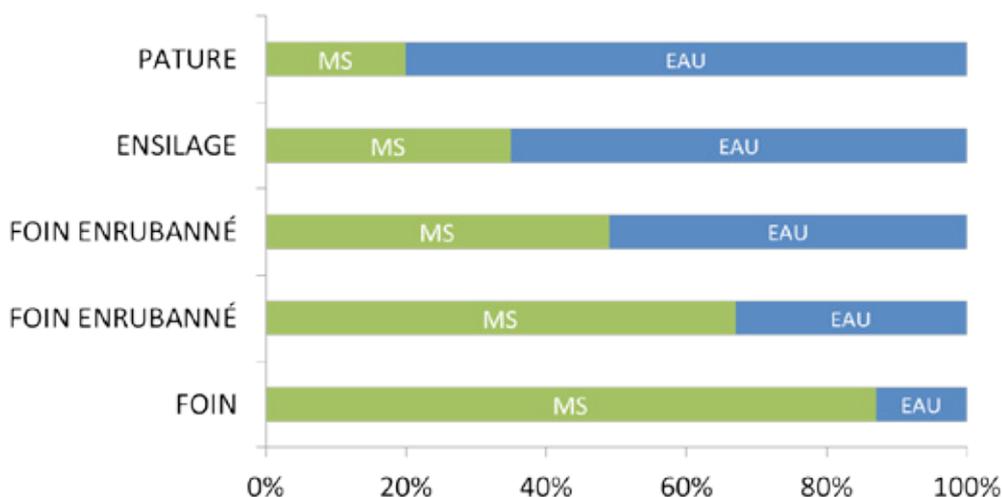
Valeurs moyennes d’insuline plasmatique durant un jeûne de 12 heures, chez des trotteurs en entraînement, lorsqu’ils sont nourris d’enrubannage riche en énergie, ou d’un régime composé d’enrubannage et d’avoine, à parts égales. \* signifie des différences significatives entre les régimes alimentaires.



## Poids en aliments et poids en matière sèche (MS)

La matière sèche (MS) d'un fourrage, est le matériau sec qui subsiste, lorsque la teneur en eau du fourrage est déduite. Comme l'eau ne contient pas d'éléments nutritifs, il est très important de connaître la concentration en MS du fourrage. Cela détermine sa valeur nutritionnelle et permet de calculer des rations alimentaires adaptées. La quantité d'eau contenue dans le fourrage varie grandement entre pâturages, ensilage, enrubannages, et foin, comme le montre clairement la figure ci-dessous. Lorsqu'un échantillon est envoyé pour analyse, la concentration de MS

est incluse. Il est parfois nécessaire de calculer le contenu nutritionnel des superficies fourragères ou de convertir le nombre de kg de MS en nombre de kg d'aliments, et vice-versa. Si vous avez, par exemple, calculé les besoins du cheval en kg de MS, vous devez les recalculer en kg d'aliments pour savoir combien de nourriture vous devez préparer. Deux exemples de calculs sont indiqués ci-dessous, le calcul de l'énergie et la teneur en protéines, en kg de MS, converti en kg d'aliments et kg d'aliments en kg de MS, pour le foin et l'enrubannage.



Énergie métabolisable et protéines brutes digestibles (PBD) par kg d'aliment et par kg de MS pour le foin et l'ensilage avec les.

	Foin (82% de MS)	Enrubannage (45% de MS)
Énergie en MJ/kg d'aliments	9,5	5,2
Énergie en MJ/kg de MS	11,6	11,6
PBD en g/kg d'aliments	93	57
PBD en g/kg de MS	113	127

## Exemples de calculs:

### De kg de MS à kg d'aliments:

*Foin* 82% *MS* ( $82/100 = 0,82$ )  
11,6 MJ/kg de *MS* »  $11,6 \times 0,82 = 9,5$  MJ/kg d'aliments  
113 g PBD/kg de *MS* »  $113 \times 0,82 = 9,5$  PBD/kg d'aliments

*Enrubannage* 45% *MS* ( $45/100 = 0,45$ )  
11,6 MJ/kg de *MS* »  $11,6 \times 0,45 = 5,2$  MJ/kg d'aliments  
127 g PBD/kg de *MS* »  $127 \times 0,45 = 9,5$  PBD/kg

### De kg d'aliments à kg de MS:

*Foin* 82% *MS* ( $82/100 = 0,82$ )  
9,5 MJ/kg d'aliments »  $9,5 / 0,82 = 11,6$  MJ/kg de *MS*  
93 g PBD/kg d'aliments »  $93 / 0,82 = 9,5$  PBD/kg de *MS*

*Enrubannage* 45% *MS* ( $45/100 = 0,45$ )  
5,2 MJ/kg d'aliments »  $5,2 / 0,45 = 11,6$  MJ/kg de *MS*  
57 g PBD/kg d'aliments »  $57 / 0,45 = 9,5$  PBD/kg de *MS*



## Foin, enrubannage préfané, enrubannage – Quelle est la différence?

Le foin doit être aussi sec que possible et non enveloppé dans du plastique, mais aucune définition claire distingue l'enrubannage préfané de l'enrubannage. Couramment, l'enrubannage préfané est plus sec que l'enrubannage, et certains enrubannages sont tellement secs, que c'est du foin enrubanné. Dans les expériences sur l'alimentation présentées ici, les enrubannages à concentrations en matière sèche (MS) entre 50 et 70 % sont appelés enrubannages préfanés, et entre 35 et 50 % ils sont appelés enrubannages. Le tableau montre certains résultats d'analyses de 3 parcelles d'herbe, ayant été utilisées dans des expériences sur l'alimentation de chevaux, et conservée sous forme de foin, d'enrubannage préfané et d'enrubannage. Pour chaque parcelle, l'herbe fut récoltée le même jour; afin d'étudier uniquement les effets de la méthode de conservation.

La méthode de conservation a un certain impact sur la composition chimique du fourrage. Dans des fourrages plus secs, comme le foin et l'enrubannage préfané, la fermentation de l'acide lactique est peu ou pas présente, et

la valeur du pH augmente alors. Durant la fabrication de l'enrubannage préfané, le taux de fermentation dépend de la quantité d'humidité présente dans les récoltes. Le préfanage retarde la multiplication bactérienne et conduit à un pH et une teneur en sucre plus élevés. On peut dire que les bactéries productrices d'acide lactique présentes dans l'enrubannage "mangent" le sucre.

On remarque des concentrations d'azote inférieures et de fraction de fibres NDF supérieures dans le foin, comparées au fourrage enrubanné récolté simultanément. Cela peut être dû à de plus grandes pertes de feuilles lors de la manipulation dans le champ; pendant la fenaison la récolte est davantage flétrie et les feuilles les plus fines et plus nutritives deviennent plus fragiles, chutent plus facilement et se restent au sol.

La méthode de conservation a un certain impact sur le cheval, notamment sur la digestibilité, la consommation en eau et l'équilibre des fluides.

Résultats des analyses de 3 parcelles dont l'herbe a été stockée en tant que le foin, fourrage enrubanné préfané ou fourrage enrubanné, et qui ont été utilisés dans les expériences sur l'alimentation des chevaux (En g/kg de MS si aucune autre indication).

	Parcelle 1 (première récolte)			Parcelle 2 (première récolte)		Parcelle 3 (deuxième récolte)	
	Hay	Haylage	Silage	Hay	Silage	Haylage	Silage
MS (%)	81	55	36	82	45	68	41
Énergie (MJ/kg MS)	11,7	11,5	11,5	11,6	11,6	11,2	11,3
Protéines brutes	170	152	174	155	167	145	131
NDF	483	469	429	479	430	477	456
ADF	273	280	277	263	273	281	283
Sucre <sup>1</sup>	117	122	80	157	140	132	106
Acide lactique	0,5	2,0	34,7	-	6,7	1,7	29,9
Acide acétique	0,1	0,8	4,0	-	1,3	0,3	2,9
pH	6,0	5,6	4,5	-	5,3	5,8	4,8
Bactéries acide lactique <sup>2</sup>	0	4,3	6,6	0,4	5,1	-	-
Moisissure <sup>2</sup>	2,6	0,8	1,7	1,1	0	2,2	< 2,0

<sup>1</sup> Glucose, fructose, saccharose et fructosanes.

<sup>2</sup> log<sub>10</sub> UFC/g d'aliments.



### Stocker les balles rondes debout

Le film plastique pour l'enrubannage de balles est un film étirable qui devient un peu collant quand il est tendu, ce qui permet aux couches de plastique d'adhérer et rendre la balle plus étanche à l'air. Lorsque elle est stockée debout, les couches de plastique reposent verticalement, et la pression du contenu de la balle étire le plastique, ainsi les couches de plastique continuent d'être collantes et la balle reste étanche à l'air.

Si la balle est couchée sur le côté, les couches de plastique sont horizontales, et la pression du contenu de la balle ne peut pas étendre le plastique aussi bien que lorsqu'elle est debout. Cela peut entraîner une réduction de l'étanchéité à l'air. Si la malchance s'y ajoute, l'eau de pluie peut pénétrer entre les couches en plastique sur les balles stockées couchées.

Afin de s'assurer que les balles restent étanches à l'air et prévenir une mauvaise qualité hygiénique - stockez les balles rondes debout!

## Horsewrap ou film standard

Horsewrap est un film étirable plus résistant, développé pour l'enrubannage de balles de foin pour les chevaux pour supporter les matières fraîches plus pointues et plus raides qu'impliquent les concentrations élevées en MS. Dans cette étude, du film Horsewrap a été comparé à du film étirable standard pour enrubannage de balles, et des lots de 32 balles enveloppées dans l'un des deux films. La récolte provenait de 2 parcelles de dactyle aggloméré de seconde coupe. Les deux films étirables étaient de 25 µm d'épaisseur et 750 mm de largeur, préétirés à environ 70 %, et le chevauchement sur la balle était de 50 % de la largeur du film.

Une grande différence de dommages de surface entre les deux films étirables fut constatée, mais aussi une grande variation individuelle entre les balles. Les pertes en éléments nutritifs étaient plus importantes dans les balles enrubannées avec le film standard du fait de dommages à plus grande superficie (attaques d'oiseaux) et le fourrage

fut donc éliminé. Outre les oiseaux, des chats causèrent beaucoup de problèmes, mais les griffures peuvent aussi avoir été causées par d'autres animaux comme des chiens. Le film étirable Horsewrap supportait mieux les attaques de surface et avait des joints plus serrés. Il permit des balles plus étanches au gaz par rapport au film étirable standard. L'étanchéité au gaz est mesurée par l'insertion d'une valve unidirectionnelle (Ekolag) à travers le plastique, créant une petite pression négative, et l'on mesure le temps en secondes qu'il faut pour que la pression négative passe de -20 mm à -15 mm sur la colonne d'eau.

En conclusion, les balles doivent être protégées contre les attaques d'oiseaux, sinon, des moisissures peuvent se développer et donner lieu à de grandes pertes d'éléments nutritifs. Le film étirable Horsewrap donne des balles plus étanches au gaz, donc moins de dommages en surface et de pertes d'éléments nutritifs provenant de moisissures.

Valeurs moyennes de MS, densité, étanchéité au gaz, dommages de surface, pertes totales d'éléments nutritifs et pertes causés par le développement de moisissures en surface, avec du film standard et du Horsewrap.

	Film d'enrubannage standard	Horsewrap
Contenu en MS (g/kg matières fraîches)	552	578
Densité (kg MS/m <sup>3</sup> )	219	207
Étanchéité à l'air (secondes)	71	84
Dommages de surface (en % de surface de la balle)	4,9	2,1
Pertes en éléments nutritifs (g/kg MS)	110	78
» dont dommages de surface (moisissures) (g/kg MS)	50	9
Pertes en conservation estimées (g/kg MS) avec balles "serrées" (par ex. moins les dommages de surface)	60	69



## Couches de plastique

Le nombre de couches de film plastique enrubannant la balle a un impact sur l'étanchéité au gaz. Cette étude, a observé l'étanchéité au gaz, la densité, les dommages de surface, les pertes totales d'éléments nutritifs causées par le développement de moisissures en surface, sur des lots de 16 balles enrubannées respectivement avec 6 et 8 couches de film étirable Horsewrap ou standard, pour un total de 64 balles. La récolte provenait de 2 parcelles de dactyle aggloméré de seconde coupe. Les deux films étirables avaient une épaisseur de 25  $\mu\text{m}$ , une largeur de 750 mm, et étaient préétirés à environ 70 %, avec un chevauchement sur la balle de 50 % de la largeur du film.

Les dommages de surface (attaques d'oiseaux) du film standard à 6 couches, étaient nettement différents des trois autres traitements (p. 24). Outre les oiseaux, des chats causèrent beaucoup de problèmes, mais les griffures ou trous peuvent aussi être dus à d'autres animaux comme des chiens. Les balles enrubannées de 6 couches de film standard montraient de grands dommages de surface, mais l'ajout de 2 couches réduit substantiellement le problème.

Les balles à 6 couches de Horsewrap étaient comparables à celles enrubannées de 8 couches de film d'enrubannage standard. of Aucune différence majeure entre balles enrubannées de 6 ou 8 couches de Horsewrap, ou de 8 couches de film standard. Toutefois, avec les deux types de films étirables, l'étanchéité au gaz était environ deux fois meilleure avec 8 couches qu'avec 6. L'étanchéité au gaz est mesurée par l'insertion d'une valve unidirectionnelle (Ekolag) à travers le plastique, créant une légère pression négative, et l'on mesure le temps, en secondes, nécessaire pour que la pression négative passe de -20 mm à -15 mm dans la colonne d'eau.

En conclusion, les balles doivent être protégées contre les attaques d'oiseaux, pour éviter la formation de moisissures et la perte d'éléments nutritifs. Le nombre de couches de film plastique a un impact sur les dommages de surface : pour les balles enrubannées avec 6 ou 8 couches de film plastique, les pertes nutritionnelles étaient de 56 g/kg de MS, et de 330 kg de MS par balle, la perte économique étant de 2,5 € par balle.

## Recommandations de Trioplast:

- » Enrubannage à un taux de MS à 35-50% pour un enrubannage normal.
- » Enrubannage préfané à un taux de MS à 50-65% pour un enrubannage préfané normal.

Il n'est pas recommandé d'enrubanner le fourrage récolté avec un taux de MS au-dessus de 70 %, surtout si la récolte est faite à un stade de croissance tardif. Dans de telles conditions, la quantité d'air contenue dans une balle peut causer le développement de moisissures ou de levures indésirables.

Dans de telles circonstances, la quantité d'air piégée dans la balle, peut provoquer la croissance des moisissures et des levures au début de la période de stockage. Outre que le fourrage stocké dans les balles devient beaucoup plus lig-neux , et peut percer les couches de film au cours du cycle d'enrubannage, nuisant à l'étanchéité à l'air, cela peut

entraîner l'intrusion d'eau et l'apparition de mauvaises odeurs. Il y a également un risque élevé de dommages dus au chaume sous les balles, lors du déchargement de des bal-lots dans le champ.

Lorsque du fourrage à teneur en MS plus élevée (60-70%) est enrubanné, nous recommandons d'augmenter le nombre de couches afin de mieux protéger la balle, pour com-penser la moins bonne stratification entre les couches de film, et les perforations du film pendant l'enrubannage des premières couches.

Valeurs moyennes de MS, densité, étanchéité au gaz, dommages de surface, total des pertes d'éléments nutritifs et pertes causées par la croissance des moisissures en surface, en utilisant 6 ou 8 couches de film standard ou de Horsewrap.

	Film d'enrubannage standard		Horsewrap	
	Nombre de couches de film:			
	6	8	6	8
Contenu en MS (g/kg matières fraîches)	539	564	556	600
Densité (kg MS/m <sup>3</sup> )	218	219	197	217
Étanchéité au gaz (secondes)	40	102	63	105
Dommages de surface (en % de surface de la balle)	9,2	0,6	2,9	1,4
Pertes en nutriments (g/kg MS)	152	67	92	65
» dont des dommages de surface (moisissures) (g/kg MS)	93	8	29	8
Pertes en conservation estimées (g/kg MS) avec balles "serrées" (par ex. moins les dommages de surface)	59	59	63	57

### "Ré-enrubanner" en petites balles

L'enrubannage préfané ou non, en grandes balles peut être problématique pour les fermes équestres de moindre importance. Elles sont trop longues à consommer et ne peuvent pas être déplacées manuellement. Les petites balles d'enrubannage ou de foin, plus adaptées, sont produites principalement de deux façons : avec des presses à balles cylindriques, ou avec des presses à balles carrées, classiques, à haute densité, utilisées pour la fenaison au moment de la récolte, ou pour l'enrubannage en grandes balles rondes, ouvertes plus tard au cours de l'hiver pour être ré-enrubannées en petites balles carrées. Pour obtenir une densité de balle suffisante, avec les presses à balles carrées, classiques à haute densité, les lieurs d'origine peuvent être remplacés par des lieurs prévus pour de grandes presses à balles carrées. Ainsi des ficelles plus solides peuvent être utilisées pour atteindre les densités souhaitées.

Une étude pilote a été réalisée avec de grosses balles d'enrubannage (45-55% MS) de bonne qualité hygiénique, ouvertes à la fin du mois de mars, et immédiatement ré-enrubannées en petites balles carrées, à l'aide d'une presse à balles fixe à haute densité. Après 30 jours de stockage, les nouvelles balles furent ouvertes et échantillonnées une fois par semaine pendant 6 semaines. Les analyses effectuées portaient sur le contenu nutritionnel et la prévalence des levures, moisissures, bactéries d'acide lactique et Clostridium.

Le ré-enrubannage en petites balles n'a produit aucune différence du contenu nutritionnel. La qualité hygiénique des petites balles n'était pas modifiée, à part une petite augmentation des levures, dont la cause est difficile à déterminer. Les petites balles ré-enrubannées atteignirent une haute densité, comparable aux densités de grosses balles, d'environ 200 kg de MS/m<sup>3</sup>, cela pouvant résulter du fait que le fourrage avait déjà été enrubannée, et était donc souple et compacté. Sinon, il est généralement difficile de dépasser 160 kg de MS/m<sup>3</sup> grâce à un processus d'enrubannage classique.



## Qualité hygiénique du fourrage

La qualité hygiénique du fourrage est importante pour que le cheval reste en bonne santé. Le foin doit être sec et exempt de poussière, une mise en balles serrées et une bonne étanchéité à l'air. Voici une présentation de certaines analyses chimiques, utilisées pour évaluer la qualité hygiénique de l'enrubannage et vérifier si elle est acceptable pour les animaux. Le tableau à la page suivante montre certaines des valeurs limites utilisées

La valeur du pH est une mesure de l'acidité secrétée. Les acides sont plus ou moins forts, le pH étant la résultante des forces des acides présents. Un enrubannage humide doit être suffisamment acide pour que toute croissance microbienne cesse. Le préfanage inhibe aussi la prolifération des bactéries, en réduisant la quantité d'eau, et ne nécessite donc pas un pH aussi acide. C'est pourquoi un pH acceptable varie en fonction de la concentration en MS du fourrage, et pour les fourrages très secs, la valeur du pH n'est plus une mesure de qualité valide.

L'acide lactique est produit au cours d'un processus d'ensilage réussi, par les bactéries productrices d'acide lactique (LAB), qui dégradent les hydrates de carbone. C'est l'acide le plus puissant secrété pendant le processus d'ensilage et donc celui qui contribue le plus à la baisse du pH. Les LAB sont des bactéries tolérantes et les dernières à croître encore, lorsque le pH diminue. Lorsqu'elles cessent de croître, le pH est suffisamment bas pour inhiber toutes les activités microbiennes et l'ensilage est alors stable pour le stockage, tant qu'il reste étanche à l'air.

Certaines LAB peuvent également produire de l'acide acétique, mais ce dernier n'est pas aussi fort que l'acide lactique et ne baisse donc pas autant le pH. Certaines bactéries indésirables, comme les entérobactéries, peuvent aussi produire de l'acide acétique. De trop fortes concentrations en acide acétique sont donc une indication que le processus d'ensilage n'a pas réussi et que des bactéries indésirables se sont développées dans le fourrage, surtout si dans le même temps, la teneur en acide lactique du fourrage est faible.

L'acide butyrique n'est pas souhaité dans l'enrubannage, étant secrété principalement par le Clostridium. De fortes concentrations en acide butyrique associées à un rapport azote ammoniacal (N) / azote total élevé, montre que l'ensilage a été dégradé par le Clostridium, qui pénètre la

récolte lorsqu'elle est contaminée par de la terre ou du fumier. Une bonne hygiène en prévention des contaminations et un préfanage à au moins 30% permettent d'éviter le Clostridium.

L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) reflète quelle part de protéine du fourrage, a été dégradée par une activité microbienne indésirable, et principalement par les Clostridia protéolytiques et les entérobactéries. Une forte concentration de  $\text{NH}_3\text{-N}$  est donc une indication de leur présence dans le fourrage. Pour évaluer la quantité de protéines endommagées du fourrage, on calcule le pourcentage de  $\text{NH}_3\text{-N}$  par rapport à la quantité d'azote total N ( $\text{NH}_3\text{-N}/\text{N total}$ ).

Si la température de l'enrubannage augmente, un processus chimique liant les protéines aux fibres, a probablement eu lieu. Cela peut se produire lorsque l'air pénètre dans la balle et que les microorganismes aérobies indésirables se développent, dans ce cas une sécrétion de toxines est aussi suspectée. Mais la température peut également s'élever de manière précoce, du fait de la respiration cellulaire, et de la consommation de sucre, sans que cela signifie une croissance de microorganismes. Si le sucre est en quantité insuffisante, l'ensilage peut mal se faire. L'élévation de température entraîne une diminution de la valeur nutritive car les protéines précieuses se lient aux fibres, et deviennent alors indigestes. Une analyse de l'azote ADF (ADF-N) permet d'estimer la quantité de protéines qui s'est liée aux fibres, si le taux d'ADF-N est de 20% cela implique que 20% des protéines sont dégradées.

Le nitrate est un composé azoté toxique, qui se trouve principalement dans la matière fraîche. Les concentrations peuvent être élevées pour les parcelles fortement fertilisées à l'azote et récoltées tôt, surtout s'il y a eu sécheresse après la fertilisation ou si la récolte intervient tôt. Au cours du processus d'ensilage, le nitrate est complètement dégradé en ammonium, ou partiellement en sous-composés tels que le nitrite et autres oxydes d'azote. Le nitrate est moins dégradé dans les matières fraîches à haute teneur en sucre, ayant été préfanées ou quand de l'acide a été ajouté.

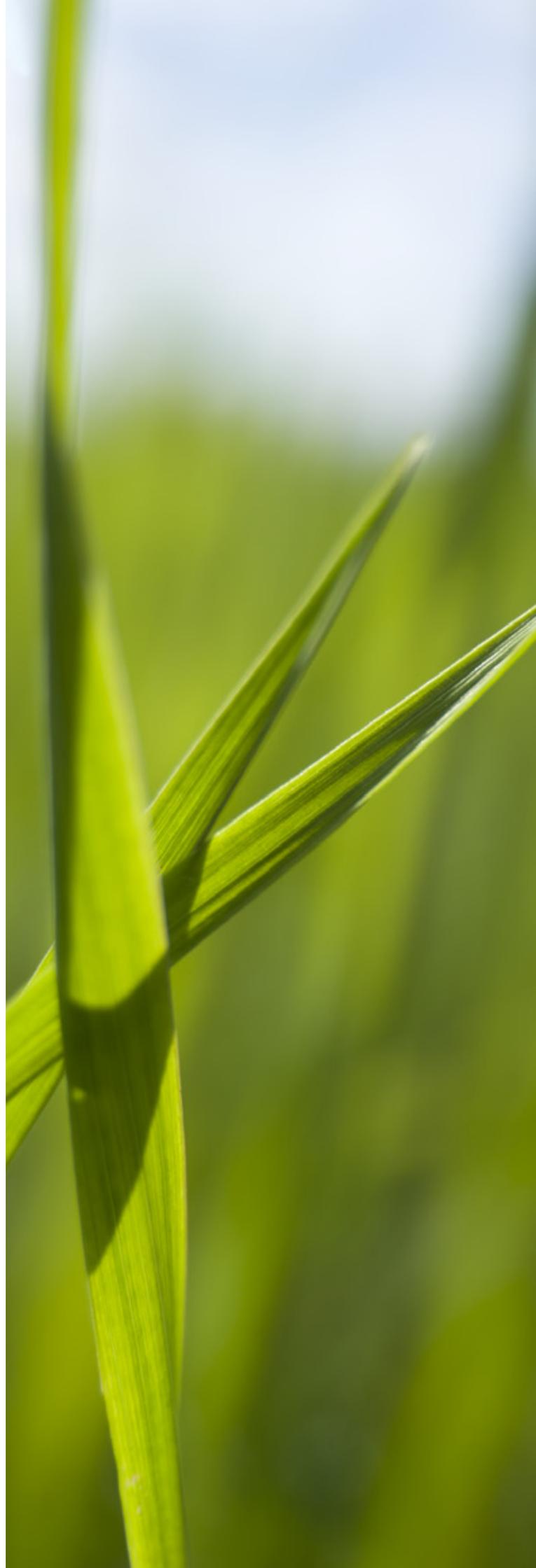
Certaines valeurs limites utilisées lors de l'évaluation de la qualité hygiénique du fourrage		
pH	< (0.0257*MS %) + 3.71 Enrubannage coupe directe Préfané (<35 % MS) Préfané (>50 % MS)	S'applique pour des taux de MS de 15-50 % < 4.2 = bon < 4.5 = bon Mesure non utile
Acide lactique	Enrubannage à coupe directe avec de l'acide formique: 6-10 % of MS Enrubannage à coupe directe sans acide formique: 8-12 % of MS Enrubannage, préfané (30-60 % de MS) 3-7 % of MS	= normal = normal = normal
Acide acétique	Tout ensilage 1-3 % de MS	= normal
Acide butyrique	< 0,10 % de l'échantillon 0,10-0,30 % de l'échantillon > 0,30 % de l'échantillon	= bon = moins bon = mauvais
NH <sub>3</sub> -N	< 8 % de l'azote total 8-12 % de l'azote total > 12 % de l'azote total	= bon = moins bon = mauvais
Azote ADF	2-5 % de l'azote total > 15 % de l'azote total	= normal = très mauvais
Nitrate (NO <sub>3</sub> )	< 1,85 % de l'alimentation	Possiblement sain



## Analyse microbiologique du fourrage

Une analyse microbiologique du fourrage, consiste à cultiver différents micro-organismes (bactéries, levures, moisissures) pouvant s'y trouver. Une évaluation qualitative peut être faite, si différentes espèces de moisissures sont identifiées et si une moisissure productrice de toxine est détectée, il est possible d'analyser les mycotoxines qu'elle sécrète. Pour les fourrages humides la valeur du pH est également mesurée. Pour les fourrages secs, comme le foin, l'activité de l'eau ( $w_a$ ) est déterminée, elle reflète la quantité d'eau disponible pour les micro-organismes et est également une mesure de la stabilité au stockage. L'activité de l'eau diffère de la concentration en MS, est définie par un nombre entre 0 et 1, et ne doit pas dépasser 0,7, pour qu'un fourrage sec puisse être considéré comme stable pour le stockage.

Une analyse de l'hygiène microbiologique est envisagée, lorsqu'un examen visuel et oral a établi que le fourrage était dégradé. L'objectif de cette analyse est de déterminer si le fourrage est comestible ou non. Il est préférable d'appeler d'abord le laboratoire et de décrire le problème et le fourrage supposé endommagé (apparence/odeur), puis de suivre les instructions expliquant où et comment prendre des échantillons et comment les envoyer. Ils devront en général être maintenus au froid, mais non congelés, et envoyés au laboratoire dès que possible. Après analyses, le laboratoire évalue globalement la qualité hygiénique et peut émettre un avis 'sans objection', ou compléter par différentes valeurs.



## Date de récolte et qualité hygiénique de l'enrubannage préfané

Les fourrages enrubannés pour chevaux sont en général récoltés à un stade de croissance botanique relativement tardif. La maturité de la plante influence le contenu nutritionnel mais aussi la composition de la microflore vivant dans l'herbe récoltée. Cette étude effectuée en Suède, a examiné comment une date de récolte tardive affecte la qualité hygiénique du fourrage. La prolifération microbienne et la composition chimique dans l'enrubannage, pendant la conservation et le stockage, furent comparées entre trois premières récoltes provenant de la même parcelle (principalement de la fléole des prés et de la fétuque des prés). Les trois fourrages furent récoltés en mai (épiaison approximative de 50 % de la fléole des prés), en juin (graines de fléole des prés présentes dans les épis et fermement fixées) et en août (tiges de la fléole des prés sèches et flétries, graines absentes des épis).

Il a été démontré que la date de récolte a un impact sur la qualité hygiénique de foin, mais dans une mesure limitée. Une récolte plus tardive implique une quantité plus grande de levure, mais moins d'entérobactéries. La date de récolte

n'eut par contre aucun effet sur le nombre de spores de Clostridium. Avant conservation, le plus grand nombre d'espèces de moisissures correspond à la récolte la plus tardive, mais après il n'y avait aucune différence.

La date de récolte n'eut qu'une incidence mineure sur la conservation de l'enrubannage. Les bactéries productrices d'acide lactique, se trouvaient en quantité la plus élevée dans la récolte la plus tardive, mais la concentration en acide lactique était généralement faible. La dernière récolte en août avait le plus faible pH et la concentration la plus basse en éthanol. Puisque l'enrubannage avait une haute concentration en MS, et n'était pas en grande quantité, les différences étaient mineures et ces variables sont difficiles à utiliser comme mesures de la qualité.

En conclusion, il est recommandé de récolter dans un délai raisonnable (en Suède, au plus tard début juillet), pour une qualité hygiénique optimale.

La composition microbienne dans l'enrubannage, à trois dates de récolte différentes de croissance primaire (log<sub>10</sub> ufc/g).

Récolte	Levure	Moisissure	Clostridium spores	Entérobactéries	Bactéries acide lactique	Nb. d'espèces de moisissures
Mai	3,46	1,37	1,60	1,74	4,33	0,1
Juin	4,38	<1,20	<1,40	<1,40	4,78	-
Août	5,23	1,50	1,63	<1,40	6,63	0,1

## Bactéries, champignons et moisissures dans le fourrage

L'enrubannage ayant une concentration en MS inférieure à 35 %, est conservé grâce aux bactéries productrices d'acide lactique, qui abaissent le pH. Elles existent naturellement sur la plante et sont utiles et souhaitables. L'acide lactique et la faible valeur du pH inhibent la croissance des bactéries indésirables. La présence de l'eau est nécessaire pour la croissance microbienne, plus la concentration en MS est élevée, plus le processus d'ensilage et la production d'acide lactique, sont limités. La production d'acide lactique commence à décliner à partir de concentrations en MS de 35 à 40 %.

Les fourrages à longues tiges, enrubannés en balles à des concentrations en MS en-dessous de 40-45%, peuvent contenir moins d'acide lactique, impliquant un risque plus élevé de mauvaise fermentation, et de croissance d'entérobactéries et de Clostridium. L'utilisation d'additifs pour ensilage est alors recommandée. La présence d'entérobactéries et de Clostridium dans le fourrage peut également indiquer une contamination de terre, fumier, cadavre ou litière usagée. La présence de ces bactéries peut entraîner une réduction de la consommation du fourrage, des troubles intestinaux et de graves risques pour la santé

des chevaux. A des concentrations en MS de 65-70% la production d'acide lactique cesse et le risque de croissance de moisissures est important, en partie en raison de la plus grande présence d'air, et au risque plus élevé de percer le plastique. Les moisissures nécessitent de l'air pour se développer, et sécrètent des toxines, les mycotoxines, qui ont un impact négatif sur les chevaux. Cela peut se manifester de différentes façons, allant d'une réduction des performances à des troubles neurologiques. Le foin et la paille moisie et poussiéreuse sont une cause courante de problèmes respiratoires chez les chevaux.

Les levures se développent rapidement en présence d'oxygène et lentement dans des conditions anaérobies. Elles ne sécrètent pas les toxines, mais leur activité peut se traduire par d'importantes pertes d'éléments nutritifs, une élévation de la température et le risque de développement subséquent de moisissures. Selon les recommandations d'alimentation suédoises, un taux de MS compris entre 45 à 65% est recommandé pour enrubanner les fourrages pour les chevaux.

Valeurs limites indiquant la qualité hygiénique du fourrage (cfu/g).

Bactéries productrices d'acide lactique	> 10 <sup>6</sup> par gramme d'échantillon	= Recommandé pour enrubannage
Bactéries coliformes (37°)	10 <sup>2</sup> par gramme d'échantillon	= maximum
Bactéries anaérobies	10 <sup>3</sup> par gramme d'échantillon	= maximum
Clostridium	10 <sup>3</sup> par gramme d'échantillon	= maximum
Bacilles	10 <sup>3</sup> par gramme d'échantillon	= maximum
Levure	10 <sup>5</sup> par gramme d'échantillon	= maximum
Moisissure	10 <sup>5</sup> par gramme d'échantillon	= maximum





## Références

- Connysson M, Essén-Gustavsson B, Lindberg JE & Jansson A. 2010. Effects of feed deprivation on standardbred horses fed a forage-only diet and a 50:50 forage-oats diet. *Equine Veterinary Journal (Suppl. 38)*, 335-340.
- Connysson M, Muhonen S, Lindberg JE, Essén-Gustavsson B, Nyman G, Nostell K & Jansson A. 2006. Effects on exercise response, fluid and acid-base balance of protein intake from forage-only diets in Standardbred horses. *Equine Veterinary Journal (Suppl. 36)*, 648-653.
- De Fombelle A, Julliand V, Drogoul C & Jacotot E. 2001. Feeding and microbial disorders in horses: 1 – Effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. *Journal of Equine Veterinary Science* 21, 439-445.
- De Fombelle A, Varloud M, Goachet AG, Jacotot E, Philippeau C, Drogoul C & Julliand V. 2003. Characterization of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses given two distinct diets. *Animal Science* 77, 293-304.
- Duncan P. 1992. *Horses and grasses: the nutritional ecology of equids and their impact on the camargue*. Springer-Verlag.
- Honig H. 1980. Mechanical and respiration losses during prewilting of grass. In: *Proceedings of a Conference on Forage Conservation in the 80's. Occasional Symposium No 11*. British Grassland Society, Berkshire, UK, pp 201.
- Jaakkola S & Huhtanen P. 1993. The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on nitrogen digestion and rumen fermentation in cattle. *Grass and Forage Science* 48, 146-154.
- Jacobsson F. 2002. Paketensilering som belyser inverkan av sträckfilmens kvalitet vid inplastning med 6 och 8 lager sträckfilm. Examensarbete inom Lantmästarprogrammet. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, SLU, Alnarp. (in Swedish)
- Jansson A, Lindberg JE, Rundgren M, Müller C, Connysson M, Kjellberg L & Lundberg M. 2011. *Utfodringsrekommendationer för häst*. Inst. för HusdjurensUtfodring och Vård, SLU. (in Swedish)
- Jansson A & Lindberg JE. 2008. Effects of a forage-only diet on body weight and response to interval training on a track. In: *Nutrition of the exercising horse* (Eds. Saastamoinen MT, Martin-Rosset W), EAAP publication No. 125, pp. 345-349. (ISSN 0071-2477)
- Julliand V, Philippeau C, Goachet AG & Ralston S. 2008. Physiology of intake and digestion in equine animals. In: *Nutrition of the exercising horse* (Eds. Saastamoinen MT, Martin-Rosset W), EAAP publication No. 125, pp. 53-70. (ISSN 0071-2477)
- Landin J, Emanuelson M, Pauly T & Spörndly R. 2004. Hygienisk kvalitet i ensilage – kort faktsamling och en åtgärdsguide. Svenska Husdjur, Svensk Mjölk, SLU. (in Swedish)
- Lingvall P. 1995. *Balhandboken* pp. 52. ISBN91-630-3698-3 (in Swedish).
- McDonald P. 1981. *The biochemistry of silage*. Wiley J and sons, Ltd (eds), Chichester, UK.
- McGreevy PD, Cripps PJ, French NP, Green LE & Nicol CJ. 1995. Management factors associated with stereotypic and redirected behavior in the Thoroughbred horse. *Equine Veterinary Journal* 27, 86-91.
- Meyer H. 1987. Nutrition of the equine athlete. In: *Equine Exercise Physiology 2* (Eds. Gillespie JR, Robinson, NE), Davis, CA: ICEEP publications, pp. 644-673.
- Muhonen S. 2008. *Metabolism and hindgut ecosystem in forage fed sedentary and athletic horses*. Doctoral thesis. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2008:68.
- Muhonen S, Connysson M, Lindberg JE, Julliand V, Bertilsson J & Jansson A. 2008. Effects of crude protein intake from grass silage-only diets on the equine colon ecosystem after an abrupt feed change. *Journal of Animal Science* 86, 3465-3472.
- Muhonen S, Julliand V, Lindberg JE, Bertilsson J & Jansson A. 2009. Effects on the equine colon ecosystem of grass silage and haylage diets after an abrupt change from hay. *Journal of Animal Science* 87, 2291-2298.
- Muhonen S, Lindberg JE, Bertilsson J & Jansson A. 2009. Effects on fluid balance, digestion and exercise response in Standardbred horses fed silage, haylage and hay. *Comparative Exercise Physiology* 5 (3-4), 133-142.
- Muhonen S, Wartena FC, Wesker A & Julliand V. 2010. Effect of three different forage-based diets on microbial flora, pH and viscosity of the equine hindgut. In: *The impact of nutrition on the health and welfare of horses* (Eds. Ellis AD, Longland AC, Coenen M, Miraglia N), EAAP publication No. 128, pp. 196-198. (ISSN 0071-2477)
- Müller C. 2003. Techniques for producing small bale silage/haylage for horses – a pilot study of “rebalancing”. *Proceedings of the Nordic Association of Agricultural Scientists 22nd Congress “Nordic Agriculture in Global Perspective”*, pp. 59, Turku, Finland.
- Müller C. 2007. *Wrapped forages for horses*. Doctoral thesis. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2007:44.
- Müller CE. 2009. Influence of harvest date of primary growth on microbial flora of grass herbage and haylage, and on fermentation and aerobic stability of haylage conserved in laboratory silos. *Grass and Forage Science* 64, 328-338.
- Ragnarsson S & Lindberg JE 2008. Nutritional value of timothy haylage in Icelandic horses. *Livestock Science* 113, 202-208.
- Redbo I, Redbo-Torstensson P, Ödberg FO, Hedendahl A & Holm J. 1998. Factors affecting behavioural disturbances in race-horses. *Animal Science* 66, 475-481.
- Spörndly R. 2003. *Fodermedelstabeller för idisslare*. Rapport 257, Inst. för HusdjurensUtfodring och Vård, SLU. och NRC 2007 *Nutrient Requirements of Horses*. 6th ed. The National Academy Press, Washington, DC.
- Zeyner A, Geißler C & Dittrich A. 2004. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 88, 7-19.