

Estimation de la digestibilité de paroi chez des tiges de lignées de maïs

V. Méchin, O. Argillier, C. Melin Decamp, S. Allerit, Y. Barrière

La digestibilité de paroi joue un rôle essentiel dans la détermination de la valeur alimentaire des géotypes de maïs ensilage. Les meilleures façons d'apprécier cette digestibilité de paroi sont détaillées dans ce travail, ainsi que les relations entre ces méthodes d'estimation et la teneur en paroi.

RESUME

Quatre méthodes d'estimation de la digestibilité de paroi ont été comparées en analysant pendant deux années les tiges de 22 lignées de maïs (18 lignées normales et 4 lignées brown-midrib3). Deux de ces méthodes sont "directes" (dP.NDF et dP.NS : incubation de résidu NDF ou de la fraction non soluble avec des enzymes digestives) et deux sont "indirectes" (dP.mes et dP.calc : calculs faisant intervenir la teneur en NDF ou la teneur en paroi...). Ces 4 méthodes se sont avérées précises, discriminantes et très corrélées entre elles. La méthode dP.calc offre le meilleur compromis entre facilité de réalisation et discrimination des géotypes. Enfin, toutes ces approches sont négativement reliées à la teneur en paroi, ce qui pourrait en partie être attribué à des différences de maturité de paroi.

MOTS CLES

Digestibilité, ensilage, maïs, méthode d'estimation, valeur alimentaire.

KEY-WORDS

Digestibility, estimation method, feeding value, forage maize, silage.

AUTEURS

I.N.R.A. - U.G.A.P.F., F-86600 Lusignan ; fax : 05 49 55 60 44, E-mail : barriere@lusignan.inra.fr

Le maïs est une plante fourragère essentielle, très largement utilisée pour l'alimentation des troupeaux bovins en raison de sa richesse énergétique. Depuis peu, outre les critères agronomiques classiques (rendement, résistance à la verse, précocité...) utilisés pour la sélection du maïs ensilage, la digestibilité est aussi prise en compte dans les programmes de sélection. En effet, des différences importantes de digestibilité (estimée en laboratoire) entre génotypes de maïs ont été mises en évidence. De plus, différentes études ont montré que ces estimations étaient assez bien représentatives des valeurs de digestibilité *in vivo* et des performances animales permises (Andrieu *et al.*, 1993 ; Dardenne *et al.*, 1993, Barrière *et al.*, 1995 ; Brunshwig *et al.*, 1995 ; Haurez *et al.*, 1995 ; Argillier *et al.*, 1998).

Au sein d'une plante de maïs, on peut schématiquement distinguer deux grands compartiments : le contenu cellulaire, dont la digestibilité est quasiment complète, et la paroi cellulaire, dont la digestibilité est partielle et variable (Deinum et Struik, 1986). Dans un programme de sélection, l'amélioration de la digestibilité du maïs ensilage peut provenir d'une augmentation des contenus cellulaires, mais aussi et principalement d'une augmentation de la digestibilité des parois, source importante de variation et de progrès génétique potentiel. Estimer le mieux possible la digestibilité de paroi est donc une priorité, avec en plus, dans le cadre d'un programme de sélection, la prise en compte du caractère de faisabilité de la mesure en routine.

En laboratoire, la mesure de digestibilité de paroi peut être abordée par des méthodes directes (paroi soumise aux attaques enzymatiques) ou indirectes (échantillon de matière sèche soumis aux attaques enzymatiques et estimation des teneurs en paroi). Dans ce travail, deux méthodes directes et deux méthodes indirectes sont comparées et une étude de leur relation avec la teneur en paroi est réalisée.

1. Matériel et méthodes

*** Matériel végétal**

Le matériel végétal de cette étude consistait en 22 lignées de maïs, d'origines génétiques diverses, et comprenant 4 couples de lignées constitués, chacun, du mutant brown-midrib3 (bm3) et de son isogénique normal. Les lignées bm3 sont des témoins de bonne digestibilité (revue de Barrière et Argillier, 1993) ; les lignées normales ont été choisies suite à des expérimentations préliminaires, dans le but de couvrir une gamme de variation la plus large possible pour la digestibilité (Méchin *et al.*, 1998).

*** Expérimentations au champ**

Les plantes ont été cultivées à Lusignan (INRA, Unité de Génétique et d'Amélioration des Plantes Fourragères, département de la Vienne) en 1996 et 1997. Les essais ont été réalisés dans un dispositif en blocs randomisés de trois répétitions de deux lignes de 4 m de long chacune. L'espacement entre les lignes était de 0,75 m et la densité de semis était de 95 000 plantes par hectare. Les essais ont été irrigués à 90-120 mm par an afin de limiter le stress hydrique.

Pour chacune des lignées, et dans chacune des répétitions de terrain, 10 fractions de tige (du sol jusqu'à l'entre-nœud de mise en place de l'épi) ont été récoltées sur chaque ligne au stade récolte ensilage. Afin de respecter au mieux la précocité de chaque génotype, trois dates de prélèvement ont été prévues pour récolter, autant que possible, tout le matériel au même stade de teneur en matière sèche. Les prélèvements ont ensuite été séchés (étuve à 70°C) puis broyés à la grille de 5 mm puis de 1 mm. Le choix de travailler sur des portions de tiges et non pas sur l'ensemble de la plante a été fait pour se placer dans des conditions de lignification importante afin d'obtenir la possibilité de détecter le maximum de différences entre les génotypes étudiés.

*** Analyses biochimiques**

Ces analyses ont été réalisées pour chaque génotype sur chacune des trois répétitions de terrain, et ceci pour les deux années de culture.

La teneur en paroi (NDF) a été mesurée sur les échantillons de tiges selon la méthode de Goering et Van Soest (1970) et correspond au résidu après solubilisation de l'échantillon de matière sèche (MS) dans une solution de détergent neutre.

La digestibilité de la matière sèche des échantillons (dMS) a été estimée par la méthode de solubilité enzymatique (protocole adapté de la méthode Libramont-Limagrain (Ronsin, 1990), qui fait appel à une succession de digestions par des enzymes, réalisées sur les échantillons de matière sèche de tiges. La première attaque enzymatique est assurée par des pepsines en milieu acide. Une seconde attaque est ensuite réalisée par un mélange de cellulases et d'hémicellulases. La différence entre la quantité de matière sèche de l'échantillon de départ et le résidu obtenu après ces deux attaques constitue la quantité de matière sèche digérée.

Quatre méthodes d'estimation de la digestibilité de paroi ont été envisagées (figure 1) :

– Deux méthodes indirectes :

- La digestibilité de paroi "calculée" (dP.calc) des tiges a été estimée, en s'inspirant de Struik (1983), en posant comme hypothèse que la partie non-NDF était complètement digestible. Ce calcul prend en compte la teneur en NDF de l'échantillon de matière sèche ainsi que sa digestibilité (dMS) (Argillier *et al.*, 1998) :

$$dP.calc = 100 \times [dMS - (100 - NDF)]/NDF$$

- La digestibilité de paroi "mesurée" (dP.mes) des tiges a été obtenue après détermination, en plus de la teneur en NDF et la dMS des échantillons, par la teneur en paroi dans les résidus de digestibilités enzymatiques (NDFres) (Méchin *et al.*, 1998) :

$$dP.mes = 100 - [NDFres \times (100 - dMS)]/NDF$$

– Deux méthodes directes :

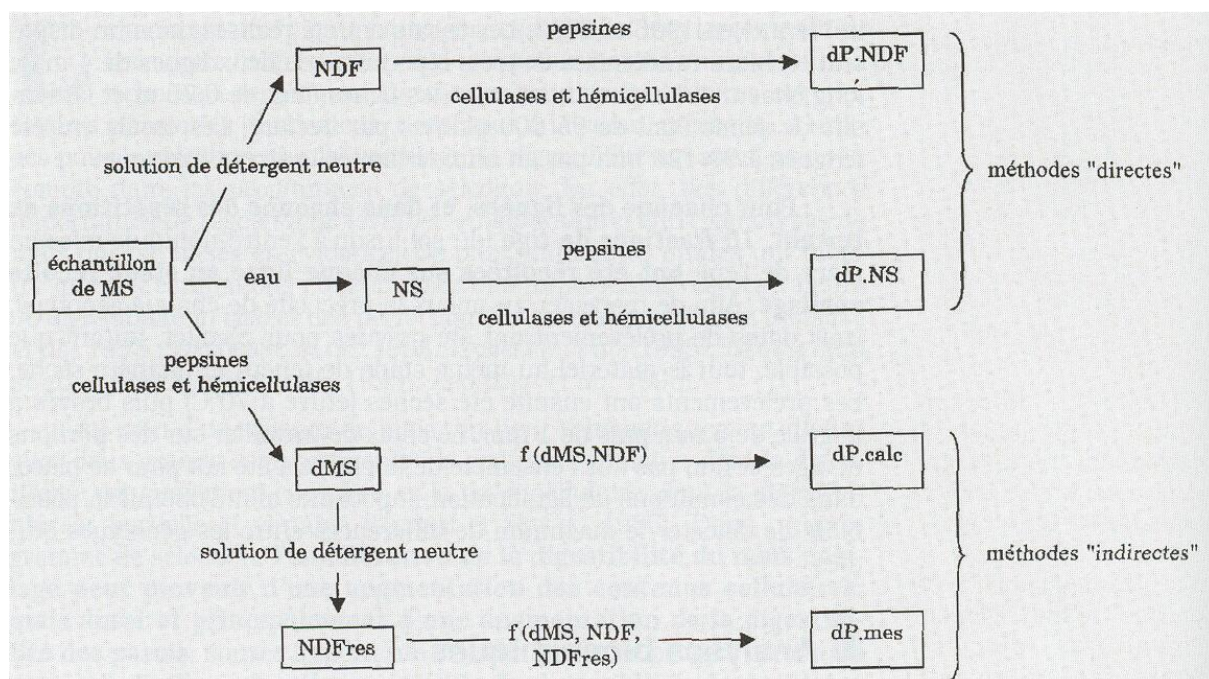
- La digestibilité "sur NDF" (dP.NDF) des tiges a été obtenue en procédant à une digestion enzymatique directement réalisée sur le résidu NDF homogénéisé. Ainsi, la différence entre la quantité de l'échantillon de NDF de départ et la quantité du résidu après digestion enzymatique constitue la quantité de NDF digérée.

- La digestibilité de paroi "sur non soluble" (dP.NS) des tiges a consisté à procéder à une digestion enzymatique directement sur la fraction non soluble de l'échantillon (résidu récupéré après solubilisation dans une solution aqueuse des éléments du contenu cellulaire).

Trois répétitions analytiques ont été réalisées pour chacune de ces mesures.

Figure 1 : Description des 4 méthodes d'estimation de la digestibilité de paroi.

Figure 1 : Description of the 4 estimation methods of cell-wall digestibility.



* Analyses statistiques

Des analyses de variance ont été réalisées en suivant les procédures classiques d'analyse dans le cadre d'un modèle à effets fixes :

$$Y_{ijkl} = \mu + A_j + B_k/A_j + G_i + G_i \times A_j + R_{ijkl}$$

où Y_{ijkl} est la valeur du génotype i dans l'année j , le bloc k et pour la répétition analytique l ; μ la moyenne générale; A_j l'effet principal de l'année j , B_k/A_j l'effet principal du bloc k hiérarchisé à l'année j ; G_i l'effet du génotype i ; $G_i \times A_j$ l'effet d'interaction entre le génotype i et l'année j ; R_{ijkl} la résiduelle.

Les coefficients de corrélation génotypique entre les différents paramètres ont également été déterminés à partir des moyennes des lignées sur les différentes années et répétitions. Toutes ces analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Splus.

2. Résultats et discussion

On peut tout d'abord remarquer que les effets année, génotype, et interactions entre le génotype et l'année sont significatifs pour tous les caractères, et ceci aussi bien au sein de la population des 22 lignées qu'au sein de celle constituée uniquement des 18 lignées normales (tableau 1). Les interactions sont toujours largement inférieures à l'effet génotype. Ainsi, dans tous les cas, on peut estimer de façon tout à fait satisfaisante la moyenne des lignées sur les différentes années et répétitions.

Tableau 1 : Résultats d'analyse de variance : carrés moyens (CM) des différents effets, pour la digestibilité de la matière sèche (dMS), la teneur en NDF, les digestibilités de paroi respectivement "mesurée" (dP.mes), "calculée" (dP.calc), obtenue sur résidu NDF (dP.NDF) et après solubilisation (dP.NS) pour les 18 lignées normales et pour les 22 lignées normales et bm3.

Table 1 : Variance analysis results : mean sums of squares (CM) of the various effects : DM digestibility (dMS), NDF content, cell-wall digestibilities, 'measured' (dP.mes) and 'calculated' (dP.calc), obtained on NDF residues (dP.NDF) and after solubilization (dP.NS), for the 18 normal lines and the 22 normal and bm3 lines.

Paramètres de l'analyse statistique	ddl	dMS	NDF	dP.mes	dP.calc	dP.NDF	dP.NS
Pour les 18 lignées normales :							
CM année	1	495,23 **	158,9**	1 518,51 **	610,16 **	84,91 **	423,83 **
CM génotype	17	376,42 **	238,4**	290,40 **	281,92 **	322,32 **	231,20 **
CM génotype x année	17	200,14 **	151,5**	147,93 **	151,25 **	161,47 **	99,61 **
CM résiduel		0,84	0,34	3,22	3,26	1,52	1,33
Pour les 22 lignées (normales + bm3) :							
CM année	1	1 241,07 **	715,6**	2 096,52 **	912,36 **	177,80 **	807,56 **
CM génotype	21	473,69 **	265,5**	575,11 **	562,52 **	914,32 **	395,14 **
CM génotype x année	21	208,86 **	178,0**	139,41 **	140,55 **	152,94 **	103,10 **
CM résiduel		0,84	0,32	3,16	3,35	1,75	1,40

CM : carré moyen ; ddl : degré de liberté des différents effets ; ** : $p \leq 0,05$

* Des différences importantes de digestibilité de paroi entre les lignées

Quelle que soit la méthode d'estimation de la digestibilité de paroi utilisée, il existe toujours des différences importantes entre les lignées étudiées (tableau 2). Ainsi, avec n'importe laquelle des quatre méthodes d'estimation de la digestibilité de paroi, on trouve un écart de l'ordre de 13-14 points entre la lignée normale présentant la plus faible valeur de digestibilité de paroi et la lignée normale présentant la plus forte digestibilité de paroi. Pour chacune des trois méthodes dP.mes, dP.calc et dP.NS, les lignées bm3 présentent une digestibilité de paroi d'environ 3 points de plus, alors que la méthode dP.NDF peut estimer des lignées bm3 9 points au-dessus de la meilleure lignée normale.

Ainsi, comme attendu, les digestibilités de paroi des lignées bm3 sont toujours largement supérieures à celles de leurs isogéniques normaux (tableau 2). Ces mutants, particulièrement intéressants du point de vue de la digestibilité de paroi, sont cependant largement reconnus comme étant de faible valeur agronomique (revue Barrière et Argillier, 1993). Une amélioration suffisante de ce matériel au niveau agronomique apparaissant peu possible (Barrière *et al.*, 1998), il est légitime de rechercher du matériel normal présentant une valeur alimentaire aussi bonne que celle de ces mutants bm3. Nous avons ainsi pu montrer que, quelle que soit la méthode d'estimation de la digestibilité de paroi utilisée, trois lignées normales (F4, CM484 et F251) présentaient une digestibilité de paroi de l'ordre ou seulement légèrement inférieure à celle des mutants bm3. Ces résultats montrent très clairement qu'il est donc possible de trouver des génotypes normaux présentant une bonne digestibilité de paroi.

Tableau 2 : Valeurs moyennes et intervalles de confiance à 5% (IC) des différents paramètres des 22 lignées : digestibilité de la MS (dMS), teneur en NDF, digestibilités de paroi respectivement "mesurée" (dP.mes), "calculée" (dP.calc), obtenue sur résidu NDF (dP.NDF) et après solubilisation (dP.NS).

Table 2 : Mean values and confidence intervals (5%, IC) of the different parameters of the 22 lines : DM digestibility (dMS), NDF content, cell-wall digestibilities, 'measured' (dP.mes) and 'calculated' (dP.calc), obtained on NDF residues (dP.NDF) and after solubilization (dP.NS).

Lignée	dMS	NDF	dP.mes	dP.calc	dP.NDF	dP.NS
F2	58,51	51,81	29,38	19,03	32,32	25,97
F4	62,74	51,49	35,91	27,76	38,54	33,30
F251	60,20	53,23	38,46	25,52	35,79	31,48
F271	55,59	55,34	27,63	18,43	26,06	25,93
F283	53,09	56,04	26,29	16,45	25,51	21,87
F288	59,85	49,12	28,78	18,27	33,57	26,19
F292	54,66	53,69	25,07	15,69	25,47	25,45
F311	55,39	53,87	28,15	17,47	29,47	25,86
F7012	59,44	50,09	29,82	19,50	29,26	27,86
F7019	55,63	54,55	28,09	18,68	29,21	23,95
F7025	58,58	51,61	30,67	19,54	30,28	28,02
F7027	49,74	59,71	25,36	15,86	25,39	22,26
W117	50,56	58,00	26,19	15,09	27,35	24,19
LAN496	56,82	52,87	27,71	17,29	29,09	27,63
LH145	59,20	52,00	32,28	21,92	31,44	27,48
LH224	49,48	58,53	23,95	13,58	24,10	22,51
CM484	65,24	47,67	36,52	27,16	37,60	34,57
CO316	63,84	45,76	31,23	21,11	30,74	28,87
F2bm3	64,30	50,07	39,53	29,14	42,39	32,39
F271bm3	68,91	45,23	41,49	31,70	45,85	38,00
F7026bm3	63,09	54,32	41,74	31,97	46,20	35,62
W117bm3	59,20	56,89	40,48	28,86	47,59	35,58
IC	± 0,43	± 0,26	± 0,83	± 0,85	± 0,61	± 0,55
Moyenne générale	58,37	52,81	31,58	21,36	32,87	28,41

* Comparaison des méthodes d'estimation de la digestibilité de paroi en termes de précision et de discrimination génotypique

Si l'on compare les quatre méthodes en terme de précision et de puissance de discrimination, il apparaît que dP.NDF présente le carré moyen (CM) génotype et surtout le rapport CM génotype sur CM résiduel (tableau 1) les plus forts. Cette méthode (dP.NDF) semble donc être à la fois la plus précise et la plus discriminante. Cette meilleure précision quand la digestibilité est effectuée directement sur des résidus NDF avait également été mise en évidence sur luzerne dans une étude méthodologique du même type (Julier *et al.*, 1999). Il faut tout de même noter que les trois autres méthodes permettent aussi une bonne discrimination des lignées et sont assez précises. Au vu de ces résultats, il pourrait être préférable d'opter pour l'utilisation de la méthode dP.NDF pour estimer la digestibilité de paroi mais ce n'est ni la plus simple ni la plus rapide à mettre en œuvre au laboratoire. De plus, il n'existe pas encore d'équation utilisant la spectroscopie de réflectance dans le proche infra rouge (NIRS) permettant de prédire dP.NDF alors qu'en routine, on peut calculer dP.calc à partir de valeurs de dMS et NDF prédites par NIRS.

* Relations entre les différentes méthodes d'estimation de la digestibilité de paroi

Les différences observées entre les différentes méthodes en terme de valeur absolue sont surtout nettes si l'on compare dP.calc avec les trois autres méthodes. En effet, dP.calc présente une valeur moyenne de 7 à 10 points inférieure aux valeurs obtenues avec les autres méthodes (tableau 2). Ceci vient du fait que dP.calc est obtenue en posant comme hypothèse que tout le non-NDF est totalement digestible et donc en estimant que le résidu de solubilité enzymatique est constitué à 100% de NDF. Or, en mesurant les teneurs en NDF dans les résidus de solubilité enzymatique, nous avons trouvé que les valeurs réelles obtenues sont en fait proches de 80%. La valeur absolue de dP.calc sous-estime donc probablement la valeur de digestibilité de paroi.

Les quatre méthodes d'estimation de la digestibilité de paroi sont toutes hautement significativement et positivement corrélées entre elles (tableau 3). Au sein de la population constituée par les 22 lignées, ces corrélations sont comprises entre 0,93 et 0,99 et entre 0,89 et 0,97 au sein de la population de lignées normales seules. De plus, les classements des différentes lignées sont globalement conservés d'une méthode à l'autre (tableau 2).

Tableau 3 : Coefficients de corrélation génotypique entre les différents paramètres : la digestibilité de la MS (dMS), les digestibilités de paroi respectivement "mesurée" (dP.mes), "calculée" (dP.calc), obtenue sur résidu NDF (dP.NDF) et après solubilisation (dP.NS), et la teneur en NDF, pour les 22 lignées (N + bm3 : sous la diagonale) et pour les 18 lignées normales (au dessus de la diagonale).

Table 3 : Genotypic correlation coefficients between the various parameters : DM digestibility (dMS), cell-wall digestibilities, 'measured' (dP.mes) and 'calculated' (dP.calc), obtained on NDF residues (dP.NDF) and after solubilization (dP.NS), and NDF content, for the 22 lines (N+bm3 : below the diagonal) and the 18 normal lines (above the diagonal).

	dMS	dP.mes	dP.calc	dP.NDF	dP.NS	NDF
dMS		0,83**	0,86**	0,85**	0,88**	-0,94**
dP.mes	0,83**		0,97**	0,91**	0,91**	-0,61**
dP.calc	0,85**	0,99**		0,91**	0,93**	-0,62**
dP.NDF	0,78**	0,96**	0,95**		0,89**	-0,67**
dP.NS	0,87**	0,95**	0,95**	0,93**		-0,71**
NDF	-0,96**	-0,45*	-0,47*	-0,40	-0,54**	

*, **: p ≤ 0,05 et p ≤ 0,01 respectivement

* Relation entre digestibilité de paroi et teneur en paroi

Au sein du matériel normal, toutes les méthodes d'estimation de la digestibilité des parois sont hautement significativement et négativement corrélées à la teneur en NDF (tableau 3). Ces corrélations varient, selon la méthode, de - 0,61 à - 0,71.

Les quantités de paroi et la digestibilité de ces parois sont pourtant *a priori* potentiellement indépendantes. Cependant, dans notre étude, en utilisant différentes méthodes d'approche de la digestibilité de paroi, digestibilité et teneur en paroi sont indubitablement liées. dP.NDF et dP.NS avaient pour objectif de s'affranchir d'un éventuel effet des teneurs en NDF de l'échantillon, en réalisant la digestibilité directement sur des quantités égales de paroi. Or, les corrélations entre dP.NDF ou dP.NS et la teneur en NDF sont toujours du même ordre que celles observées entre méthodes indirectes d'estimation de la digestibilité de paroi et teneur en paroi. Ces corrélations ne proviennent donc pas *a priori* d'un biais d'estimation. Différentes hypothèses d'explication de cette relation négative peuvent être avancées. La structure de ces parois pourrait interférer dans la relation entre digestibilité de paroi et teneur en paroi. Une différence "d'âge de paroi" entre les lignées pourrait également intervenir. En effet, nous avons prélevé les différentes lignées de façon à nous placer à des teneurs en matière sèche comparables. Si la teneur en matière sèche de la plante peut être considérée comme un bon indicateur de la maturité de la plante, il serait possible, en revanche, qu'elle ne soit pas un bon indicateur de la maturité des parois. L'effet du fond génétique des lignées utilisées n'est pas non plus à négliger dans la recherche d'explications de cette relation négative entre digestibilité de paroi et teneur en paroi.

Conclusion

Cette étude nous a montré que les quatre approches utilisées ici pour l'estimation de la digestibilité de paroi, différentes au niveau de la mise en œuvre des techniques (méthodes indirectes et directes) et de la complexité et du temps de l'analyse, étaient très corrélées entre elles et classaient les lignées d'une façon quasiment identique. Elles sont toutes les quatre assez fortement négativement reliées à la teneur en paroi, et nous avons donc montré que cela ne provenait pas d'un biais d'estimation. En effet, quelle que soit la méthode d'estimation utilisée la corrélation avec la teneur en NDF est toujours du même ordre. Il est possible que la relation entre digestibilité et quantité de paroi provienne, au moins en partie, de différences de structure et de maturité de paroi entre lignées.

Les quatre méthodes sont précises et permettent de bien discriminer les lignées ; la méthode dP.NDF semblant encore un peu plus précise et discriminante que les trois autres. Cependant, cette méthode est la plus lourde à mettre en œuvre au laboratoire. La méthode dP.NS est également plus longue à mettre en œuvre que les deux autres, et c'est la méthode dP.calc, qui est la plus rapide, la plus facile à réaliser en laboratoire ou à calculer à partir de valeurs prédites par NIRS. Cette dernière semble cependant sous-estimer les valeurs des digestibilités de paroi. Au vu de tous ces résultats, pour des études de routine dans le cadre de programmes d'évaluation ou de sélection, l'utilisation de dP.calc serait certainement un bon compromis entre facilité de réalisation, et discrimination. Pour se rapprocher des valeurs de digestibilité de paroi affichées par les trois autres méthodes, il pourrait être envisagé d'intégrer dans notre formule de calcul de dP.calc un facteur 80% (valeur moyenne de NDF réellement mesurée dans les résidus de solubilité enzymatique) à la place du facteur 100% jusque là employé pour estimer la digestibilité de la partie non-NDF.

Accepté pour publication, le 21 février 2000.

Remerciements : Les auteurs remercient toutes les personnes qui ont participé aux expérimentations, en particulier G. Allard, H. Berthet, D. Denoue et P. Vernoux. Nous tenons aussi à remercier messieurs J.P. Lundvall et A.R. Hallauer pour avoir mis à notre disposition la lignée LAN496.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andrieu J., Demarquilly C., Dardenne P., Barriere Y., Lila M., Maupetit P., Riviere F., Femenias N. (1993) : "Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. I. Factors of variation", *Ann. Zootech.*, 42, 221-249.
- Argillier O., Barriere Y., Dardenne P., Emile J.C., Hebert Y. (1998) : "Genotypic variation for in vitro criteria and relationships with in vivo digestibility in forage maize hybrids", *Plant Breeding*, 117, 437-441.
- Barriere Y., Argillier O. (1993) : "Brown-midrib genes of maize, a review", *Agronomie*, 13, 865-876.
- Barriere Y., Emile J.C., Argillier O., Hebert Y. (1995) : "Effets du génotype de maïs ensilage sur les performances zootechniques de vaches laitières", *Prod. An.*, 8(5), 315-320.
- Barriere Y., Argillier O., Mechin V. (1998) : "In vivo digestibility and biomass yield in normal and bm3 hybrids, made from crossing between early and medium late lines of maize", *Maydica*, 43, 131-136.
- Brunschwig P., Augeard P., Carpentier B. (1995) : "Valorisation par des vaches laitières de deux variétés de maïs de digestibilité différente", *Ann. Zootech.*, 44 (Suppl), 372.
- Dardenne P., Andrieu J., Barriere Y., Biston R., Demarquilly C., Femenias N., Lila M., Maupetit P., Riviere F., Ronsin T. (1993) : "Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. 2. Prediction of the in vivo organic matter digestibility", *Ann. Zootech.*, 42, 251-270.
- Deinum B., Struik P.C. (1986) : "Improving the nutritive value of forage maize", *13th Congr. of the Maize and Sorghum Section of Eucarpia*, Wageningen, 77-90.
- Goering H.K., Van Soest P.J. (1970) : *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications)*, USDA ARS Agric. Handbook. 379, U.S. Gov. Print Office, Washington DC.
- Haurez P., Joulie A., Carpentier B. (1995) : "Valorisation par des jeunes bovins de deux variétés de maïs de digestibilité différente", *Ann. Zootech.*, 44 (Suppl), 56.
- Julier B., Lila M., Furstoss V., Travers V., Huyghe C. (1999) : "Measurement of cell-wall digestibility in lucerne using filter bag technique", *Anim. Feed Sci. Technol.*, 79, 239-245.
- Mechin V., Argillier O., Barriere Y., Menanteau V. (1998) : "Genetic variation in stems of normal and brown-midrib3 maize inbred lines. Towards similarity for in vitro digestibility and cell wall composition", *Maydica*, 43, 205-210.
- Ronsin T. (1990) : "Use of NIR prediction of digestibility in a breeding program for silage maize", *15th Congr. of the Maize and Sorghum Section of Eucarpia*, Baden, 277-288.
- Struik P.C. (1983) : *Physiology of forage maize (Zea mays L.) in relation to its production and quality*, thèse de doctorat, Université d'Agriculture de Wageningen, 252 p.

SUMMARY

Assessment of cell-wall digestibility in the stalks of inbred lines of maize

Twenty-two inbred lines of maize, including 18 normal lines and 4 brown-midrib3 lines, were studied in Lusignan (France) during two years. The stalks were harvested at the silage stage, and 4 methods of cell-wall digestibility assessment in the laboratory, were compared. These included both direct methods (dP.NDF : incubation of the cell-wall residue with digestion enzymes ; dP.NS : incubation of the non-soluble fraction with digestion enzymes) and indirect methods (dP.mes : calculation of the ratio between cell-wall content of the sample and cell-wall content of the enzymatic digestion residue of the stalk sample ; dP.calc : calculation using sample cell-wall content and sample digestibility, assuming a non cell-wall digestibility of 100%). All four were highly correlated and had similar ranges of variation. The methods of cell-wall digestibility assessment were all also significantly negatively correlated to the cell-wall content, which was therefore not biased by the particular method chosen. The fact that NDF content affected NDF digestibility may reflect the influence of wall ageing on fibre degradability. Although the samples of the different genotypes were harvested at the same stage of dry matter content, the maturation stage of the walls was nevertheless not necessarily the same. The dP.NDF method was found to be the most accurate and discriminating, but not the most rapid or simplest. A good compromise between accuracy and rapidity, for routine evaluation, could be the dP.calc method.