

14ème JOURNEE D'ETUDE



9 Mars 1988

POUR UNE METHODE DE RATIONNEMENT PRATIQUE DES CHEVAUX

par Luc TAVERNIER
Ingénieur Agronome
Responsable de la Section Equestre
Centre d'Enseignement Zootechnique
Parc du Château
78120 RAMBOUILLET

Résumé

La méthode de rationnement proposée repose sur une représentation graphique des valeurs des aliments et des besoins des chevaux. La visualisation conjointe sur un même plan de ces deux groupes de paramètres permet d'élargir le choix des matières premières utilisées. La facilité d'utilisation de la méthode permet de créer rapidement différentes rations équilibrées et de choisir la solution la plus favorable sur le plan pratique et économique.

Mots-clés : CHEVAL - RATIONNEMENT - BESOINS - ALIMENTS - COUT -

Summary

The rationing method here exposed is based on a diagram showing the nutritive values of feedstuffs and the needs of horses.

Those two groups of parameters being visible on one single graph allow a wider choice of raw materials.

It is of simple use to establish well-balanced rations and to select the best possible solution in terms of practical and economical use.

Key-words : HORSE - RATIONING - REQUIREMENT - FEEDSTUFFS - COST -

INTRODUCTION

L'alimentation des chevaux constitue, avec les charges de personnel, un des postes de dépenses les plus importants pour les centres équestres et les élevages. A ce titre, il convient de raisonner le rationnement des chevaux afin de leur fournir, à moindre coût, des rations adaptées à leur production. Le but de la méthode de rationnement proposée est de permettre à l'éleveur et au responsable d'établissement hippique, de porter un jugement objectif sur la qualité d'un rationnement existant, de corriger des déséquilibres éventuels, de raisonner l'emploi de matières premières d'utilisation peu courante, de personnaliser le rationnement du cheval en facilitant les calculs et l'élaboration des rations.

Le problème du rationnement consiste à composer un mélange d'aliments, dont la distribution en quantité déterminée permettra d'équilibrer les besoins du cheval.

Ce problème apparemment simple est en réalité compliqué en raison :

- de la grande diversité des matières premières utilisables par le cheval,
- de la nécessité d'équilibrer conjointement :
 - . les apports en énergie,
 - . les apports en Matières Azotées,
 - . les apports en calcium, phosphore, sodium et vitamines

grâce à une quantité d'aliment compatible avec la capacité d'ingestion du cheval.

Une résolution par approximation successive permet de proposer des solutions dans les cas les plus courants. Elle suppose généralement la connaissance a priori des quantités à distribuer pour certaines matières premières dont l'utilisation est habituelle. On est donc amené à proposer des rations stéréotypées dont l'efficacité alimentaire et surtout le coût n'est probablement pas optimum.

La méthode présentée ci-après propose un cheminement moins empirique permettant une visualisation rapide des différentes solutions possibles. Elle permet donc à l'utilisateur de raisonner à moindre coût en élargissant le nombre des matières premières utilisables.

I - PRINCIPE GENERAL DU RATIONNEMENT

Le rationnement consiste à équilibrer les apports alimentaires recommandés et les apports alimentaires effectivement réalisés. Cela suppose la connaissance :

- des besoins nutritionnels des chevaux,
- des valeurs nutritionnelles des aliments
- des quantités distribuées.

1. Les apports alimentaires recommandés

Les apports alimentaires recommandés pour le cheval figurent dans des tables proposées par l'INRA en annexe de l'ouvrage "Le Cheval" Reproduction, Sélection, Alimentation, Exploitation. Ces tables proposent des apports alimentaires totaux journaliers pour différentes situations physiologiques correspondant à l'entretien, la gestation, la lactation, la monte, le travail, la croissance, et l'engraissement. Le rationnement porte sur l'énergie exprimée en "Unités Fourragères Cheval" (U.F.C.), les Matières Azotées exprimées en g de "Matières Azotées Digestibles chez le Cheval" (M.A.D.C.), les minéraux majeurs : Calcium, Phosphore, Sodium exprimés en g, la consommation en Matière Sèche donnée sous forme de fourchette en kilogramme de Matière Sèche.

2. Valeurs nutritionnelles des aliments

Dans le même ouvrage figurent des tables de valeurs alimentaires des aliments. Ces tables indiquent les valeurs en U.F.C., M.A.D.C., Calcium, Phosphore, Sodium par kilogramme de Matière Sèche. Une liste restreinte des valeurs de certains aliments figure en annexe n° 1.

3. Position du problème

Rationner un cheval consiste à :

- choisir des aliments,
- déterminer les quantités de chaque matière première à apporter pour couvrir les besoins des chevaux.

Cependant l'utilisation de trois ou quatre matières premières ne permet pas de trouver simultanément un équilibre pour tous les paramètres du rationnement. Il s'agit dans un premier temps d'ajuster la ration en ce qui concerne l'énergie, les matières azotées, la consommation en Matière Sèche et de choisir dans un deuxième temps un Complément Minéral Vitaminé (C.M.V.) susceptible de corriger les déséquilibres en minéraux et vitamines. Le problème peut se modéliser de la façon suivante :

- soit un besoin en Matière Sèche de "CMS" kg de Matière Sèche,
- soit un besoin en Énergie de "BE" U.F.C.,
- soit un besoin en Matières Azotées "BN" g de M.A.D.C..

Disposant d'aliments $A_1 A_2 \dots A_k$ ayant pour valeurs énergétiques (E) et azotés (N) respectivement $E_1 E_2 \dots E_k$ et $N_1 N_2 \dots N_k$, il faut trouver les quantités $q_1 q_2 \dots q_k$ des aliments $A_1 A_2 \dots A_k$ de façon à avoir les égalités suivantes :

$$\begin{array}{l} q_1 E_1 + q_2 E_2 + \dots + q_k E_k = BE \\ q_1 N_1 + q_2 N_2 + \dots + q_k N_k = BN \\ q_1 + q_2 + \dots + q_k = CMS \end{array}$$

Il s'agit donc d'un système de trois équations à un nombre d'inconnues variable. Un tel système peut avoir un nombre de solutions allant de 0 à l'infini en fonction des aliments retenus et de leurs caractéristiques. La résolution d'un tel système par une méthode algébrique est complexe et nécessite l'utilisation d'outils mathématiques dont ne dispose pas toujours l'homme de terrain. En revanche, une méthode graphique permet une résolution facile à l'aide de calculs mathématiques simples.

II - PROPRIETES DES REPRESENTATIONS GRAPHIQUES

1. Représentation graphique des aliments

Les aliments proposés dans les tables INRA sont caractérisés par leur valeur en UFC et par leur valeur en MADC (g) par kilogramme de matière sèche.

Il est facile de repérer un aliment en le représentant par son numéro INRA dans un système d'axes où la valeur énergétique est portée sur un axe horizontal et la valeur azotée sur un axe vertical. La figure I montre comment placer un foin de pré ayant pour valeur 0,46 UFC/kg de Matière Sèche et 38 g de MADC/kg de Matière Sèche.

La figure II montre la situation des principaux aliments du cheval dans un tel système d'axes. L'étude de ce plan permet de situer d'un seul coup d'oeil les caractéristiques relatives des différents aliments en fonction de leur position.

2. Caractéristiques d'un aliment équilibré

Sachant que le besoin en énergie d'un cheval est "BE" UFC, le besoin en azote est "BN" g de MADC, la consommation de Matière Sèche est de "CMS" kilogramme de Matière Sèche, on en déduit qu'un kilogramme de Matière Sèche doit apporter :

- BE : CMS UFC par kg de MS
- BN : CMS g de MADC par kg de MS

Si, par exemple :

- BE = 5 UFC
- BN = 450 g de MADC
- CMS = 8 kg de MS.

1 kilogramme de Matière Sèche de l'aliment devra apporter :

- 5 UFC : 8kg de MS = 0,625 UFC/kg MS
- 450 g de MADC : 8 kg de MS = 56 g de MADC / kg de MS.

Ces deux valeurs sont caractéristiques d'un aliment "idéal" qui, distribué à raison de "CMS" kilogramme de Matière Sèche, permettrait de rationner exactement les besoins en azote et énergie. Ce sont ces deux valeurs qui permettent d'établir un lien entre les besoins de l'animal et les aliments dont on dispose

FIGURE I SITUATION DU FOIN DANS LE REPERE

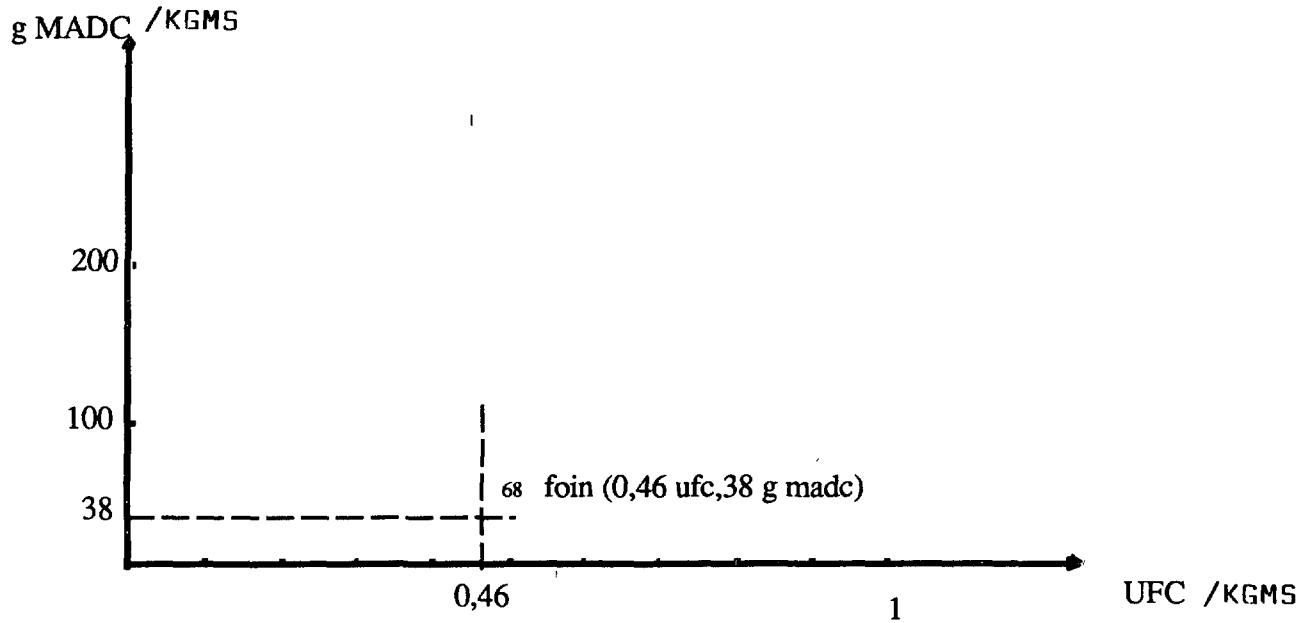
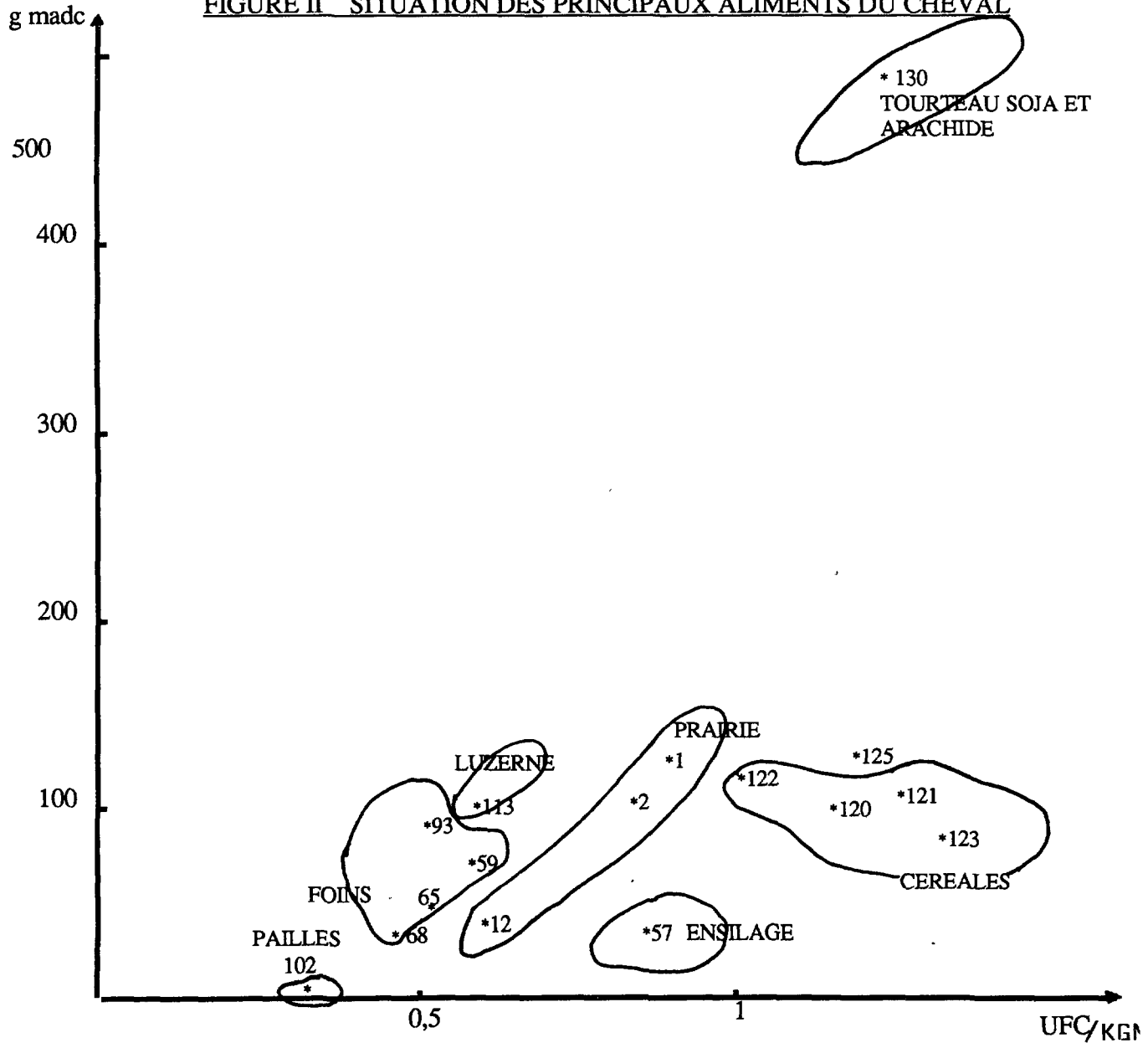


FIGURE II SITUATION DES PRINCIPAUX ALIMENTS DU CHEVAL



pour le rationner. En portant le point correspondant à l'aliment idéal sur le plan des aliments, on visualise les matières premières pouvant permettre le rationnement.

3. Propriétés des mélanges

Deux aliments A et B étant portés sur le plan précédemment décrit, on montre que tout mélange de ces deux aliments est situé sur le segment de droite AB (figure III). De plus, la position de ce point M sur le segment permet de déterminer les pourcentages respectifs de A et B dans le mélange. En effet, si d(AB), d(AM), d(BM) sont les distances exprimées en millimètres (mm) entre A et B, A et M, B et M, on a les relations suivantes :

$$\% \text{ de A dans le mélange M} = \frac{d(BM)}{d(AB)}$$

$$\% \text{ de B dans le mélange M} = \frac{d(AM)}{d(AB)}$$

L'utilisation de cette propriété permet de positionner un point sur le segment AB en connaissant le pourcentage respectif de A et B dans le mélange. En effet, on a :

$$. d(AM) = \% \text{ de B} \times d(AB)$$

$$. d(BM) = \% \text{ de A} \times d(AB)$$

on vérifie que $d(AM) + d(BM) = d(AB)$.

Les distances AM et BM étant connues, il suffit de positionner le point M convenablement sur le segment AB et de lire sur les axes horizontaux et verticaux les valeurs UFC et MADC par kilogramme de Matière Sèche.

Inversement, en plaçant un point M sur le segment AB on peut déduire les pourcentages de A et B correspondants. Aussi, supposons qu'avec un foin F à 0,46 UFC/kg MS et 38g de MADC / kg de MS et une avoine A à 1 UFC/kg MS et 103g de MADC/kg de MS, on veuille constituer un mélange M à 0,8 UFC/kg de MS et 56g de MADC/kg de MS, la figure IV indique que le point correspondant ne figure pas sur le segment AB. L'utilisation de ce foin et de cette avoine ne permet pas d'obtenir ce mélange. En supposant que la valeur en Azote soit prioritaire, on voit qu'un mélange d'avoine et de foin à 56g de MADC/kg MS aura une valeur énergétique de 0,62 UFC/kg MS (M₂).

Les proportions de A et B pour obtenir ce mélange seront :

$$. \% \text{ de A} = \frac{d(MF)}{d(AF)} = \frac{18,5}{61} = 0,30 \text{ soit } 30\%$$

$$. \% \text{ de F} = \frac{d(AM)}{d(AF)} = \frac{42,5}{61} = 0,7 \text{ soit } 70\%$$

FIGURE III MELANGE DE DEUX ALIMENTS

g de MADC/Kg de MS

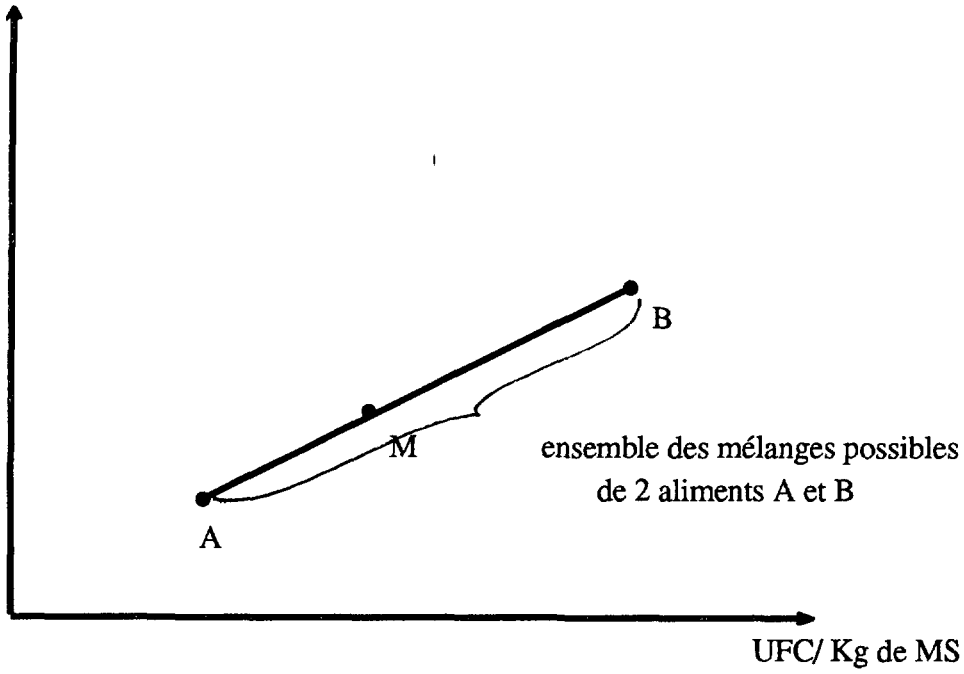
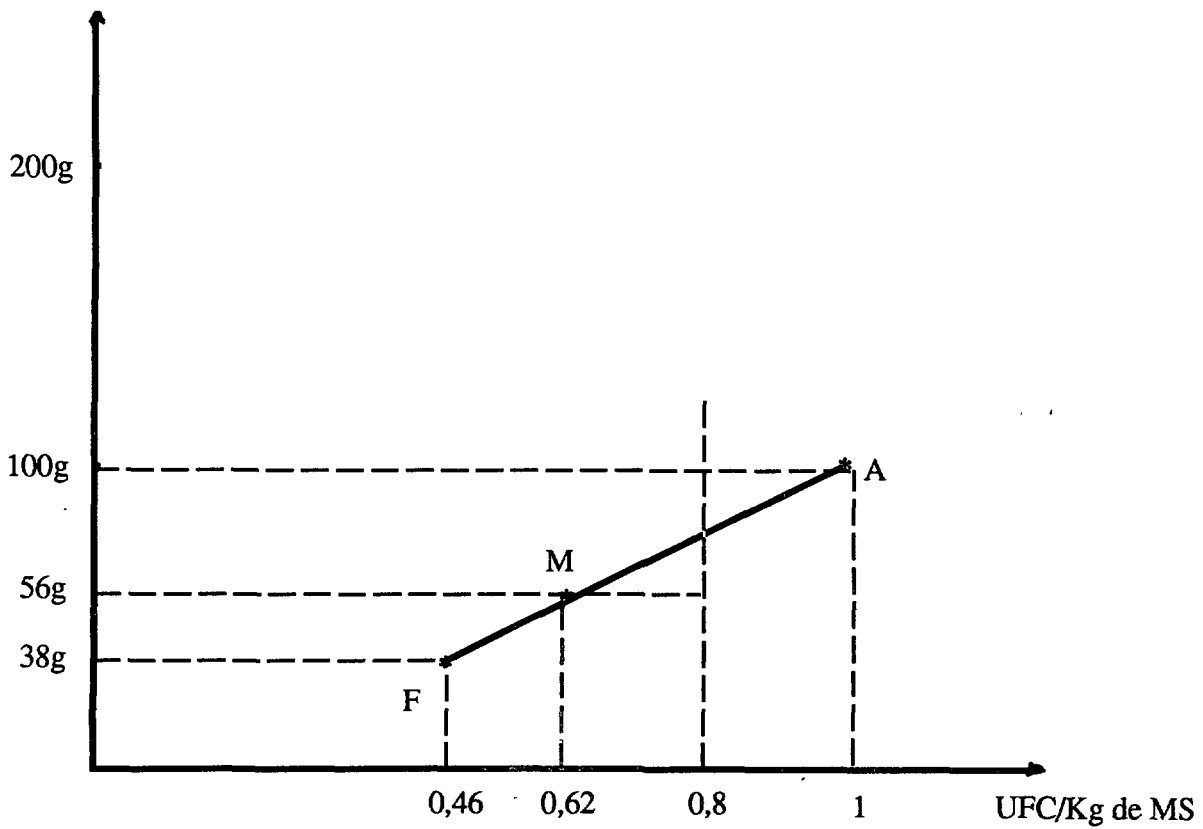


FIGURE IV MELANGE DE FOIN ET D'AVOINE

g de MADC/Kg MS



C'est l'utilisation de cette propriété qui permet de construire des mélanges de deux, trois ou ... k aliments ayant des caractéristiques déterminées à l'avance.

III - METHODE GRAPHIQUE

1. Principe

Il faut :

- Caractériser la ration en effectuant les rapports :
 - . BE/CMS
 - . BN/CMS.
- Porter le point déterminé précédemment sur le graphique, le point sera appelé R dans la suite de l'exposé.
- Elaborer un mélange d'aliments ayant les caractéristiques de R.
- Calculer le pourcentage des différentes matières premières composant le mélange.
- Multiplier ces pourcentages par la quantité de Matière Sèche à distribuer de façon à connaître les quantités de Matière Sèche de chaque aliment.
- Vérifier que les apports en énergie, azote, Matière Sèche, sont bien égaux aux apports recommandés.
- Calculer l'excès ou le déficit en Calcium, Phosphore, de façon à proposer un composé minéral vitaminé (CMV) convenable.
- Transformer les quantités de Matière Sèche calculées en quantités de matières brutes réellement distribuées en divisant la quantité de Matière Sèche par le pourcentage de Matière Sèche de l'aliment figurant dans les tables INRA.

2. Applications

2.1. Rationnement à l'aide de trois aliments

Supposons que l'on souhaite rationner un cheval telles que les caractéristiques des besoins permettent de définir le point R de la figure V et que nous disposions d'un aliment F. Il faut :

- a. tracer la droite FR, car tout complémentaire de F permettant d'obtenir un mélange correspondant au point R appartient à cette droite, comme nous l'avons vu précédemment.
- b. Recherches de part et d'autre de cette droite deux aliments A et B que l'on accepte de voir figurer dans la ration tel que le point R soit situé entre le point F et le point d'intersection M.

FIGURE V MELANGE DE 3 ALIMENTS

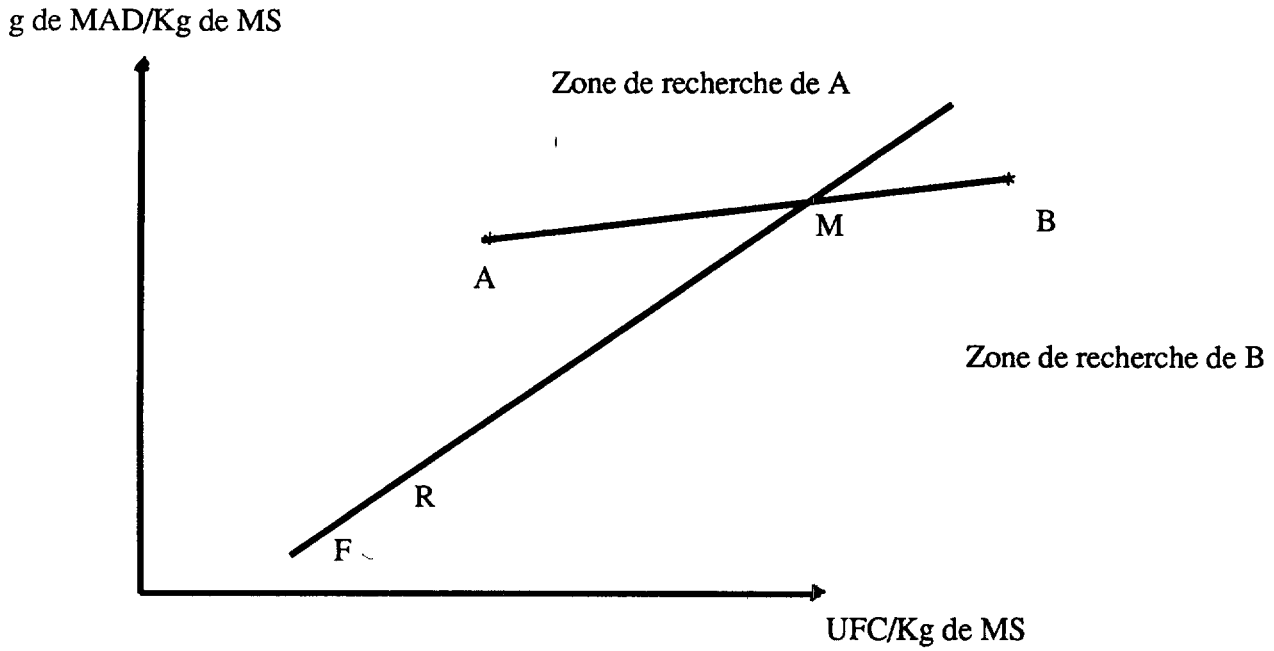
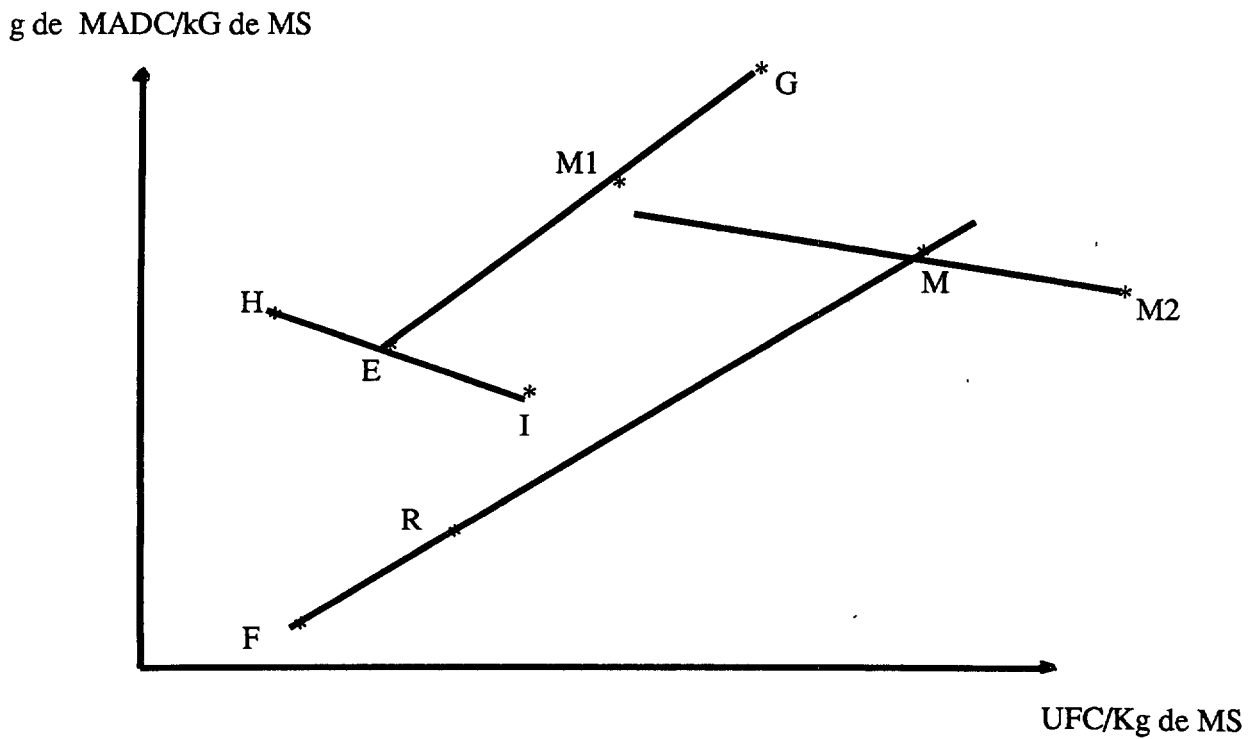


FIGURE VI MELANGE DE PLUS DE TROIS ALIMENTS



- c. Calculer les proportions de A et B dans le mélange M en utilisant les formules du paragraphe 3 de la 2ème partie.
- d. Calculer les proportions de M et de F pour obtenir le mélange R en appliquant les mêmes formules que précédemment aux aliments M et F.
- e. La composition finale de la ration est donc :

$$\cdot \text{ \% de F} = \frac{d(Mr)}{d(FM)}$$

$$\cdot \text{ \% de A} = \frac{d(MB)}{d(AB)} \times \frac{d(FR)}{d(FM)}$$

% de A dans M x % de M dans R

$$\cdot \text{ \% de B} = \frac{d(AM)}{d(AB)} \times \frac{d(FR)}{d(FM)}$$

Ces pourcentages calculés, il faut les multiplier par la consommation de Matière Sèche de façon à avoir les quantités de Matière Sèche à distribuer.

2.2. Rationnement à l'aide de plus de 3 aliments

Le même principe peut être appliqué en utilisant k aliments. Il suffit de considérer que les aliments A et B précédemment définis sont constitués eux-mêmes de mélanges d'aliments M₁ et M₂ comme l'indique la figure VI. On obtient ainsi une chaîne de mélanges dont il convient de déterminer les compositions en utilisant successivement pour chaque mélange les propriétés étudiées plus haut.

2.3. Ration comprenant des pourcentages déterminés de fourrages et de concentrés

Supposons que l'on veuille composer une ration comprenant 40% de fourrage F et 60% de concentré C ayant des caractéristiques correspondant au point R de la figure VII. Il convient de choisir un fourrage F de caractéristiques connues, de tracer la droite FR. Le point C se situe sur la droite FR de telle façon que l'on ait distance FC = distance FR : pourcentage de C dans R.

Dans notre exemple FR = 60 mm
 % de C dans R = 60%, soit 0,6

d'où distance FC = $\frac{60\text{mm}}{0,6} = 100 \text{ mm}$, soit 10 cm

Le point C étant placé, il suffit de construire un mélange permettant d'obtenir ce point. Un tel mélange sera le plus souvent constitué de 3 matières premières comme l'indique la figure VIII.

FIGURE VII Parametrage du pourcentage de concentré

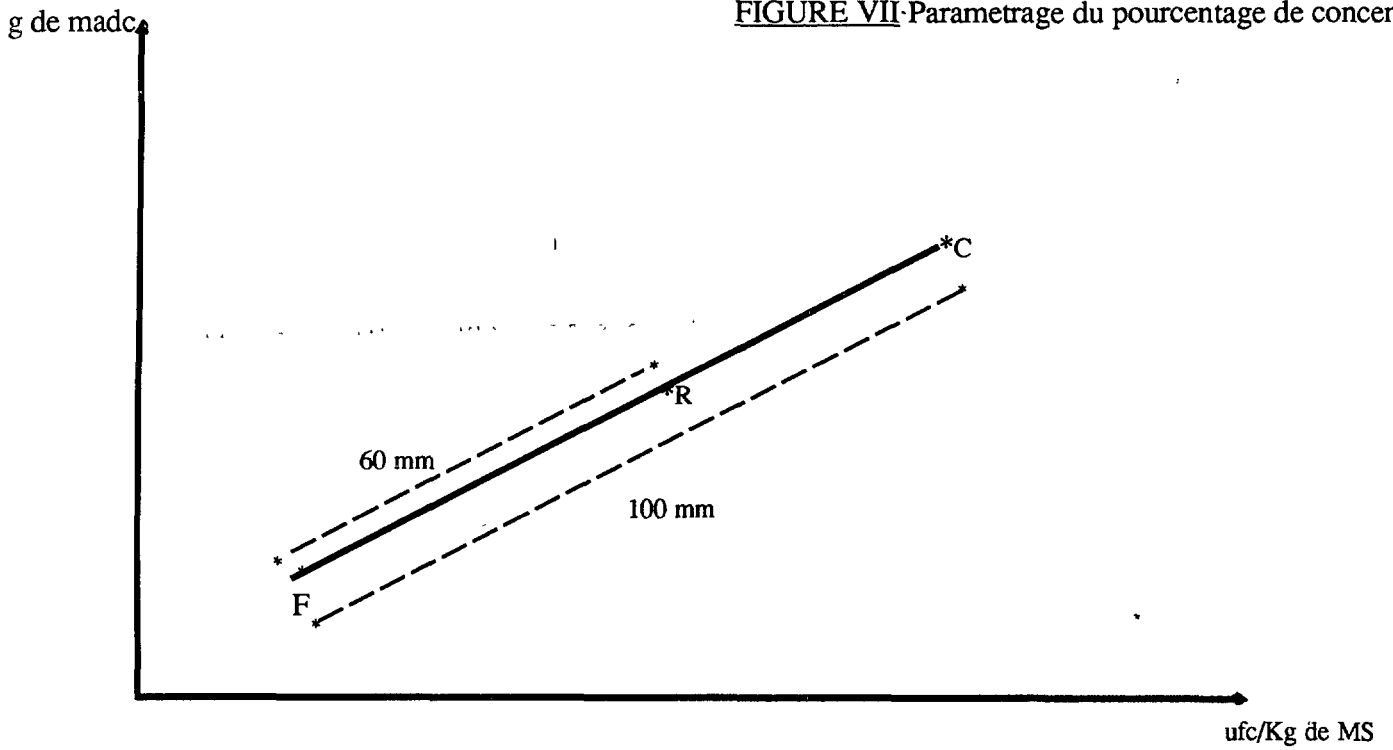
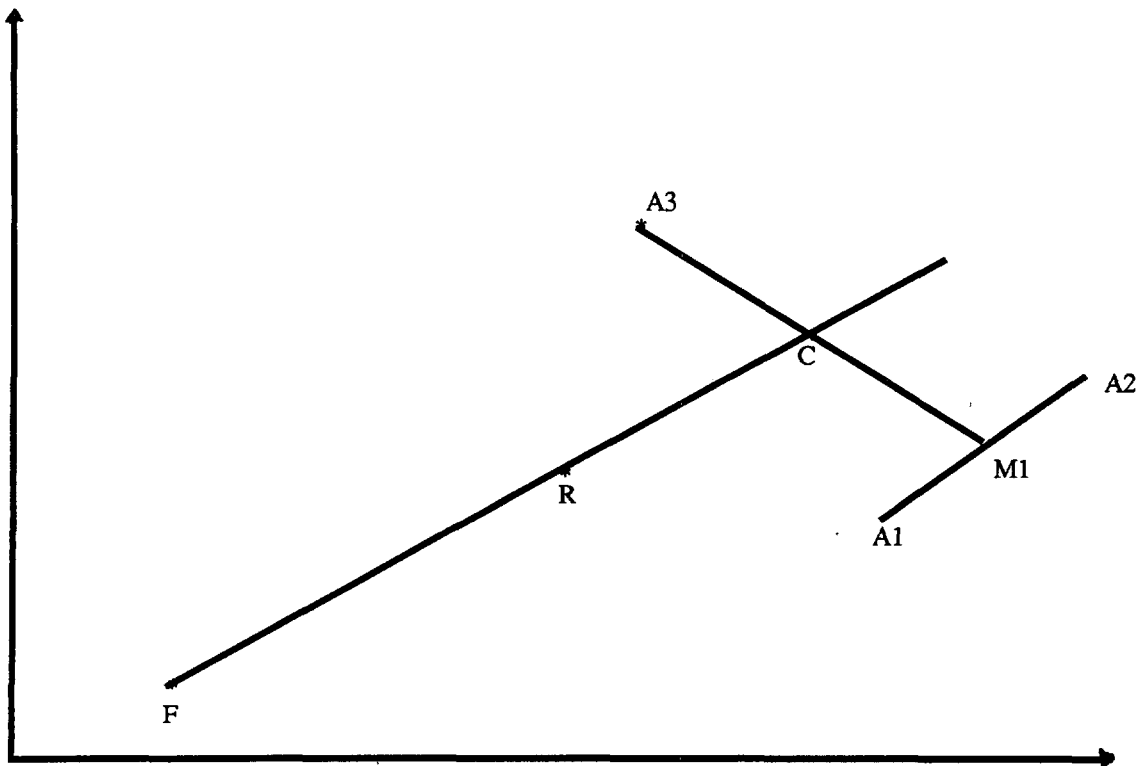


FIGURE VIII Elaboration du mélange C



2.4. Ration de base à deux fourrages de proportions respectives connues

Dans le cas où on désire fixer a priori les pourcentages respectifs de deux fourrages dans la ration de base, il suffit de porter le point de mélange à la situation voulue sur le segment de droite joignant ces fourrages, puis de considérer ce mélange comme un nouvel aliment de départ. La figure IX montre cette construction dans le cas d'un mélange à 60% de paille et 40% de foin.

2.5. Prise en compte des fourchettes de consommations en Matière Sèche

La consommation de Matière Sèche est souvent donnée sous forme de fourchette. Au sein de cette fourchette, on choisira plus facilement la borne haute de consommation lorsque l'on dispose de fourrage en grande quantité à moindre coût, et la borne basse lorsque l'on préfère limiter la quantité de fourrage ingérée.

Le graphique permet de résoudre ce type de problème. En effet, il suffit de déterminer les deux points : R mini et R maxi, de coordonner : (BE/CMS mini, BN/CMS mini) et (BE/CMS maxi, BN/CMS maxi) et de joindre ces deux points comme le montre la figure X, pour déterminer non pas un point R de caractéristique convenable, mais un ensemble de points R pouvant permettre le rationnement. En fonction des aliments disponibles il suffit de créer un mélange sur le segment R mini, R maxi) et d'apporter la quantité de Matière Sèche convenable de ce mélange pour réaliser un rationnement. Le point de mélange étant déterminé, il suffit de lire la valeur énergétique de ce mélange sur l'axe horizontal et d'appliquer la formule suivante $CMS = BE : \text{valeur énergétique du mélange}$.

2.6. La fiche de rationnement

Présentée en annexe n° 2, la fiche de rationnement permet :

- a. le calcul des apports en UFC, MADC, Calcium, Phosphore, Sodium, Matière Sèche.
- b. la comparaison avec les besoins théoriques et le calcul des déficits et des excédents.
- c. La transformation des Matières Sèches en Matières Brutes.
- d. Le calcul du coût de la ration.

CONCLUSION

La méthode de rationnement proposée permet une utilisation plus facile des tables de valeurs alimentaires et de besoins mises au point par l'INRA.

Testée sur des élèves de niveaux différents, des agriculteurs, des palefreniers, des BTS hippiques, elle s'est avérée d'un usage aisé moyennant de courtes séances d'initiation.

FIGURE IX MELANGE DE FOIN ET DE PAILLE

g de MADC/Kg de MS

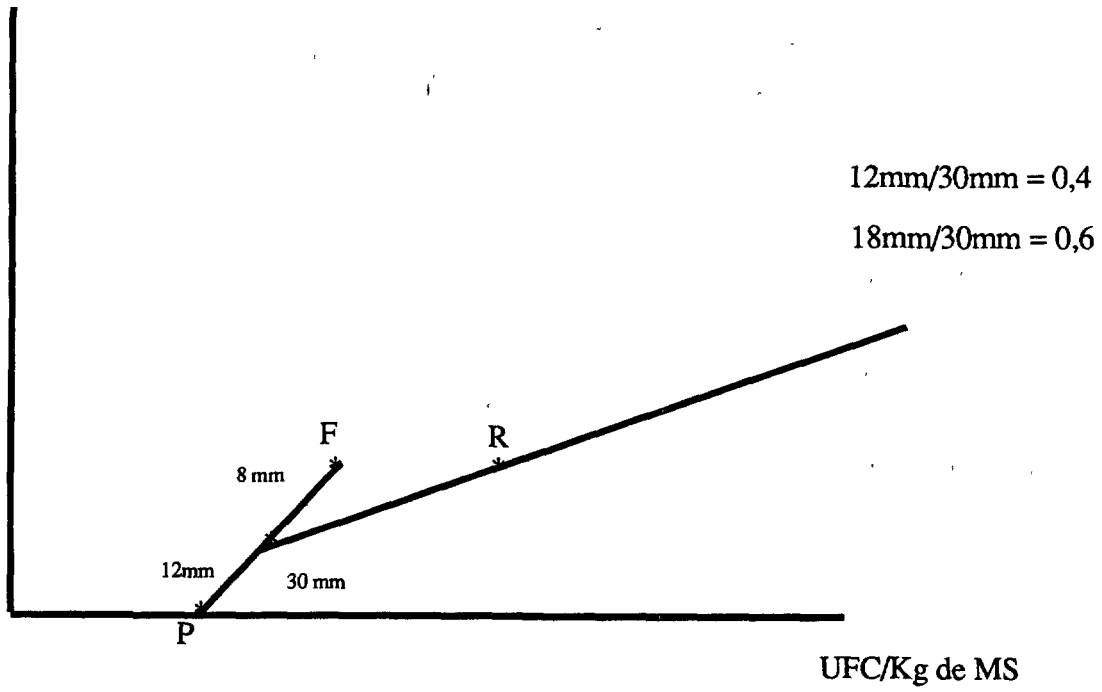
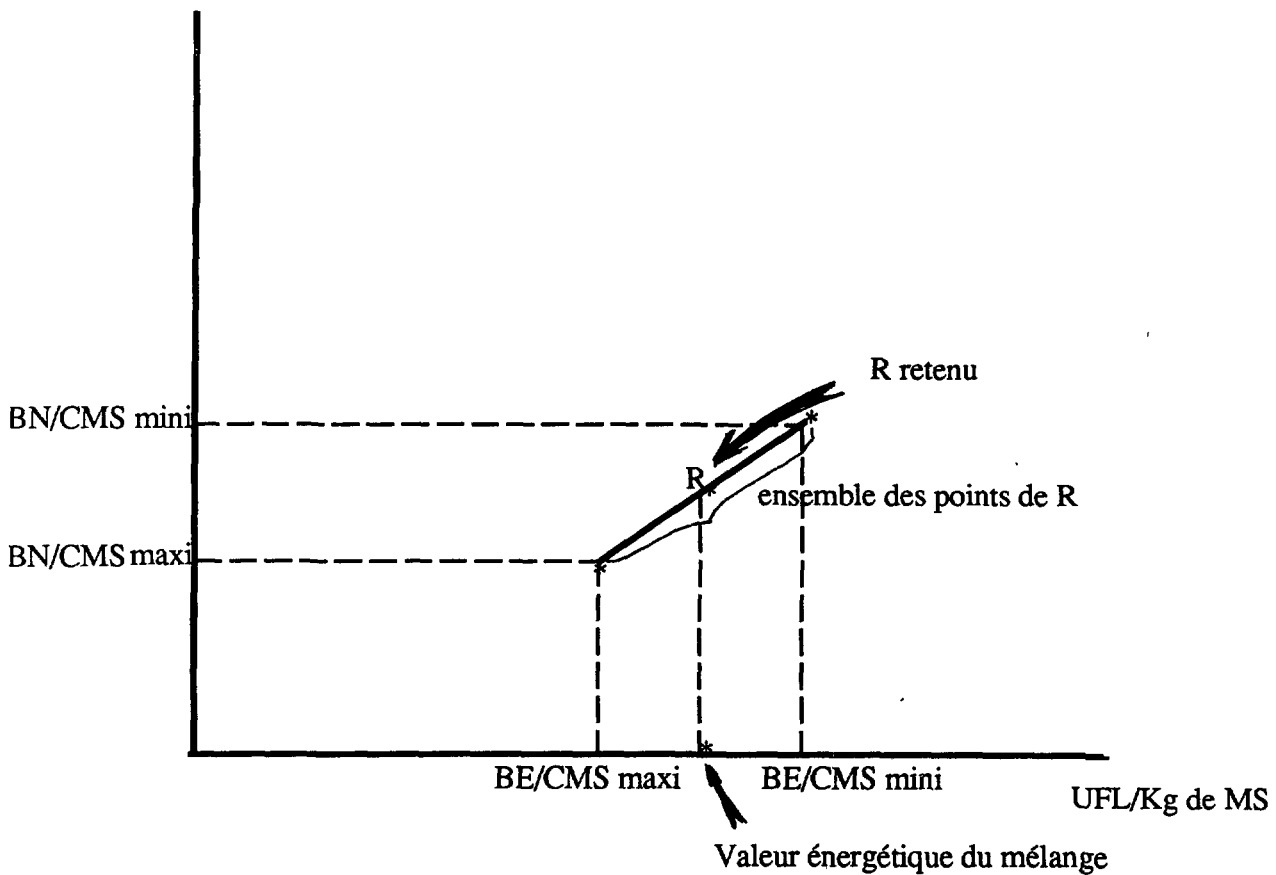


FIGURE X PRISE EN COMPTE DE LA VARIATION DE LA CONSOMMATION DE MATIERE SECHE

g de MADC/Kg de MS



Cette méthode est un outil mis à la disposition des éleveurs et des techniciens. Elle ne saurait remplacer ni le savoir-faire ni la réflexion. Elle permet d'ouvrir le champ des possibilités offertes. Mais l'utilisateur doit se garder de créer des rations trop compliquées souvent difficiles à distribuer. Il doit vérifier régulièrement que les quantités prévues sont effectivement consommées par les chevaux. Enfin, la surveillance de l'état des animaux permet de voir si les besoins estimés correspondent bien à la réalité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- . Nutrition et alimentation - Tables des apports alimentaires recommandés pour le cheval - Tables de la valeur nutritive des aliments pour le cheval.
Dans l'ouvrage collectif : R. JARRIGE, W. MARTIN-ROSSET, 1984. Le Cheval - Reproduction, Sélection, Alimentation, exploitation. INRA Ed., Paris, pp 173 à 371 et 645 à 689.

*

* *

ANNEXE I

LISTE RESTREINTE DES VALEURS ALIMENTAIRES PAR KILOGRAMME DE MATIERE SECHE

n° INRA	Aliments	% de MS	UFC	MADC (g)	P(g)	CA (g)
1	Prairie naturelle de plaine (1er cycle)	15	0,89	121	4,5	7,5
2	Prairie naturelle de plaine, épi à 10 cm	17	0,84	103	4	7
12	Herbe résiduelle d'automne	20	0,59	42	-	-
26	Ray-grass anglais épi à 10 cm	17	0,88	100	4	5,5
57	Ensilage maïs 30% de MS	33	0,85	30	2,5	3,5
59	Foin de bonne qualité	85	0,66	58	3	6
65	Foin de qualité moyenne	85	0,52	40	2,5	5,5
68	Foin 1er cycle Fin floraison	85	0,46	38	2	5,5
93	Foin de luzerne	85	0,50	84	2	15
102	Paille de blé	88	0,33	-	1	2
113	Luzerne déshydratée	92	0,57	101	2,5	17
120	Orge	86	1,16	92	4	0,9
121	blé	86	1,26	98	3,7	0,7
122	Avoine	86	1,01	103	3,8	0,9
123	Maïs grain	86	1,32	79	3,5	0,3
125	Pois	88	1,17	223	4,2	1
130	Tourteau soja	88	1,09	496	7,5	3,3

Source : Tables de la Valeur Nutritive des Aliments pour le Cheval INRA - 1984

TYPE ANIMAL :

COMPOSITION EN MATIERE SECHE DE LA RATION

APPORTS ALIMENTAIRES RECOMMANDES

UFC

g MAC

kg MS

ALIMENTS N° Tables	Nom	Poids kg M.S.	UFC		MADC		Ca		P		Na	
			/kg MS	/jour	/kg MS	g/jour	/kg MS	g/jour	/kg MS	g/jour	/kg MS	g/jour
Aliment												
Aliment												
Aliment												
Aliment												
APPORTS ALIMENTAIRES JOURNALIERS TOTAUX												
APPORTS PAR LA RATION (calculés)												
APPORTS RECOMMANDES (Tables)												
= SOLDE												

-85-

COMPOSITION EN MATIERE BRUTE DE LA RATION

Aliments	Poids en kg MS a	% M.S. (cf. Tables) b	Poids en kg brut a/b	Prix / kg brut	Coût de cha- que aliment
Aliment Départ					
Aliment A					
Aliment B					
Aliment C					
Coût de la ration					