

Valeur alimentaire des fourrages verts chez le cheval

W. Martin-Rosset

Le cheval est un herbivore monogastrique méconnu qui est capable d'utiliser largement les fourrages pour s'alimenter et couvrir ses besoins nutritionnels dans la plupart des situations. Cet article a pour objectif de faire le point sur la valeur nutritive des fourrages verts mesurée chez le cheval puis sur leur ingestibilité et l'ingestion du cheval au pâturage.

RÉSUMÉ

Les valeurs énergétiques et azotées des fourrages verts et leurs variations avec la famille, l'espèce et le développement végétatif ont été déterminées chez le cheval. Ces valeurs peuvent être prévues à partir de tables ou de modèles de prévisions établis par l'INRA depuis 1984, réactualisés en 1990 et révisés en 2011. L'ingestibilité et l'ingestion des fourrages verts ont été déterminées à l'auge ou au pâturage. L'ingestibilité des fourrages chez le cheval est élevée et n'est pas liée à leur teneur en parois végétales. Le cheval est capable de maintenir un niveau d'ingestion élevé pour couvrir ses besoins lorsque la teneur en parois végétales ou/et la hauteur de l'herbe s'accroissent. Quelques éléments de comparaison avec les ruminants sont indiqués.

SUMMARY

Green fodder nutritional value for horses

Horses are monogastric herbivores capable of making a wide use of forage to feed themselves and cover their nutritional requirements. This study examines the nutritional value of green fodder measured in horses, fodder ingestibility and ingestion in grazing horses. The energy value and crude protein content of green fodder, as well as its possible variations based on plant species and development stage, may be predicted with the help of forecasting tables and models developed by the INRA and updated in 2011. Ingestibility and green fodder ingestion were determined for barn feeding and grazing. Forage is highly ingestible by horses regardless of its fibre content. Horses are capable of maintaining a high ingestion rate in order to cover their nutritional requirements when fibre content or/and grass height is increased. Comparative examples with other ruminants are included.

Durant sa période d'élevage, le cheval pâture au cours de l'année entre 6 et 8 mois selon les conditions pédoclimatiques et les races exploitées. L'herbe pâturée est donc un aliment de base qui peut représenter de 50 à 90 p. 100 des besoins nutritionnels à l'échelle de l'année.

La valeur nutritive et l'ingestibilité sont les deux composantes de la valeur alimentaire de l'herbe. La valeur nutritive est caractérisée notamment par la valeur énergétique et la valeur azotée. L'ingestibilité correspond à la quantité d'herbe volontairement ingérée par le cheval lorsque celle-ci constitue l'aliment unique. La valeur

nutritive et l'ingestibilité de l'herbe dépendent d'une part de la composition morphologique et de la composition chimique de la plante, elles-mêmes étroitement liées, et d'autre part du stade où celle-ci est pâturée. La bonne connaissance de ces valeurs est indispensable pour alimenter rationnellement le cheval selon ses besoins ainsi que pour choisir et utiliser des systèmes pertinents de conduite au pâturage. Cet article a donc pour objet de décrire les principaux éléments déterminant la valeur alimentaire des fourrages (en particuliers verts) chez le cheval et de rapporter les principaux moyens de prévoir cette valeur par les utilisateurs suite aux travaux réalisés à l'INRA de Theix.

AUTEUR

INRA, UR 1213 (Unité de Recherches sur les Herbivores), Centre de Recherche de Clermont-Ferrand/Theix, F-63122 Saint-Genès-Champanelle ; wrosset@clermont.inra.fr

MOTS CLÉS : Digestibilité, équin, foin, fourrage, gestion du pâturage, ingestibilité, prairie, valeur alimentaire, valeur azotée, valeur énergétique.

KEY-WORDS : Digestibility, energy value, feeding value, forage, grassland, grazing management, hay, horses, nitrogen value, voluntary intake.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Martin-Rosset W. (2011) : "Valeur alimentaire des fourrages verts chez le cheval", *Fourrages*, 207, 173-180.

1. Evolution de la composition et de la valeur nutritive des fourrages verts

Les fourrages verts constituent la quasi-totalité de la ration de la plupart des chevaux au pâturage. **Le ray-grass, la fétuque des prés et la fétuque rouge** sont généralement **les espèces les plus appréciées par le cheval** ; **le pâturin des prés, le dactyle, l'agrostide vulgaire, la fléole et le trèfle blanc** le sont **à un degré moindre** ; le lupin, la houlque laineuse et surtout le brome sont peu recherchés (INRA 1990, 2011). **Les mélanges d'espèces sont toujours plus appréciés que les espèces pures**. Les légumineuses sont seulement utilisées en complément (c.a.d. en quantité limitée) des graminées dans la ration des chevaux.

■ Variation de la composition morphologique avec le développement végétatif

Du point de vue morphologique, une plante fourragère se décompose en différents organes dont la proportion varie au cours des cycles végétatifs successifs (DEMARQUILLY et ANDRIEU, 1988). On distingue :

- pour les graminées fourragères : les limbes, les tiges + les gaines, les épis (à partir de l'épiaison) et les débris qui sont les parties mortes ;
- pour les légumineuses : les feuilles avec le pétiole, les tiges, les fleurs et les débris.

Par exemple, au cours du 1^{er} cycle du ray-grass d'Italie, la proportion de limbes dans la matière sèche (MS) totale de la plante diminue de 60 à 18 p. 100 entre le début de la croissance et la floraison, au profit (surtout) des tiges + gaines. Le ray-grass d'Italie est une espèce remontante. Au cours des cycles végétatifs suivants, la proportion de limbes diminue également avec l'âge des repousses. Mais la majorité des graminées de la zone tempérée n'est pas remontante. Les repousses des cycles suivants sont alors uniquement feuillues et constituées de 70 - 80 p. 100 de limbes.

■ Conséquences sur la variation de la composition chimique

La teneur en matière sèche des fourrages verts varie de 12 à 30 p. 100 selon l'espèce, le cycle et le stade végétatif. La matière sèche est constituée de matière organique (MO) et de matières minérales (MM).

La matière organique de ces aliments est composée de **parois végétales** (30 à 60 p. 100 de matière sèche, MS) et de **constituants non pariétaux** relativement solubles. La teneur en parois est plus élevée dans les tiges que dans les feuilles, et s'accroît avec l'âge car la proportion relative des tissus à parois minces diminue au profit des tissus de soutien et de conduction à parois épaisses et lignifiées. Les parois végétales sont avant tout composées de glucides, partiellement indigestibles (cellulose, hémicelluloses) et de

lignine totalement indigestible. Les constituants non pariétaux sont également, pour partie, des glucides, mais très digestibles (glucides cytoplasmiques). Avec ceux-ci on trouve des **matières azotées** (protéines et constituants azotés non protéiques) qui peuvent représenter 4 à 30 p. 100 de la matière sèche. La teneur et la nature des constituants glucidiques (pariétaux et cytoplasmiques) et azotés varient non seulement avec l'âge ou le stade de végétation au cours d'un cycle mais aussi avec le numéro de cycle de végétation, l'espèce et la fertilisation azotée.

Les teneurs en parois végétales et en matières azotées sont déterminées respectivement par les teneurs en cellulose brute (CB) et en matières azotées totales (MAT) dans le cadre de l'analyse fourragère réalisée classiquement par les laboratoires d'analyses. Les teneurs en CB et en MAT augmentent et diminuent respectivement lorsque la plante vieillit. Mais les teneurs en parois végétales sont aussi de plus en plus souvent évaluées à partir des teneurs en parois totales (ou NDF) et en lignocellulose (ADF).

■ Conséquences sur la digestibilité, les valeurs énergétique et azotée et le stade optimal de récolte

Chez le cheval comme chez les ruminants, **la digestibilité de la matière organique** diminue au cours du 1^{er} cycle lorsque la teneur en parois végétales (CB) augmente avec l'âge. La valeur énergétique va donc dépendre étroitement de la teneur en parois végétales et de la digestibilité de la MO. Par conséquent, elle diminue avec le stade de développement végétatif (l'âge) au cours du 1^{er} cycle.

La digestibilité des repousses est toujours inférieure à celle des fourrages correspondants au début du 1^{er} cycle, comme chez les ruminants (figure 1). Mais elle diminue moins vite pour les repousses uniquement feuillues que pour les repousses à tiges. La valeur énergétique

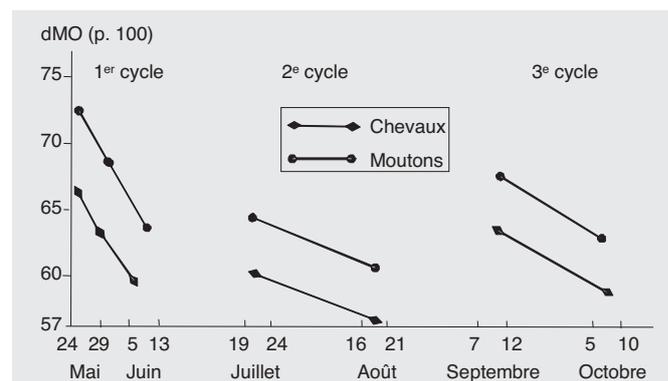


FIGURE 1 : Evolution, suivant le stade de végétation et l'âge des repousses, de la digestibilité de la matière organique (dMO) chez le cheval et le mouton (prairie naturelle de Theix, 1981, n=7 mesures ou fourrages ; CHENOST et MARTIN-ROSSET, 1985).

FIGURE 1 : Changes in the digestibility of organic matter (dMO) in horses and sheep, based on plant growth stage and aftermath stage (natural grassland in Theix, n=7 measures or forage ; CHENOST and MARTIN-ROSSET, 1985).

des repousses au cours des cycles suivants sera donc toujours inférieure à celle du 1^{er} cycle.

L'influence variétale est faible et les facteurs du milieu ont peu d'influence, du moins au 1^{er} cycle puisque la digestibilité de la matière organique d'une plante à un stade donné a sensiblement la même valeur, quel que soit le lieu, l'année et l'importance de la fertilisation azotée.

La digestibilité des MAT diminue avec l'âge au cours du 1^{er} cycle car la teneur en MAT diminue (figure 2). En revanche la digestibilité des MAT au début de chacun des cycles suivants est supérieure à celle du 1^{er} cycle car la teneur en MAT est plus élevée : 75 vs 71 p. 100 pour un 2^e cycle à 5 semaines par rapport au 1^{er} cycle à un stade très précoce. La quantité de matière azotée digestible (MAD) sera donc toujours plus élevée au début de chaque cycle et supérieure au cours des repousses. La composition des acides aminés des protéines végétales est très peu variable suivant l'organe végétal, la famille botanique, l'espèce ou l'âge de la plante. Et cette composition est bien équilibrée en acides aminés indispensables. La valeur azotée réelle exprimée en MAD Cheval ou MADC sera donc toujours plus élevée pour les repousses.

La digestibilité de la MO des fourrages verts chez le cheval est inférieure à celle mesurée chez les ruminants mais elle diminue de la même manière chez les deux espèces animales avec l'âge de la plante (figure 1). En revanche, **la digestibilité des MAT est très voisine chez le cheval et les ruminants** (figure 2). Si bien qu'en première approximation la teneur en MAD des fourrages établie chez les ruminants peut être utilisée pour le cheval mais il faut ensuite corriger celle-ci par le coefficient k de 0,90 pour établir la valeur azotée vraie en MADC selon le système INRA (MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994). **Chez le cheval comme chez les ruminants, la valeur énergétique et azotée des fourrages verts est donc maximale au 1^{er} cycle de végétation et au début de chacun des cycles** au cours de la saison.

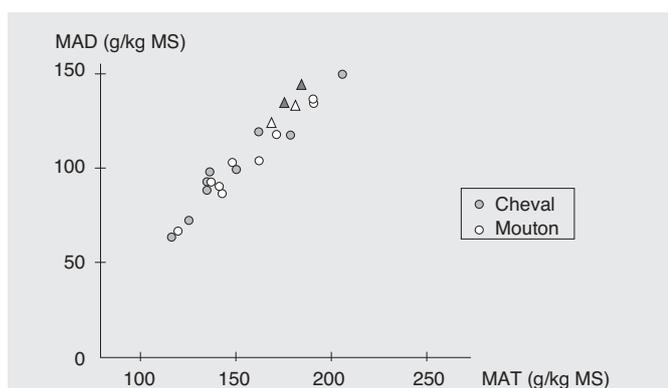


FIGURE 2 : Comparaison, chez le cheval et chez le mouton, des relations entre la teneur en matière azotée digestible des fourrages verts (MAD) et leur teneur en matières azotées totales (MAT) chez 12 fourrages verts (MARTIN-ROSSET *et al.*, 1984).

FIGURE 2 : Comparative study in horses and sheep examining the link between digestible crude protein (MAD) and crude protein content (MAT) in 12 types of green fodder (MARTIN-ROSSET *et al.*, 1984).

2. Stades optimaux de pâturage et de fauche des excédents de fourrages

Au pâturage, l'herbe verte doit être exploitée au cours du 1^{er} cycle depuis le démarrage de la végétation jusqu'à une ou deux semaines après le stade épi à 10 cm et, pour les repousses, à des âges compris entre 20 et 50 jours (suivant le numéro de cycle de la végétation) pour que le cheval consomme le maximum d'énergie et d'azote. En conséquence, **l'exploitation de l'herbe par le pâturage sera optimale si la montée des épis est maîtrisée au printemps en adoptant une rotation rapide de 15 à 20 jours**, et si les ébauches d'épis ont été bien supprimées au 1^{er} cycle pour que les **repousses** soient **uniquement feuillues aux cycles suivants**. La rotation pourra être ensuite plus lente soit de 30 à 40 jours (INRA, 2011).

Au cours du **1^{er} cycle**, la quantité d'herbe disponible est toujours supérieure à la capacité de chargement en animaux de la prairie pour le cheval conduit au pâturage en rotation, et inversement en été. Il est donc recommandé de faucher une partie de la surface pour récolter l'excédent de fourrage et réintégrer en été ces repousses dans le dispositif de la surface à pâturer initialement prévue. Au cours du 1^{er} cycle de végétation, la valeur nutritive diminue tandis que la quantité de matière sèche produite à l'hectare augmente avec l'âge de la plante. Un compromis pour récolter un **optimum d'Unités Fourragères Cheval (UFC)** par hectare devrait être trouvé au moment de l'épiaison, comme chez les ruminants. Si les fourrages sont récoltés dès le **stade "début de l'épiaison"**, **la quantité d'UFC/ha atteint son maximum** car la valeur énergétique et la production (MS/ha) sont élevées. Ce type de fourrages convient particulièrement bien pour alimenter l'hiver des chevaux à forts besoins (juments en début de lactation et poulain de 1 an après le sevrage). Les repousses seront alors importantes, précoces et faciles à réintroduire au cours du pâturage en été. Si le stade de récolte est retardé pour préparer des fourrages conservés destinés pendant l'hiver à des **chevaux aux besoins nutritionnels plus limités** (jeunes chevaux de 2 ou 3 ans), les quantités de MS/ha seront plus élevées et la valeur énergétique pourra être encore satisfaisante **si le stade épiaison n'est pas dépassé**. En revanche, les repousses seront plus tardives, moins importantes et moins faciles à utiliser au cours du pâturage en été. Dans le cas de la récolte de fourrages à partir de repousses, il conviendrait de les faucher à des âges voisins de 6 (dans le cas de repousses à tiges) à 8 semaines (repousses feuillues) pour viser une valeur nutritive élevée.

3. Prévision de la valeur nutritive : énergétique et azotée

La prévision de la valeur nutritive des fourrages verts peut se faire essentiellement à partir de deux méthodes comme pour les fourrages conservés.

■ Première méthode : prévision à partir des caractéristiques botaniques du fourrage

La valeur nutritive des fourrages verts peut être lue directement dans les tables établies et publiées par l'INRA en 1984, actualisées en 1990 et révisées en 2011, si l'espèce, le cycle et le stade de végétation sont identifiés, et pour les fourrages conservés si les conditions de récolte sont bien connues.

■ Deuxième méthode : prévision à partir de l'analyse chimique du fourrage

Cette méthode a l'inconvénient de nécessiter une analyse chimique réalisée par un laboratoire. Mais elle a l'avantage de permettre d'établir une valeur nutritive précise puisque spécifique au fourrage concerné et à ses conditions propres de récolte.

• La valeur énergétique

La valeur énergétique des fourrages verts (et des fourrages conservés) peut être prévue directement (méthode dite directe) à partir des teneurs en CB et MAT seules ou combinées avec celle des glucides cytoplasmiques (GC, en g/kg MS), ou enfin avec la teneur en matière organique digestible (g MOD/kg MS) ou la teneur en énergie digestible (ED, kcal/kg MS) selon le niveau de précision souhaité. Quatre équations de prévision sont donc proposées avec une précision croissante selon le nombre, la nature et la combinaison des paramètres utilisées (tableau 1).

L'équation n°1 utilise les **teneurs en CB et MAT** qui sont fournies par l'analyse fourragère classique tandis que l'équation n°2 accroît la précision en utilisant également la teneur en **glucides cytoplasmiques** qui est estimée soit à partir des valeurs moyennes obtenues à l'INRA (voir INRA, 2011), soit à partir de l'analyse en utilisant la méthode de SOMOGYI (1952).

L'introduction de la **teneur en MOD** dans l'équation de prévision n°3 permet d'augmenter encore très significativement la précision de la prévision. La MOD est déterminée à partir de la teneur en CB (tableau 2a) ou des teneurs en NDF et ADF (tableau 2b) ou de la mesure de la dégradabilité de la matière organique par méthode enzymatique (tableau 2c). Mais la prévision de la MOD la plus précise est sans doute réalisée en utilisant une rela-

tion, établie spécifiquement pour les fourrages verts par CHENOST et MARTIN-ROSSET (1985), entre la digestibilité de matière organique (dMO, p. 100) chez le cheval et celle mesurée simultanément chez le mouton :

$$\text{dMO Cheval} = 3,39 + 0,890 \text{ dMO Mouton} \pm 2,3$$

n = 12 R² = 0,812

Cette dernière approche est plus précise car elle permet de prendre en compte, *via* les nombreuses mesures effectuées chez le mouton (voir INRA, 2007), des effets des facteurs de variations liés à l'espèce et au cycle végétatif.

La **teneur en énergie digestible** (ED, kcal/kg MS), autre paramètre de choix pour augmenter la précision en utilisant l'équation n°4, peut être prévue à l'aide d'une équation établie par l'INRA si la teneur en énergie brute est déterminée au laboratoire par bombe calorimétrique, la digestibilité de l'énergie (dE) étant prévue par une équation (voir INRA, 2011). Cette dernière équation est plutôt réservée à la recherche compte tenu des analyses et des calculs supplémentaires qu'elle nécessite.

• La valeur azotée

La valeur azotée des fourrages verts (et des fourrages conservés) peut être prévue à partir de la teneur en MAT. En effet, la **digestibilité des MAT** (dMAT) et la teneur en MAD qui en résulte sont directement liées à la teneur en MAT des fourrages (MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994). Dans un premier temps, la teneur en matière azotée digestible (g MAD/kg MS) est prévue à l'aide d'un jeu d'équations spécifiques aux fourrages selon la famille botanique (tableau 3a). Dans un second temps, la valeur azotée réelle (MADC) est calculée en utilisant un **coefficient de correction** (k) qui tient compte du site de digestion des fourrages chez le cheval (tableau 3b), conformément au système INRA (MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994).

La valeur azotée MADC peut être **aussi** prévue directement **à partir de l'analyse chimique** (tableau 3c). Mais, comme pour la valeur énergétique, la prévision la plus précise est sans doute réalisée à partir d'une relation établie spécifiquement pour les fourrages verts par CHENOST et MARTIN-ROSSET (1985) entre la digestibilité des matières azotées totale chez le cheval et celle déterminée simultanément chez le mouton (voir INRA, 2007) :

$$\text{dMAT Cheval} = 8,40 + 1,14 \text{ dMAT Mouton} \pm 3,6$$

n = 12 R² = 0,819

	Equation*	ETR*	R ² *
n°1	UFC = + 0,825 - 0,0011 CB + 0,0006 MAT	0,043	0,692
n°2	UFC = + 0,568 - 0,0007 CB + 0,0007 MAT + 0,00187 GC	0,031	0,850
n°3	UFC = - 0,124 + 0,0003 GC + 0,0013 MOD	0,012	0,976
n°4	UFC = - 0,0557 + 0,0006 GC + 0,2589 ED	0,007	0,992

* Teneurs (g/kg MS) en cellulose brute (CB), matières azotées totales (MAT), glucides cytoplasmiques (GC) et en matière organique digestible (MOD) ; teneur (kcal/kg MS) en énergie digestible (ED)
ETR : Ecart type résiduel ; R² : Coefficient de la régression (part de la variance expliquée)

TABLEAU 1 : **Equations de prévision de la valeur UFC des fourrages pour les chevaux à partir de leur composition chimique** (MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994 ; MARTIN-ROSSET, 2011).

TABLE 1 : **Equation used to forecast the nutritional value of forage fed to horses (UFC) based on its chemical composition** (MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994 ; MARTIN-ROSSET, 2011).

a) Prédiction de la dMO à partir de la teneur en CB¹
(MARTIN-ROSSET *et al.*, 1984 ; MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994 ; MARTIN-ROSSET 2011)

Type de prairie	Nombre de données	Intervalle de variation de CB	Equation* ²	ETR*	R*
Prairie naturelle	28	230 - 375	dMO = 87,89 - 0,1180 CB	4,1	0,711
Prairie temporaire :					
- de graminées	19	295 - 390	dMO = 81,51 - 0,0792 CB	6,3	0,422
- de légumineuses	25	285 - 395	dMO = 90,52 - 0,0995 CB	3,7	0,666
Ensemble	72	230 - 395	dMO = 78,33 - 0,0746 CB	6,0	0,414

* dMO : digestibilité de la matière organique (p. 100) ; CB : cellulose brute (g/kg MS)

ETR : écart type résiduel ; R : coefficient de corrélation

1 : La prise en compte de la teneur en MAT en plus de la teneur en CB n'améliore pas la précision des relations mentionnées dans ce tableau

2 : Ces équations établies pour les foin peuvent, en première approximation, être utilisées pour les fourrages verts : pour une meilleure précision, il faut utiliser les relations entre le cheval et le ruminant

b) Prédiction à partir des teneurs en NDF et ADL (MARTIN-ROSSET, 2011)

Intervalles de variation			Equation* ¹	ETR*	R ² *
CB	NDF	ADL	(n = 52 fourrages)		
239 - 424	477 - 737	27 - 97	dMO = 67,98 + 0,07088 MAT - 0,000045 NDF - 0,12180 ADL	2,5	0,878

* NDF : parois totales (g/kg MS) ; ADL : lignine (g/kg MS)

ETR : écart type résiduel ; R² : coefficient de la régression (part de la variance expliquée)

1 : Cette équation a été établie pour tous les fourrages verts et les foin

c) Prédiction à partir de la Dcell MO puis du calcul de MOD

(MARTIN-ROSSET *et al.*, 1995 ; MARTIN-ROSSET, 2011)

$$(1)^{*1} \quad dMO^* = 20,57 + Di + 0,6683 Dcell \text{ MO} \quad R^2 = 0,943 \quad ETR = 1,59$$

avec Di = + 2,26 pour les fourrages verts
Di = - 2,26 pour les foin

$$(2) \quad MOD^* = MO \times dMO$$

* dMO : digestibilité enzymatique (p. 100) ; Dcell MO (p. 100) : dégradabilité pepsine-cellulase de la matière organique

ETR : écart type résiduel ; R² : coefficient de la régression (part de la variance expliquée)

MOD : matière organique digestible (g/kg MS) ; MO : matière organique (g/kg MS)

1 : Cette équation a été établie pour tous les fourrages verts et les foin

TABLEAU 2 : Prédiction de la digestibilité de la matière organique (dMO) des fourrages chez les chevaux, à partir a) de la teneur en cellulose brute (CB), b) des teneurs en parois totales (NDF) et en lignine (ADL), c) de la dégradabilité enzymatique (Dcell MO).

TABLE 2 : Forecasting the digestibility of organic matter (dMO) in forage fed to horses, based on a) crude fibre content (CB), b) fibre content (NDF) and lignin (ADL), c) enzymatic degradability (Dcell MO).

Cette approche est plus précise car elle prend aussi en compte les facteurs de variation liés à l'espèce et au cycle végétatif *via* le mouton (voir INRA, 2007). Il faut reprendre ensuite la démarche décrite précédemment pour calculer la valeur réelle exprimée en MADC.

4. Ingestion des fourrages

L'ingestibilité est la deuxième composante de la valeur nutritionnelle des fourrages ; elle dépend des caractéristiques des fourrages. Mais l'ingestion des fourrages dépend aussi du format et des besoins des animaux, c'est-à-dire de leur capacité d'ingérer des fourrages offerts à volonté pour couvrir leurs besoins nutritionnels.

■ Ingestibilité des fourrages verts offerts à l'auge ou pâturés

L'ingestibilité des fourrages verts (ou conservés) mesurés à l'auge varie de 0,9 à 2,6 kg MS/100 kg PV selon le type de fourrages et la famille botanique (tableau 4). Elle est **plus élevée pour les fourrages verts que pour les foin** récoltés au même stade. Elle est plus élevée de 10 à 15 p. 100 **pour les foin de légumineuses que pour les foin de graminées**.

L'ingestibilité du **cheval à l'entretien** mesurée expérimentalement à l'auge sur une prairie naturelle en vert est de 20 g MS/kg PV (CHENOST et MARTIN-ROSSET, 1985). Elle diminue peu avec la teneur en parois végétales (figure 3) comme pour les fourrages conservés (DULPHY *et al.*, 1997 ; EDOUARD *et al.*, 2008). Il existe une relation entre la quantité de matière sèche ingérée au pâturage et la teneur en matières azotées totales mais elle est limitée bien qu'elle soit statistiquement significative (R=0,406). L'adjonction de la teneur en cellulose brute améliore peu la relation (R=0,477) bien qu'elle soit toujours statistiquement significative (CHENOST et MARTIN-ROSSET, 1985). A l'auge, l'ingestibilité des fourrages conservés augmente lorsque la teneur en MAT diminue (EDOUARD *et al.*, 2008). **Au pâturage**, les travaux récents réalisés par l'INRA et l'IFCE montrent que **le cheval maximise l'ingestion de protéines digestibles et d'énergie en jouant sur les sites d'alimentation** et la gamme de hauteur et de qualité de la ressource disponible (FLEURANCE *et al.*, 2009 ; EDOUARD *et al.*, 2010).

L'ingestibilité comparée, chez le cheval et les ruminants à l'entretien, de l'herbe mesurée simultanément à l'auge sur une prairie naturelle à différents cycles et stades végétatifs est en moyenne comparable chez le cheval et le bovin (respectivement 20,3 et 20,6 g MS/kg PV) mais inférieure à celle du mouton (26,4 g MS/kg PV, CHENOST et

a) Prédiction de la teneur en MAD à partir des teneurs en MAT et en CB des fourrages
(MARTIN-ROSSET *et al.*, 1984 ; MARTIN-ROSSET 2011)

Type de fourrage	Nombre de données	Equation*	ETR*	R*
Fourrages verts				
- Prairie naturelle	14	MAD = - 27,33 + 0,8614 MAT	7,7	0,967
- Prairie temporaire (graminées)		MAD = - 74,52 + 0,9568 MAT + 0,1167 CB	6,3	0,980
Foins				
- Prairie naturelle ou temporaire (graminées)	47	MAD = - 25,96 + 0,8357 MAT	7,10	0,968
- Légumineuses	25	MAD = - 29,95 + 0,8673 MAT	9,2	0,933
Ensemble des foins	72	MAD = - 27,57 + 0,8441 MAT	8,6	0,964

* MAD : matières azotées digestibles (g/kg MS) ; MAT : matières azotées totales (g/kg MS) ; CB : cellulose brute (g/kg MS)
ETR : écart type résiduel ; R : coefficient de corrélation

b) Calcul de la valeur en MADC dans le système INRA
(MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994 ; MARTIN-ROSSET, 2011)

$$\text{MADC}^* = \text{MAT} \times \text{dMAT} \times k$$

avec : k = 0,90 pour les fourrages verts et ensilages d'herbe mi fanés
k = 0,85 pour les foins, BRE (balles rondes enrubannées) et fourrages déshydratés
k = 0,70 pour les ensilages d'herbe bien conservés

* MADC : matières azotées digestibles pour le cheval (g/kg MS) ; MAT : matière azotée totale (g/kg MS) ;
dMAT : digestibilité des MAT (p. 100)

c) Prédiction de MADC des fourrages (prairies naturelles, graminées en vert) à partir de MAT et CB ou ADF
(MARTIN-ROSSET, 2011)

Equation*	ETR	R ²
MADC = - 67,1 + 0,861 MAT + 0,105 CB	5,4	0,962
MADC = - 66,5 + 0,852 MAT + 0,0982 ADF	6,7	0,959

* MADC : matières azotées digestibles pour le cheval (g/kg MS) ; MAT : matières azotées totales (g/kg MS) ;
CB : cellulose brute (g/kg MS) ; ADF : lignocellulose (g/kg MS)
ETR : écart type résiduel ; R² : coefficient de la régression (part de la variance expliquée)

TABLEAU 3 : Prédiction de la valeur azotée des fourrages verts et des foins chez les chevaux : a) prédiction de la teneur en MAD à partir des teneurs en MAT et en cellulose brute, CB, des fourrages puis b) calcul de la valeur en MADC dans le système INRA, c) prédiction de la valeur en MADC des fourrages (prairie naturelle, graminées en vert) à partir des teneurs en MAT et CB ou lignocellulose .

TABLE 3 : *Forecasting protein content in green fodder and hay fed to horses: a) forecasting digestible crude protein (MAD) based on crude protein content (MAT) and crude fibre content (CB) of fodder, then b) converting this value to MADC (for horses) as determined by the INRA, c) forecasting the MADC value of forage (natural grassland, grass) based on MAT and CB or lignocellulose contents.*

MARTIN-ROSSET, 1985). En revanche, **le cheval maintient mieux son niveau d'ingestion que les ruminants dans le cas des stades végétatifs tardifs pour chaque cycle.**

■ Facteurs de variation de l'ingestion des fourrages verts pâturés

L'ingestion mesurée au pâturage est, par rapport au cheval à l'entretien, beaucoup plus élevée chez la jument allaitante (38 g MS/kg PV ; DUNCAN, 1992) tandis qu'elle augmente chez le jeune cheval : 15 - 20 g MS/kg PV à 1 an, 20 - 30 g MS/kg PV à 2 - 3 ans (MESOCHINA *et al.*, 2000 ; FRIEND *et al.*, 2004 ; GRACE *et al.*, 2002) comme à l'auge (BIGOT *et al.*, 1987 ; DOREAU *et al.*, 1990 ; TRILLAUD-GEYL et MARTIN-ROSSET 2005 ; INRA, 1990). Elle serait plus élevée chez le cheval de trait que chez le cheval de selle, respectivement 19 - 33 g MS/kg PV et 21 - 24 g MS/kg PV (EDOUARD *et al.*, 2009b et 2010 ; FLEURANCE *et al.*, 2010). **Le format, l'âge et les besoins sont donc les trois principaux facteurs de variation** liés à l'animal qui influencent l'ingestion des fourrages, comme chez les ruminants.

L'ingestion de **prairies naturelles ou temporaires** exploitées en pâturage continu par des juments de selle au même stade de lactation est respectivement de 38 et 24 g MS/kg PV. Les juments ont dans les deux cas couvert leurs besoins en consommant la même quantité de matière orga-

nique digestible (DUNCAN, 1992 ; GRACE *et al.*, 2002). Les jeunes chevaux sont capables de maintenir leur niveau d'ingestion de 19 à 24 g MS/kg PV pour couvrir leurs besoins nutritionnels lorsque la hauteur de l'herbe pâturée varie de 7 à 80 cm et les teneurs en parois végétales de 52

Aliments	Quantité ingérée ¹ (kg MS/100 kg PV)
Fourrage vert de prairie naturelle	1,8 - 2,1
Foin de prairie naturelle ou de graminées	1,7 - 2,1
Foin de légumineuses	2,1 - 2,3
Paille	1,2 - 1,5
Ensilage d'herbe bien conservé (prairie naturelle)	
- à 25 % MS	1,2 - 1,5
- à 35 % MS	1,5 - 1,8
Enrubanné (prairie naturelle, graminée)	
- à 45 % MS	2,2 - 2,4
- à 60 % MS	2,4 - 2,6

1 : Quantité maximale de fourrage ingérée par l'animal lorsque l'aliment est distribué à volonté. Les fourchettes représentent la variation entre animaux et selon la quantité du fourrage distribué

TABLEAU 4 : **Ingestibilité des principaux fourrages chez le jeune cheval ou le cheval adulte à l'entretien** (INRA, 1990 ; MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994 ; TRILLAUD-GEYL et MARTIN-ROSSET, 2005).

TABLE 4 : *Ingestibility of standard types of forage in young and adult horses on a maintenance diet* (INRA, 1990 ; MARTIN-ROSSET *et al.*, 1994 ; TRILLAUD-GEYL et MARTIN-ROSSET, 2005).

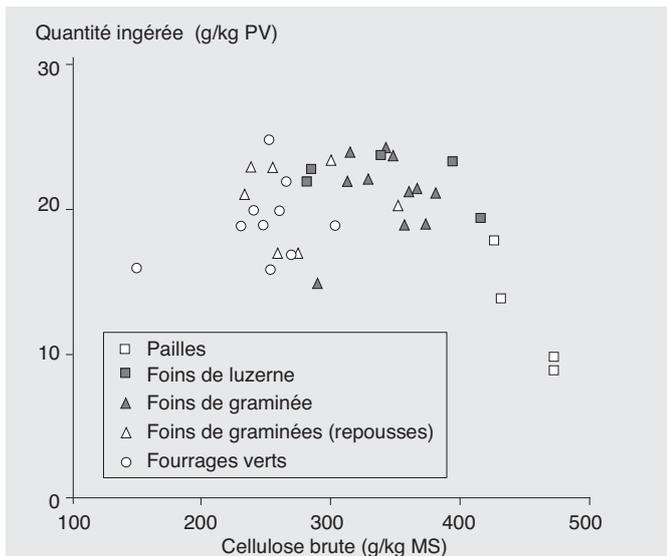


FIGURE 3 : Variations de l'ingestibilité des fourrages verts ou conservés avec la teneur en parois (DULPHY *et al.*, 1997).

FIGURE 3 : Variations in the ingestibility of green fodder and conserved forage, showing fibre content (DULPHY *et al.*, 1997).

à 62 p. 100 NDF et en azote de 13 à 7 p. 100 de MAT (EDOUARD *et al.*, 2009a), ou de 7 à 35 cm, de 54 à 66 p. 100 NDF et de 23 à 16 p. 100 de MAT (MESOCHINA *et al.*, 2000). Le cheval paraît donc **capable d'ajuster son ingestion de fourrage à ses besoins en fonction de la qualité** si celui-ci est offert à volonté.

L'effet du mode de conduite sur l'ingestion au pâturage a été peu étudié. Le pâturage continu ou en rotation d'une part et le chargement élevé (1,33 cheval/ha) ou modéré (0,88 cheval/ha) d'autre part n'auraient pas d'effet évident (FRIEND *et al.*, 2004).

■ Evaluation du chargement au pâturage

L'ingestion mesurée expérimentalement sur les fourrages verts, pâturés ou à l'auge, offerts à volonté, est du même ordre et elle varie dans le même sens que celle mesurée sur des fourrages conservés (excepté les ensilages à faible teneur en MS) distribués aussi à volonté à

l'auge (MARTIN-ROSSET *et al.*, 1984 ; MARTIN-ROSSET et DOREAU, 1984 ; DOREAU *et al.*, 1990 ; DULPHY *et al.*, 1997, MARTIN-ROSSET et MARTIN, 2011). En particulier le cheval est capable, tant au pâturage qu'à l'auge, de **maintenir son niveau d'ingestion lorsque la teneur en parois augmente**. Au pâturage, le cheval **peut aussi pâturer une herbe haute sans problème majeur de préhensibilité** et ainsi ingérer une quantité de matière sèche aussi élevée que sur des couverts plus courts (EDOUARD *et al.*, 2009a). A l'auge ou au pâturage, le cheval peut donc consommer sensiblement la même quantité de matière sèche lorsque les fourrages verts ou conservés sont offerts au même stade végétatif et à volonté.

Dans ces conditions, **un système d'évaluation du chargement en chevaux au pâturage a été élaboré** en 1990 par l'INRA et l'Institut de l'Élevage sur la base de la capacité d'ingestion des fourrages conservés mesurés à l'auge chez différents types d'animaux (juments, jeunes chevaux). Il a été finalisé en 2011 grâce aux travaux récents réalisés au pâturage par EDOUARD *et al.* (2009a et b). Dans ce système, le chargement est exprimé en Unité Gros Bétail par hectare (UGB/ha). Le système est basé essentiellement sur **deux critères : la consommation de fourrages verts grossiers et le temps de présence des animaux sur l'exploitation** (tableau 5). La consommation de matière sèche de fourrages est donc liée aux besoins nutritionnels des différents types de chevaux (voir INRA, 2011) et à la valeur nutritive des fourrages établie chez le cheval (voir INRA, 2011) ; elle correspond à la capacité d'ingestion des chevaux, c'est-à-dire à la quantité de matière sèche nécessaire pour couvrir les besoins des différents types de chevaux d'un format donné dans chaque race. Le temps de présence très précis des chevaux sur l'exploitation correspond à la durée effective de séjour (exprimée en jours) des chevaux au cours de leurs cycles normaux d'élevage tels qu'ils sont décrits pour chaque type de chevaux dans INRA 2011.

Ce système a été construit selon les mêmes principes que celui établi et utilisé pour les bovins de races allaitantes. De plus, les valeurs UGB ont été systématiquement calées en valeur relative par rapport à la valeur absolue de référence retenue pour les bovins allaitants : 1 UGB=1 vache charolaise (650 kg) + son veau (48 kg) selon INRA (1988), pour tenir compte des spécificités physiologiques et méta-

	Races de trait (750 kg)	Races de selle (550 kg)	Poneys (300 kg)
Poids de la jument adulte			
Jument seule ¹ (tarie et gestante ≤ 5 mois) et cheval adulte	0,87 ¹	0,71 ¹	0,38 ¹
Poulain produit à 7 mois	0,75 ² (par tête)	0,49 (par tête)	0,26 (par tête)
Total jument pendant 1 an + son poulain sevré à 6 mois	1,62	1,20	0,64
Elèves (femelles ou mâles)			
- 7 à 12 mois	0,78 ^{1,3}	0,56 ^{1,4}	0,27 ^{1,5}
- 13 à 24 mois	1,00 ⁶	0,89	0,49
- 25 à 36 mois	1,04 ⁷	0,94	0,56
- > 36 mois	0,98 ⁸	0,78	0,41
Étalons (> 36 mois)	1,10	1,00	0,53
1 : pour 365 j			
2 : poulain non complété			
3 : soit de 7 à 12 mois : 0,39 par tête		6 : pouliche de renouvellement complétée : 0,92	
4 : soit de 7 à 12 mois : 0,28 par tête		7 : pouliche de renouvellement complétée : 0,95	
5 : soit de 7 à 12 mois : 0,14 par tête		8 : pouliche de renouvellement complétée : 0,79	

TABLEAU 5 : Barème de chargement pour les chevaux (en UGB/ha : Unité Gros Bétail/ha ; d'après MARTIN-ROSSET *et al.*, 2011).

TABLE 5 : Stocking rates for horses (Livestock Unit/ha ; after MARTIN-ROSSET *et al.*, 2011).

boliques des deux espèces d'herbivores (voir INRA, 2011). Cette démarche **permet l'utilisation cohérente de l'UGB sur les exploitations où sont produits à la fois des chevaux et des bovins.**

Conclusion

Le cheval peut être alimenté avec une ration à base de fourrages pâturés (ou récoltés) pour couvrir une part importante de ses besoins nutritionnels : 30 à 95 p. 100 selon le type de cheval, la période du cycle d'élevage voire d'utilisation (chevaux de loisirs). Les besoins nutritionnels ont été établis et actualisés (INRA, 2011). Les valeurs énergétique et azotée des fourrages ont été évaluées et actualisées chez le cheval (INRA, 2011). Elles peuvent être prévues par l'utilisation des tables ou à partir d'analyses effectuées par des laboratoires. Elles constituent donc un guide précieux pour la conduite du cheval au pâturage et la récolte de fourrages sur les surfaces excédentaires au printemps, au moins en zones fourragères de plaine. Toutefois, la capacité d'ingestion au pâturage des différents types de chevaux selon leurs format, âge et besoins demande à être précisée au cours de leurs cycles d'élevage et selon les modes de conduite possibles (rotation, continu, mixte) et sur différents types de pâturage (prairies humides ou sèches) en été et parcours. Ces études sont actuellement entreprises d'une part par l'INRA et l'IFCE à Theix et Chamberet sur prairies humides et, d'autre part, par SupAgro à Montpellier sur parcours et prairies sèches.

Accepté pour publication,
le 22 août 2011.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BIGOT G., TRILLAUD-GEYL C., JUSSIAUX M., MARTIN-ROSSET W. (1987) : "Elevage du cheval de selle du sevrage au débouillage : alimentation hivernale, croissance et développement", *INRA Prod. Anim.*, 69, 45-53.
- CHENOST M., MARTIN-ROSSET W. (1985) : "Comparaison entre espèces (mouton, cheval, bovin) de la digestibilité et des quantités ingérées de fourrages verts", *Ann. Zootechn.*, 34, 291 - 312.
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J. (1988) : "Les fourrages. Chapitre 10", *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, INRA, R. Jarrige éd., INRA publications, RD 10, F-78026 Versailles, cedex, 315-334.
- DOREAU M., MORETTI C., MARTIN-ROSSET W. (1990) : "Effect of quality of hay given mares around foaling on their voluntary intake and foal grow", *Ann. Zootech.*, 39, 125-131.
- DULPHY J.P., MARTIN-ROSSET W., DUBROEUQ H., JAILLER M. (1997) : "Evaluation of voluntary intake of forage trough fed to light horse. Comparison with sheep. Factors of variation and prediction", *Livest. Prod. Sci.*, 52, 97-104.
- DUNCAN P. (1992) : *Horses and grasses: the nutritional ecology of equids and their impact on the camargue*, Billings W.D., Golley F., Lange O.L., Olson J.S., Remmert H. ed., Springer-Verlag, New-York, USA, 287 p.
- EDOUARD N., FLEURANCE G., MARTIN-ROSSET W., DUNCAN P., DULPHY J.P., GRANGE S., BAUMONT R., DUBROEUQ H., PEREZ-BARBERIA F.J., GORDON I.J. (2008) : "Voluntary intake and digestibility in horses: effect of forage quality with emphasis on individual variability", *Animal*, 2, 1526-1533.
- EDOUARD N., FLEURANCE G., DUMONT B., BAUMONT R., DUNCAN P. (2009a) : "Does sward height affect the choice of feeding sites and voluntary intake in horses?", *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 119, 219-228.
- EDOUARD N., FLEURANCE G., DUNCAN P., BAUMONT R., DUMONT B. (2009b) : "Déterminants de l'utilisation de la ressource pâturée par le cheval", *INRA Prod. Anim.*, 22, 363-374.
- EDOUARD N., DUNCAN P., DUMONT B., BAUMONT R., FLEURANCE G. (2010) : "Foraging in a heterogeneous environment - An experimental study of the trade-off between intake rate and diet quality", *Applied Animal Behaviour Sci.*, 126, 27-36.
- FLEURANCE G., FRITZ H., DUNCAN P., GORDON I.J., EDOUARD N., VIAL C. (2009) : "Instantaneous intake rate in horses of different body sizes: influence of sward biomass and fibrousness", *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 117, 84-92.
- FLEURANCE G., DUNCAN P., FRITZ H., GORDON I.J. GRENIER-LOUSTALOT M.F. (2010) : "Influence of sward structure on daily intake and foraging behaviour by horses", *Animal* (sous presse).
- FRIEND M.A., NASH D., AVERY A. (2004) : "Intake of improved and unimproved pastures in two seasons by grazing weanling horses", *Proc. Austr. Anim. Prod.*, 61-64.
- GRACE N.D., SHAW H.L., GEE E.K., FIRTH E.C. (2002) : "Determination of the digestible energy intake and apparent absorption of macroelements in pasture-fed lactating thoroughbred mares", *N. Z. Vet. J.*, 50, 182-185.
- INRA (1990) : *Alimentation des chevaux*, W. Martin-Rosset éd., INRA Quae Editions, Versailles (France), 232 p.
- INRA (2007) : *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, J. Agabriel éd., Guide pratique, Quae, RD 10, F-78026 Versailles cedex, 307 p.
- INRA (2011) : *Nutrition et alimentation des chevaux*, W. Martin-Rosset éd., INRA Quae éditions, Versailles (France), (sous presse)
- MARTIN-ROSSET W. (2011) : "Valeur alimentaire des aliments (chapitre 12)", *Nutrition et alimentation du cheval*, W. Martin-Rosset éd., INRA Quae Editions, Versailles (à paraître).
- MARTIN-ROSSET W., DOREAU M. (1984) : "Consommation d'aliments et d'eau par le cheval", *Le Cheval*, R. Jarrige et W. Martin-Rosset éd., INRA Quae Editions, Versailles, 333-354.
- MARTIN-ROSSET W., MARTIN L. (2011) : "Principes de base de la nutrition du cheval (Chapitre 1)", *Nutrition et alimentation du cheval*, W. Martin-Rosset éd., INRA Quae Editions, Versailles (à paraître).
- MARTIN-ROSSET W., ANDRIEU J., VERMOREL M., DULPHY J.P. (1984) : "Valeur nutritive des aliments pour le cheval", *Le Cheval*, R. Jarrige et W. Martin-Rosset éd., INRA publications F-78026 Versailles, 208-238.
- MARTIN-ROSSET W., VERMOREL M., DOREAU M., TISSERAND J.L., ANDRIEU J. (1994) : "The french horse feed evaluation systems and recommended allowances for energy and protein", *Livest. Prod. Sci.*, 40, 37-56.
- MARTIN-ROSSET W., ANDRIEU J., VERMOREL J. (1995) : "Méthodes rapides de prévision de la valeur énergétique nette des aliments pour les chevaux", *21^e J. Rech. Equine*, Haras Nationaux éd., Paris 1^{er} mars, 3-14.
- MARTIN-ROSSET W., LIÉNARD G., RIVOT D. (2011) : "Barème INRA et IE de chargement en chevaux au pâturage (chapitre 10)", *Pâturage, Nutrition et Alimentation du cheval*, INRA Quae éd. et IFCE (sous presse).
- MESOCHINA P., MICOL D., PEYRAUD J.L., DUNCAN P., TRILLAUD-GEYL C. (2000) : "Ingestion d'herbe au pâturage par le cheval de selle en croissance : effet de la biomasse d'herbe et de l'âge des poulains", *Ann. Zootechn.*, 49, 405-515.
- SOMOGYI (1952) : "Notes on sugar determination", *J. Biol. Chem.*, 195, 19-23.
- TRILLAUD-GEYL C., MARTIN-ROSSET W. (2005) : "Feeding the young horse managed with moderate growth", *Proc. 2nd Europ. Workshop Equine Nutrition*, "The growing horse: nutrition and prevention of growth disorders", EAAP, n°114, 147-158.