

C. DEMARQUILLY, J. ANDRIEU
INRA Station de recherches sur la
Nutrition des Herbivores
Unité Valeur alimentaire
Theix 63122 Saint Genès Champanelle

Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert

En Europe, l'alimentation des ruminants est largement basée sur l'utilisation des fourrages naturels ou cultivés, exploités en vert par le pâturage durant la période de croissance de l'herbe et sous forme de fourrages conservés pendant la période hivernale. Il est donc intéressant de bien connaître leur valeur pour le ruminant.

D'un point de vue nutritionnel un fourrage vert est caractérisé par sa valeur nutritive (valeur énergétique, valeur azotée, teneur en minéraux, vitamines...) et par son ingestibilité qui est la quantité de matière sèche volontairement ingérée par un ruminant qui reçoit ce fourrage à volonté.

Nous nous limiterons surtout dans cette revue aux variations de la digestibilité de la matière organique - qui détermine la valeur énergétique du fourrage (qui est dans la majorité des cas le principal facteur limitant de la valeur nutritive des fourrages des zones tempérées) - et de l'ingestibilité des fourrages verts. On sait en effet que les caractéristiques des fourrages conservés dépendent d'abord des caractéristiques correspondantes des fourrages verts sur pied au moment de la fauche, mais que ces dernières vont être plus ou

moins modifiées suivant les techniques et la réussite de la récolte et de la conservation. Ces modifications sont cependant bien connues tant pour la déshydratation (Henck et Laube 1968, Demarquilly 1970) ou le conditionnement du fourrage, qui suit la déshydratation (Jarrige *et al* 1973) que pour l'ensilage (Harris et Rémond 1963, Demarquilly 1973, Michalet-Doreau et Demarquilly 1981, Dulphy et Michalet-Doreau 1981) ou la fenaison (Andrieu et Demarquilly 1987) (voir aussi Demarquilly et Jarrige 1974). Par ailleurs les liaisons entre d'une part la digestibilité de la matière organique et l'ingestibilité et d'autre part la composition morphologique et chimique du fourrage ont déjà été discutées (Demarquilly et Jarrige 1971 et 1974) : la digestibilité de la matière organique d'une plante fourragère ou d'un organe de cette plante dépend essentiellement de la teneur et de la digestibilité des constituants pariétaux. Elle diminue au fur et à mesure que la teneur en ces constituants et le degré de lignification de ces derniers augmentent. Il en résulte que la digestibilité des tiges est plus faible que celle des feuilles, la différence s'accroissant avec l'âge notamment au cours du premier cycle de végétation. Quant à l'ingestibilité elle dépend essentiellement de la teneur en constituants pariétaux et de la vitesse de digestion et de réduction en fines particules dans le rumen de ces constituants donc aussi en partie de leur degré de lignification. Il n'est donc pas étonnant que la digestibilité et l'ingestibilité évoluent souvent dans le même sens, du moins pour une espèce fourragère donnée.

Résumé

Cette revue résume les principaux résultats obtenus, en France et en Europe, sur la composition chimique, la digestibilité et l'ingestibilité chez le mouton des principales espèces fourragères de graminées et de légumineuses et sur les autres plantes utilisables comme fourrages (maïs, autres céréales, protéagineux, crucifères) exploitées en vert. La marge de variation est importante pour les graminées et les légumineuses (55 à 85 % pour la digestibilité, 40 à 120 g MS/kg P^{0.75} pour l'ingestibilité). La digestibilité et l'ingestibilité d'une espèce donnée dépendent essentiellement du stade de végétation ou du nombre de jours de croissance. Elles diminuent avec l'âge du fourrage, notamment durant les premiers cycles et les cycles de repousses à tiges. A un stade donné de végétation, il existe des différences entre espèces, mais l'année et le lieu d'étude n'ont pas d'influence notable, notamment sur la digestibilité.

La digestibilité et l'ingestibilité des autres plantes fourragères sont moins variables avec le stade de végétation ou de maturation des grains.

Les fourrages classiques : graminées et légumineuses

La composition chimique, la digestibilité *in vivo* et l'ingestibilité des fourrages étudiés sur moutons en France lors des mesures systématiques effectuées pour étudier l'évolution de leur valeur nutritive et de leur ingestibilité avec l'âge ou le stade de végétation (du démarrage de la végétation au printemps jusqu'à la floraison pour les premiers cycles et de l'âge de 4 à 8 semaines pour les repousses) au cours des cycles successifs de végétation sont données au tableau 1.

Les valeurs moyennes sont très comparables dans le cas des prairies temporaires et des prairies naturelles, elles-mêmes à base de graminées : les teneurs en cendres, en matières azotées et en cellulose brute (en g/kg MS), la digestibilité de la matière organique (en %) et l'ingestibilité (en g MS/kg P^{0,75}) sont respectivement de l'ordre de 100, 145, 270, 71 et 68. Les graminées exploitées l'année de semis, lorsqu'elles restent pour la plupart à un stade végétatif, sont un peu plus riches en cendres (+ 20 g), en matières azotées (+ 45 g) et plus digestibles (+ 5 points), mais ne sont pas mieux ingérées. Les légumineuses sont nettement plus riches en matières azotées que les graminées, moins digestibles pour la luzerne, mais non pour le trèfle violet, et elles sont nettement mieux consommées (+ 16 %). L'herbe exploitée dans les conditions du pâturage (il s'agissait essentiellement de ray-grass, de dactyle et de dactyle - luzerne) a des

caractéristiques voisines de celles des prairies temporaires, mais elle est un peu plus riche en matières azotées (+ 15 g) et est un peu plus digestible (+ 3,0 points), essentiellement parce que l'exploitation du premier cycle n'a pas dépassé le stade fin montaison - début épiaison. Le tableau 1 montre aussi que, pour une catégorie de fourrage donnée, la marge de variation d'une caractéristique donnée est très large. Le critère le plus variable est la teneur en matières azotées, notamment chez les graminées : la teneur peut varier de 50 à 275 g. La digestibilité de la matière organique est en revanche le critère le moins variable bien qu'elle puisse varier de 50 à 85 %. L'ingestibilité est en moyenne deux fois plus variable que la digestibilité. Elle conditionne donc plus la quantité de matière organique digestible ingérée par l'animal que la digestibilité comme d'autres auteurs l'avaient déjà montré (Crampton *et al* 1960, Ingalls *et al* 1965).

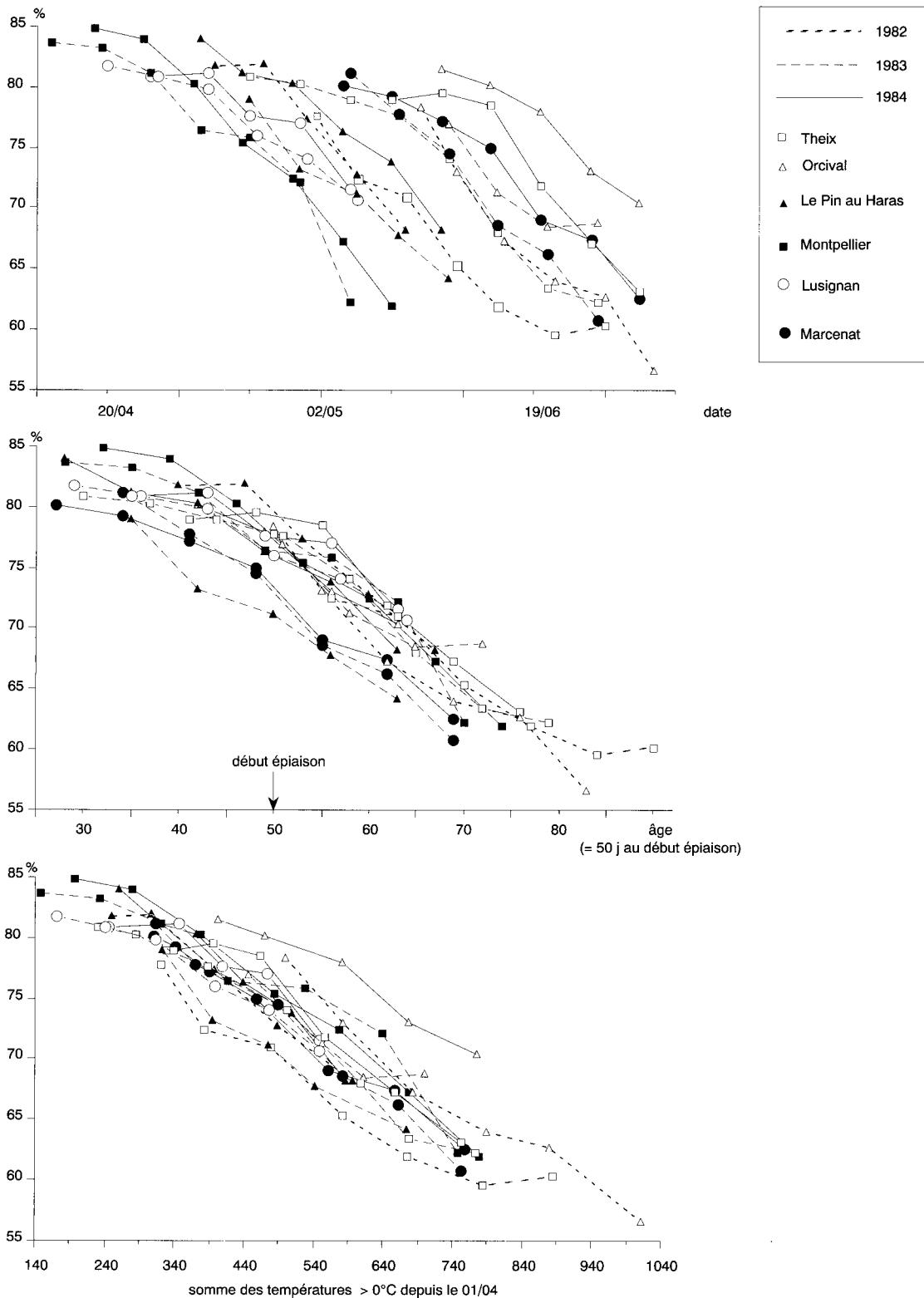
Evolution de la digestibilité

Pour tous les fourrages, la digestibilité est maximum en début de premier cycle (80 à 85 % suivant les espèces). Elle diminue lentement jusqu'à un stade compris entre le stade épi à 10 cm (ray-grass italien, fléole, fétuque élevée) et le stade début épiaison (ray-grass anglais, dactyle), puis rapidement ensuite de 0,4 à 0,5 point/jour par suite de l'accroissement rapide de la proportion de tiges et de la diminution de la digestibilité des tiges, qui est beaucoup plus rapide que celles des limbes. La digestibilité de l'herbe de la prairie natu-

Tableau 1. Composition chimique (en g/kg MS), digestibilité de la matière organique (en %) et ingestibilité chez le mouton (en g MS/kg P^{0,75}) des fourrages classiques étudiés en vert en France.

	n		Teneur en matière sèche (g/kg)	Cendres	Matières azotées	Cellulose brute	Digestibilité de la matière organique	Ingestibilité
Prairies temporaires de graminées	916	moyenne extrêmes CV	191 102-345 27 %	108 52-248 22 %	143 52-274 29 %	268 157-383 15 %	71,5 49,2-84,1 9 %	68,0 37-106 16 %
Prairies naturelles	295	moyenne extrêmes CV	192 111-350 17 %	94 52-210 20 %	143 80-233 24 %	270 170-360 12 %	69,5 50,0-82,0 8 %	66,0 41-93 16 %
Prairies temporaires en années de semis	141	moyenne extrêmes CV	165 102-259 18 %	130 83-201 18 %	189 101-274 17 %	243 165-317 12 %	76,0 60,0-84,1 6 %	68,0 47-106 16 %
Luzerne	172	moyenne extrêmes CV	213 140-273 25 %	112 42-171 15 %	221 161-280 13 %	278 169-374 16 %	66,0 56,5-80,9 7 %	79,0 56-121 15 %
Trèfle violet	56	moyenne extrêmes CV	157 112-243 22 %	118 90-161 14 %	192 128-245 16 %	223 128-310 22 %	72,0 57,6-83,2 8 %	79,0 60-100 11 %
Herbe au stade pâturage	139	moyenne extrêmes	192 125-380	121 71-201	159 78-260	272 186-368	74,4 66,3-85,8	moutons non alimentés à volonté

Figure 1. Relations, au cours du premier cycle, entre la digestibilité du ray-grass anglais Réveille cultivé dans des conditions de milieu différentes (lieux, années) et la date, l'âge, et la somme des températures au-dessus de 0° C et depuis le 1er avril. D'après Berekoutou 1986.



L'année et le lieu de culture n'influent sur la digestibilité que par leur effet sur le stade de végétation.

relle évolue de façon semblable à celles des autres graminées, mais la diminution rapide de la digestibilité se produit à un stade relativement jeune par suite de la précocité de certaines espèces composant la flore de cette prairie. En revanche, la digestibilité des légumineuses diminue de façon linéaire durant

tout le premier cycle de 0,4 point/jour. Elle passe de 80 à 55 % chez la luzerne et de 85 à 60 % chez le trèfle violet du début de la végétation à la pleine floraison.

Des évolutions et des diminutions du même ordre ont été observées en Grande-Bretagne *in vivo* (Minson *et al* 1964) ou *in vitro* (Terry

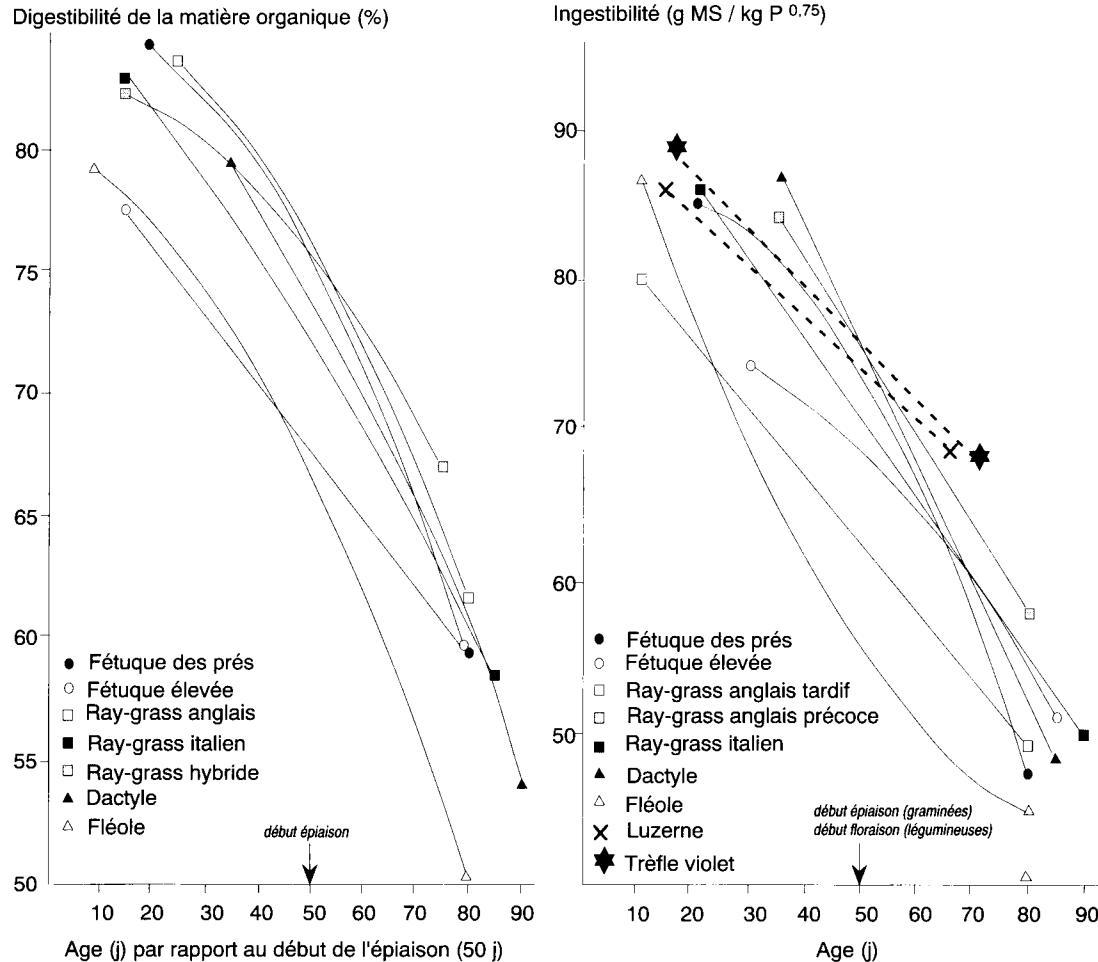
et Tilley, 1964, Walters *et al* 1967) et dans les pays scandinaves (Homb 1963, Kivimae 1959 et 1966 ; cf. pour une revue plus complète celle de Raymono 1969). Cela n'a rien d'étonnant. En effet dans nos études, si l'année et le lieu de culture ont eu une influence sur la digestibilité d'une même variété à une date donnée (figure 1) par leur effet sur le stade de développement, elles ont eu peu d'effet sur la digestibilité à un stade donné de croissance (figure 1). Ce dernier dépend lui-même de la somme des températures reçues par la plante. La digestibilité est donc également liée (Berekoutou 1986) à la somme des températures (figure 1). De même les différences de digestibilité entre variétés à l'intérieur d'une même espèce sont faibles (il convient cependant de signaler qu'en début épiaison les variétés précoces sont un peu plus digestibles que les variétés tardives, et que les variétés tétraploïdes sont souvent un peu plus digestibles que les variétés diploïdes. Cela a été aussi montré *in vitro* par Dent et Aldrich (1968) et par Walters *et al* (1967)). Andrieu *et al* (1981) ont pu calculer les équations des courbes (figure 2a) qui rendent compte de façon très satisfaisante de l'évolution avec l'âge ($x = 50$ le jour où 10 % des plantes sont épées) de la digestibilité de chaque espèce

végétale. L'âge s'avère un meilleur prédicteur de la digestibilité (Syx est compris entre 1,4 et 2,7 points suivant les espèces) que la composition chimique : cellulose brute et matières azotées (Syx compris entre 1,2 et 3,2). La figure 2 montre qu'il existe des différences intrinsèques de digestibilité entre espèces à même stade de développement mais que ces différences sont plus faibles que celles entraînées pour une espèce donnée par le stade de végétation.

La digestibilité des repousses, mêmes jeunes, est toujours inférieure à celle des plantes correspondantes en début de printemps. Elle diminue presque aussi rapidement qu'au premier cycle pour les repousses à tiges, mais beaucoup moins vite aux 3^e et 4^e cycles (par exemple respectivement de 0,20 et 0,16 point/jour chez la luzerne) parce que la proportion de feuilles diminue moins rapidement. A même âge, la teneur en matières azotées et la digestibilité des repousses à tiges augmentent donc d'un cycle au suivant. En revanche la digestibilité des repousses entièrement feuillues diminue très peu avec l'âge (souvent de l'ordre de 0,1 point/jour) et leur digestibilité est pratiquement indépendante du numéro du cycle. La digestibilité des repousses est moins liée à l'âge que celle des

Figure 2. Relations entre, d'une part la digestibilité ou l'ingestibilité des fourrages verts au premier cycle, d'autre part leur âge, indexé sur le stade début épiaison (graminées) ou début floraison (légumineuses).

Les diminutions de digestibilité et d'ingestibilité quand l'âge du fourrage augmente sont plus importantes que les différences entre espèces.



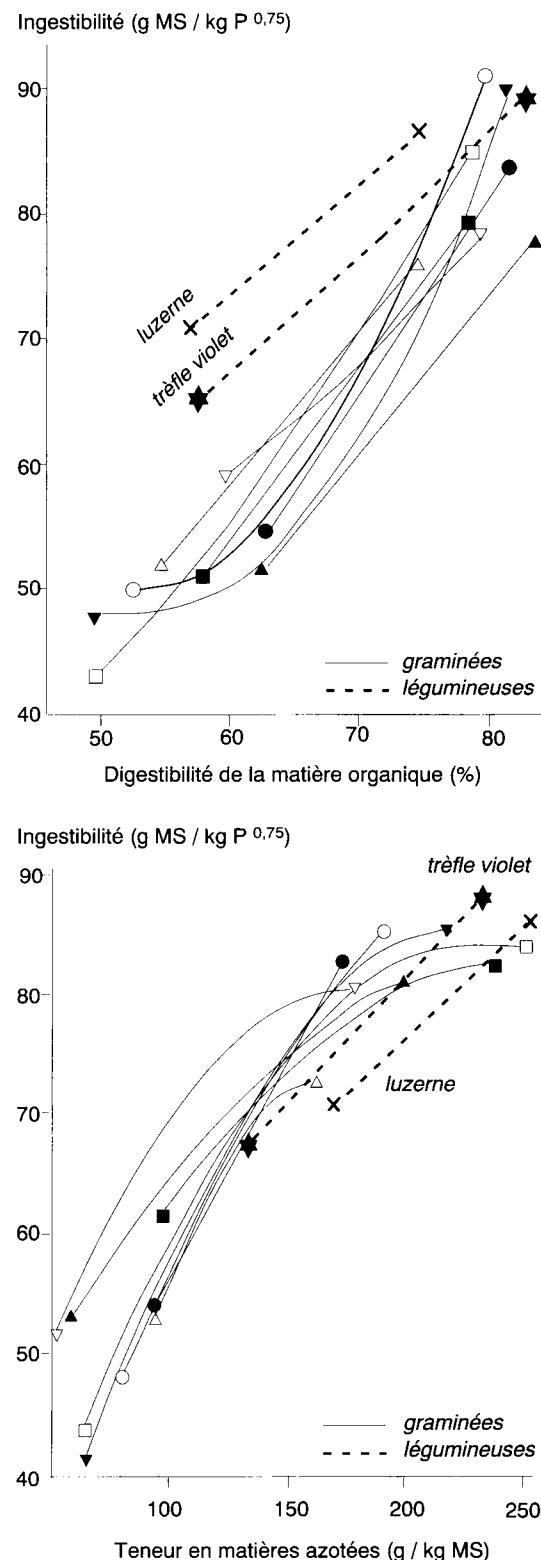
premiers cycles. Elle pourra varier de l'ordre de 5 points pour les repousses feuillues de même âge, d'un lieu à l'autre, ou, dans un lieu donné, d'une année à l'autre, suivant les conditions climatiques. La température a, en effet, un effet dépressif sur la digestibilité.

Evolution de l'ingestibilité

L'ingestibilité d'une espèce donnée dépend, comme la digestibilité, du stade de végétation et du numéro du cycle. Elle diminue constamment au cours du premier cycle de végétation. L'année, le lieu de culture, la fertilisation azotée ou la variété (dans nos essais les variétés précoces de ray-grass anglais ont cependant été mieux ingérées que les variétés tardives) ont peu d'influence sur l'ingestibilité d'une espèce à un stade donné. On peut donc tracer pour chaque espèce la courbe d'évolution de son ingestibilité en fonction de l'âge (figure 2). Cette figure montre que les liaisons sont linéaires ou légèrement curvilinéaires. Il en est de même dans les résultats sur vaches laitières et jeunes bovins en croissance récapitulés par Hodgson (1977). Cette liaison linéaire est contraire à la conception généralement admise que la quantité ingérée augmente peu quand la digestibilité est supérieure à 70 % (Baumgardt 1970). La diminution moyenne d'ingestibilité avec l'âge reste comprise entre 0,41 et 0,65 g MS/kg $P^{0.75}$ par jour pour la majorité des espèces de graminées et de prairies naturelles à base de graminées, mais est plus importante pour le dactyle et le brome (respectivement 0,77 et 0,85 g/jour) et est plus faible pour les légumineuses (respectivement 0,34 et 0,37 g/jour pour la luzerne et le trèfle violet). Le classement des espèces varie suivant le stade et les différences les plus grandes s'observent dans les 15 jours situés de part et d'autre du début de l'épiaison. Ces différences liées à l'espèce restent cependant inférieures à celles liées à l'âge. Il existe donc aussi des liaisons entre l'ingestibilité et la digestibilité (figure 3), figure qui montre aussi qu'il existe des différences importantes d'ingestibilité entre fourrages de même digestibilité et notamment que l'ingestibilité des légumineuses est bien supérieure à celle des graminées comme de nombreux auteurs l'ont observé (cf. revue de Jarrige *et al* 1974).

Les différences d'ingestibilité observées entre espèces, à même teneur en matières azotées ou à même teneur en cellulose brute, sont plus faibles que celles observées à même âge ou à même digestibilité (figure 3). En particulier, il n'existe plus de différences significatives entre variétés précoces et tardives de ray-grass anglais. Chaque espèce végétale se caractérise cependant par une courbe d'évolution qui lui est propre. La prévision de l'ingestibilité d'une espèce donnée à partir de l'âge est pourtant généralement plus précise qu'à partir de la composition chimique (teneurs en cellulose brute et matières azotées), l'écart-type réduit de la prévision reste compris entre 3,3 et 6,9 g suivant les espèces.

Figure 3. Relations entre d'une part l'ingestibilité des fourrages verts au premier cycle et d'autre part leur digestibilité ou leur teneur en matières azotées.



L'ingestibilité des repousses diminue aussi avec l'âge, mais les liaisons avec l'âge, la digestibilité, les teneurs en matières azotées et cellulose brute sont beaucoup moins étroites (et souvent même non significatives) que pour les plantes correspondantes du pre-

mier cycle, notamment dans le cas des repousses uniquement feuillues. La raison en est que tous ces paramètres varient dans des limites beaucoup plus étroites et que certains paramètres, dont l'influence est faible ou négligeable au premier cycle, interviennent souvent pour modifier l'ingestibilité. A même âge, l'ingestibilité augmente souvent avec la teneur en matière sèche et diminue avec la teneur en cendres (qui traduit souvent la contamination par de la terre) et la teneur en débris (parties mortes). A même digestibilité les repousses d'été sont souvent mieux ingérées que les premiers cycles correspondants (plus pauvres en matière sèche et en matières azotées) et que les repousses d'automne (plus pauvres en matière sèche et plus riches en débris).

Les autres plantes fourragères

De nombreuses plantes autres que les graminées et légumineuses fourragères classiques sont aussi cultivées en Europe comme fourrages. Nous ne traiterons que des plus importantes d'entre elles. Il s'agit essentiellement des céréales plantes entières, notamment du maïs, des crucifères et de certaines plantes oléoprotéagineuses. Leur composition chimique moyenne, leur digestibilité et leur ingestibilité sont données au tableau 2. On notera que, pour la plupart d'entre elles, les marges de variation de leurs digestibilité et ingestibilité sont souvent beaucoup plus étroites que celles observées pour les fourrages classiques.

Le maïs

De la floraison à la maturité du grain, la plante entière de maïs a une digestibilité de la matière organique pratiquement constante (elle peut cependant dans certains lieux et certaines années augmenter légèrement jusqu'à ce que les plantes atteignent 30 - 35 % de MS) parce l'augmentation de la part de l'épi dans la plante, épi dont la digestibilité est élevée et constante (83 %), compense la diminution de digestibilité (de 70 à 60 %) du reste de la plante (Demarquilly 1969). Cette digestibilité est en moyenne de 71-72 %. Des valeurs tout à fait semblables ont été obtenues en Angleterre (Harris 1965), en Allemagne (Gross 1971), aux Pays-Bas (Schukking 1980), en Belgique (Boucque *et al* 1976) et aussi aux Etats Unis (Johnson et Mc Clure 1968). La digestibilité dépend peu de la variété (bien que les études en cours sur les variétés spécialement sélectionnées pour la qualité mettent en évidence des différences très significatives pouvant atteindre 5 points), ni de la densité de semis tant que celle-ci ne dépasse pas 120 000 pieds/ha pour les variétés du groupe 0 ou 1 (Andrieu et Demarquilly 1974). Le gène *bm* (Brown Midrib), qui abaisse la teneur en lignine des organes végétatifs, permet aussi d'augmenter de 3 à 5 points la digestibilité des variétés dans lesquelles il est introduit (Gallais *et al* 1976, Sheldrick 1979).

L'ingestibilité de la plante de maïs distribuée en vert est, elle aussi, constante, du moins chez le mouton, mais plus variable d'un maïs à l'autre que la digestibilité.

Tableau 2. Composition chimique (en g/kg MS), digestibilité de la matière organique (en %) et ingestibilité (en g MS/kg P^{0,75}) des céréales plantes entières après la floraison, des protéagineux après la floraison, des crucifères et du tournesol.

	n		Teneur en matière sèche (g/kg)	Cendres	Matières azotées	Cellulose brute	Digestibilité de la matière organique	Ingestibilité
Maïs après la floraison	82	moyenne extrêmes	234 139-330	57 39-79	88 58-114	201 143-259	71,5 67,7-79,5	53 38-67
Céréales* après la floraison	15	moyenne extrêmes	322 232-416	69 47-94	72 50-99	297 263-358	60,6 57,0-63,4	44 31-63
Féverole après la floraison	5	moyenne extrêmes	237 164-342	83 75-102	146 124-165	310 260-380	69,3 68,4-69,0	79 72-85
Pois après la floraison	3	moyenne extrêmes	250 183-331	88 81-92	172 167-175	186 180-192	75,4 73,1-75,9	89 85-91
Lupin après la floraison	2	moyenne extrêmes	162 160-165	68 61-76	191 180-203	198 183-214	75,6 75,5-75,7	51 49-54
Soja après la floraison	9	moyenne extrêmes	210 158-321	101 82-114	172 150-228	295 250-327	62,8 59,8-70,1	73 63-83
Choux	83	moyenne extrêmes	127 96-166	130 100-176	168 118-244	170 127-216	82,9 76,1-85,9	90 84-94
Colza dérobé	32	moyenne extrêmes	127 80-181	176 121-267	198 133-296	169 124-197	81,2 76,9-84,0	82 68-94

* avoine, blé, orge, seigle et sorgho fourrager

Autres céréales

Les sorghos fourragers et les céréales à grains (Demarquilly 1970) ont une digestibilité de l'ordre de 80 % au début de la maturation. Elle diminue ensuite rapidement, comme celle des graminées fourragères classiques, et ne se stabilise qu'à partir du stade laiteux du grain, mais a alors une valeur comprise entre 58,0 (avoine, sorgho fourrager, seigle) et 63,0 % (blé, orge) selon les plantes. Lors de la phase de maturation du grain, leur digestibilité est donc bien inférieure à celle de la plante de maïs, parce que leurs tiges sont beaucoup plus riches en parois, elles-mêmes plus lignifiées.

L'ingestibilité de ces céréales suit la même évolution que leur digestibilité jusqu'au stade laiteux et n'est alors que légèrement inférieure à celle du maïs. Cependant elle diminue assez rapidement dès le stade pâteux par suite de la lignification de leurs tiges. Il existe cependant des différences notables suivant les espèces. L'avoine et les sorghos fourragers sont nettement mieux ingérés que le blé, l'orge et surtout le seigle au stade pâteux du grain.

Les protéagineux

Les plantes entières de lupin, féverole, pois, soja sont beaucoup plus riches en matières azotées (teneur de 150 à 190 g/kg MS) que la plante de maïs et sont aussi beaucoup mieux ingérées à l'exception du lupin. Leur digestibilité est, elle aussi, peu variable durant la phase de maturation de la graine. Cette digestibilité est supérieure (environ 75 % pour le pois), un peu inférieure (environ 69 % pour la féverole) ou nettement inférieure (63 % pour le soja chez lequel les variétés précoces sont un peu plus digestibles, de 5 points environ, que les variétés tardives) à celle de la plante de maïs. La digestibilité de ces plantes est peu ou pas liée à leur composition chimique. C'est ainsi que la digestibilité de la féverole est pratiquement constante à partir de la floraison alors que sa teneur en cellulose brute passe de 260 à 380 g/kg MS durant la phase de formation et de maturation de la graine.

L'ingestibilité de ces plantes est, elle aussi, peu variable au cours de la phase de maturation de la graine. Elle augmente un peu chez le soja, reste constante chez le pois et diminue un peu chez la féverole.

Les crucifères

Riches en matières azotées (en moyenne 170 g/kg MS) et pauvres en constituants pariétaux, les choux ont une digestibilité (en moyenne 83 %) de la matière organique et une ingestibilité élevées. Des digestibilités du même ordre de grandeur ont été observées en Grande-Bretagne (RRI report 1975) et en Allemagne (Piatkowski et Steger 1965). D'après les mesures du RRI, il existerait des variétés (choux mille-têtes) plus digestibles que d'autres (choux moellier).

Le colza en culture dérobée a une valeur nutritive très voisine de celle du chou, mais il est en moyenne un peu plus riche en matières azotées.

Conclusion

Les caractéristiques nutritionnelles des fourrages verts européens sont maintenant bien connues et elles conditionnent celles des fourrages conservés correspondants. Elles figurent dans les "Tables françaises de la valeur nutritive des aliments" (INRA 1988), qui donnent pour chaque fourrage suivant son stade (1er cycle), son âge (repousses) et son mode d'utilisation (en vert, ensilage ou foin) sa composition chimique, sa digestibilité, son ingestibilité et sa valeur nutritive. Bien évidemment, le problème se pose de savoir si les valeurs obtenues en France sont valables pour les autres pays européens, notamment ceux de l'Europe du Nord. Il semble que oui, du moins pour les premiers cycles et les fourrages annuels (céréales, crucifères,...). Les résultats obtenus en France pour un fourrage exploité à un stade donné dépendent en effet peu du lieu (latitude et altitude), de l'année et sont très comparables à ceux obtenus dans les autres pays européens. De même les résultats du groupe de travail FAO sur la valeur nutritive de la plante de maïs montrent que la digestibilité observée dans les lieux nordiques plus froids n'est pas meilleure que celle observée dans les lieux du sud de l'Europe plus chaud (Deinum 1987). En revanche, la digestibilité des repousses, comparée à un âge donné (en jours), pourra être beaucoup plus variable d'un lieu à un autre, l'âge physiologique du fourrage étant beaucoup plus lié aux conditions climatiques (notamment aux sommes des températures) qu'au temps écoulé en jours depuis la fauche précédente.

Ce texte a été présenté lors de la 38ème réunion annuelle de la FEZ à Lisbonne 28 septembre-1er octobre 1987.

Références bibliographiques

ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., 1974. Valeur alimentaire du maïs fourrage. II - Influence du stade de végétation, de la variété, du peuplement, de l'enrichissement en épis et de l'addition d'urée sur la digestibilité et l'ingestibilité de l'ensilage de maïs. Ann. Zootech., 23, 1-25.

ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., WEGAT-LITRE Erna, 1981. Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. in "Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants", 345-580. Ed. INRA, route de Saint-Cyr, F 78000 Versailles.

ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., LE DU J., 1982. Valeur alimentaire de la plante entière de féverole, de lupin, de pois et de soja sur pied et après ensilage. Bull. Tech. CRZV, INRA Theix, 47, 19-26.

ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., 1987. Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles. in C. Demarquilly Ed., "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation", p. 103-182. INRA, Paris.

BAUMGARDT B.R., 1970. Control of feed intake in the regulation of energy balance. in "Physiology of digestion and metabolism in the ruminant", p. 235-253. Philippson A.T. ed., Oriel Press.

BEREKOUTOU M., 1986. Influence de quelques facteurs climatiques sur le développement, la composition et la valeur nutritive de deux graminées en vert. Thèse Docteur-Ingenieur, Montpellier, 30 octobre 1986.

BOUCQUE Ch. V., COTTYN B.G., BUYSSE F.X., 1976. Maize silage with or without NPN, dehydrated whole crop maize pellets or high moisture maize grain for finishing bulls. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1, 347-367.

CRAMPTON E., DONEFER E., LLOYD L.E., 1960. A nutritive value index for forages. *J. Anim. Sci.*, 19, 538-544.

DEINUM B., 1987. Genetic and environmental variation in digestibility of forage maize in Europe. 14^e congrès Eucarpia, 7-11 septembre 1987. Nitra, Tchécoslovaquie.

DEMARQUILLY C. 1969. Valeur alimentaire du maïs fourrage. I - Composition et digestibilité du maïs sur pied. *Ann. Zootech.*, 18, 17-32.

DEMARQUILLY C., 1970. Influence de la déshydratation à basse température sur la valeur alimentaire des fourrages. *Ann. Zootech.*, 19, 45-51.

DEMARQUILLY C., 1970. Evolution de la digestibilité et de la quantité ingérée des plantes entières d'avoine, de blé, d'orge entre la floraison et la maturité du grain. *Ann. Zootech.*, 19, 413-422.

DEMARQUILLY C., JARRIGE R., 1971. The digestibility and intake of forages from artificial and natural grassland. in "Comparison between natural and artificial grassland", p. 91-106. Proc. 4th Gen. Meeting of the European Grassl. Fed., Lausanne, 1971.

DEMARQUILLY C. 1973. Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et quantité ingérée des ensilages de fourrages. Modifications par rapport au fourrage vert initial. *Ann. Zootech.*, 22, 1-35.

DEMARQUILLY C., JARRIGE R., 1974. The comparative nutritive value of grasses and legumes. Proc. 5th Gen. Meeting of European Grassl. Fed., 1973. Växtodling Plant Husbandry, 28, 33-41.

DENT J.W., ALDRICH D.T.A., 1968. Systematic testing of quality in grass variety. 2 - Effect of cutting dates, season and environment. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 23, 13-19.

DULPHY J.P., MICHALET-DOREAU B., 1981. Prévision de l'ingestibilité des aliments des ruminants. in "Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants". INRA Publications, Route de Saint-Cyr, F 78000 Versailles. p. 169-187.

GALLAIS A., POLLACSEK M., HUGUET L., 1976. Possibilités de sélection du maïs en tant que plante fourragère. *Ann. Amélior. Plantes*, 26, 591-605.

GROSS F., 1971. Valuation of maize for silage. Proc. 6th Meeting of the maize and sorghum Section of Eucarpia. p. 307-321.

HARRIS C.E., RAYMOND W.F., 1963. The effect of ensilage on crop digestibility. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 18, 204-212.

HARRIS C.E., 1965. The digestibility of fodder maize and maize silage. *Expl. Agric.*, 1, 121-123.

HENK E., LAUBE W., 1968. Unterauchungen zur Heiplitgutrocknung von grunffutter. 2. Mitteilung Verluste und verdaulichen Nahrstoffen. *Archiv. für Tierernährung* 18, 437-446.

HODGSON J., 1977. Factors limiting herbage intake by grazing animal. Proc. International Meeting on Animal Production from Temperate Grassland. Dublin 1977, p. 70-75.

HOMB T., 1953. Chemical composition and digestibility of grassland crop. *Acta Agric. Scand.*, 3, 1-32.

INGALLS J.R., THOMAS J.W., BENNE E.J. TESAR M., 1965. Comparative response of wether lambs to several cuttings of alfalfa, birdsfoot trefoil, bromegrass and reed canarygrass. *J. Anim. Sci.*, 24, 1159-1164.

JARRIGE R., DEMARQUILLY C., JOURNET M., BERANGER C., 1973. The nutritive value of processed dehydrated forages with special reference to the influence of physical form and particle size. Proc. 1st Intern. Green Crop Drying Congr. Oxford, April 8-13, Ed. C.L. Skidmore, p. 99-118.

JARRIGE R., DEMARQUILLY C., DULPHY J.P., 1974. The voluntary intake of forages. in "Quality of Herbage". Proc. 5th General Meeting European Grassl. Fed., Uppsala 1974. Växtodling Plant Husbandry, 28, 98-106.

JOHNSON R.R., MC CLURE K.E., 1968. Corn plant maturity. IV - Effects on digestibility of corn silage in sheep. *J. Anim. Sci.*, 27, 535-540.

KIVIMAE A., 1959. Chemical composition and digestibility of some grassland crop. *Acta Agric. Scand.*, 9, Suppl. 5.

KIVIMAE A., 1966. Estimation of digestibility and feeding value of timothy. Proc. X International Grassl. Congr. Helsinki, Finland. 389-393.

MICHALET-DOREAU B., DEMARQUILLY C., 1981. Prévision de la valeur énergétique des ensilages d'herbe. in "Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants". Ed. INRA Publications, Route de Saint-Cyr, F 78000 Versailles, p. 105-117.

MINSON D.J., HARRIS C.E., RAYMOND W.F., MILFORD R., 1964. The digestibility and voluntary intake of S22 and H1 rye grass, S170 tall fescue and Germinal cocksfoot. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 19, 298-305.

PIATKOWSKI B., STEGER H., 1965. Der einflub verschiedener Futterzusätze auf die Verdaulichkeit des Markstammkohles und die Auswirkungen auf das rote Blutbild bei Reindern. *Arch. Tierernähr.*, 15, 447-453.

RAYMOND W.F., 1969. The nutritive value of forage crops. *Adv. Agron.*, 21, 1-108.

R.R.I., 1975. Feedingstuffs Evaluation Unit. First report, p. 28-40.

SCHUKLING S., 1981. Maize silage for dairy cattle in the Netherlands. in "Symposium on Production, Processing and Utilization of maize". E.C.E. Belgrade.

SHELDICK R.D., 1979. The quality of "brown midrib 3" mutant maize grown for forage under field conditions in southern England. *Grass and Forage Science*, 34, 383-391.

TERRY R.A., TILLEY J.M.A., 1964. The digestibility of the leaves and stems of perennial rye grass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an in vitro procedure. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 19, 363-372.

WALTERS R.J.K., GRIFFITH G. ap., ROY HUGUES, JONES D.J.H., 1967. Some factors causing differences in digestibility of grasses measured by an in vitro method. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 22, 112-116.

Summary

Chemical composition, digestibility and intake of the main european forages

This review summarizes the main results obtained, in France and Europe, on the chemical composition, digestibility and intake on sheep of the main forages species (grasses and legumes) and others forage plants (maïs, others cereals, faba bean, pea, soya, kale...) as standing plants. The width of variation is considerable for green grasses and legumes (55 to 85 % for digestibility, 40 to 120 g DM / kg W^{0.75} for intake). The digestibility and intake of a given forage species depend essentially on the stage of vegetation or the number of

day of growth. They are reduced with the age of the forage, particularly during the first vegetation cycle and the stemmy regrowth. At a given stage of vegetation, differences between species exist, but the year or the place of study have no noticeable influence especially on the digestibility.

The digestibility and intake of other forage plants are less variable with the stage of vegetation or maturity.

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., 1992. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. INRA Prod. Anim., 5 (3), 213 - 221.