

Facteurs de variation de la teneur en MAT du maïs fourrage à la récolte

F. CORNELOUP (1), B. AIZAC (2), J. ANDRIEU (1), B. MICHALET-DOREAU (1)

(1) INRA, URH-DIM, 63122 St Genès Champanelle, France

(2) GEVES, Domaine du Magneraud, 17 700 - St Pierre d'Amily, France

RESUME – La base de données du GEVES qui recensait 16 368 résultats obtenus sur des plantes de maïs a été utilisée pour déterminer l'importance des variations des teneurs en MAT de ce fourrage et les principaux facteurs de variation de ce critère. Pour séparer les effets phénotypiques des effets génotypiques, nous avons regroupé les données par variété, soit 23 matrices, et par milieu, soit 203 matrices. La teneur en MAT est en moyenne de $7,7 \pm 0,7$ % MS, et varie entre 4,7 et 10,5 % MS. Elle est liée à la teneur en matières minérales, ce qui traduit le fait que l'absorption d'N et d'éléments minéraux sont étroitement liés. La variabilité liée aux conditions de milieu est supérieure à la variabilité liée à la sélection. La relation négative observée dans un certain nombre d'analyses entre teneur en MAT et rendement pourrait traduire un effet négatif de la sélection sur la teneur en MAT des maïs, mais cette relation n'est pas systématique.

Factors of variation of crude protein content in whole maize plant

F. CORNELOUP (1), B. AIZAC, J. ANDRIEU, B. MICHALET-DOREAU

(1) INRA, URH-DIM, 63122 St Genès Champanelle, France

SUMMARY – We used the GEVES database containing 16 368 data obtained on whole plant maize and we determined extent and factors of variation in CP content. To separate phenotypical and genotypical effects on this criteria, we pooled data by variety (23 files) and by milieu (203 files). CP content was 7.7 ± 0.7 % DM on average, and varied between 4.7 and 10.5 % DM. CP and ashes contents were significantly related, involving a relationship between N and minerals absorption by plant. Variability due to milieu was higher than variability due to variety. Negative relationship between CP content and yield observed in some files where data were pooled by milieu, might express a negative effect of selection on maize CP content.

INTRODUCTION

L'utilisation de maïs ensilage est largement développée en France, avec près de 1,4 millions d'hectares cultivés en 1999. Dans les régions où sa culture est possible, l'ensilage de maïs, riche en énergie, constitue la base de l'alimentation hivernale des bovins ayant des besoins de production élevés (vaches laitières à haut niveau de production ou taurillons à l'engrais). Mais il nécessite une complémentation azotée adaptée, car la plante entière de céréale est pauvre en MAT. Pour optimiser la complémentation, il convient avant tout de faire le point sur les apports azotés de la ration d'ensilage de maïs.

Le maïs plante entière se caractérise par une faible teneur en MAT, 7,4 % MS en moyenne, mais avec des écarts importants, de 5,0 à 9,9 % MS (Andrieu et al., 1993). Cette teneur est en moyenne un peu plus faible que celle rapportée dans les tables des aliments (INRA, 1988), à savoir 8,4 % MS, soit une tendance à une diminution de la teneur en MAT des maïs. Cette diminution pourrait être la résultante d'un effet de dilution des matières azotées en relation avec une augmentation des rendements, d'un effet de la sélection qui aurait favorisé indirectement des hybrides à faible teneur en MAT, mais ayant un rendement et une digestibilité élevés, ou encore une conséquence des modifications des conditions de culture (travail du sol, fertilisation,...).

Pour tenter de répondre à ces questions, nous avons utilisé la base de données du GEVES (Groupement d'Etude et de contrôle des Variétés et des Semences), constituée des résultats d'essais conduits pour le compte du CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection) en vue de l'inscription de nouvelles variétés de maïs au catalogue officiel.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DESCRIPTION DE LA BASE DE DONNÉES

La banque de données dont nous disposons comptait 16 368 données obtenues à la récolte sur des micro-parcelles de maïs et correspondant à plus de 500 hybrides différents cultivés sur 42 communes avec, dans certains cas, plusieurs sites d'expérimentation par commune. La base regroupait les résultats de 5 années d'expérimentation, ces résultats étaient obtenus avec le même dispositif, en bloc avec 3 répétitions. Les parcelles élémentaires, d'une surface minimale de 8 m², étaient composées de 4 rangs de 5 mètres ou étaient récoltées les 2 rangs centraux, ou de 3 rangs de 10 mètres avec récolte du rang central. Au sein de chaque essai était testée une trentaine de variétés. Parmi les critères enregistrés, nous avons retenu la teneur en MS (en %) et le rendement en MS (en t / ha), mesurés à la récolte, la composition chimique (en % MS) et la digestibilité enzymatique (AUFRE) (en %), prédites par calibration dans le proche infra-rouge. Sur l'ensemble des données, nous n'avons conservé que celles dont la teneur en MS était comprise entre 28,5 et 40 %, soit un stade de maturité du maïs allant du stade pâteux-vitreux à vitreux dur.

1.2. TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES

Pour évaluer l'effet du milieu, nous avons regroupé les données par variété, obtenant ainsi 23 matrices, regroupant au moins 20 milieux différents par variété. Ces matrices étaient définies sous le terme de matrices « milieu ».

Pour évaluer l'effet de la variété, nous avons regroupé les données correspondant à un même milieu, celui-ci étant défini comme une même parcelle récoltée une année donnée et conduite de la même manière sur toute sa surface. Nous avons sélectionné ainsi 203 matrices correspondant pour chacune à un milieu donné et au sein desquelles au moins 10 variétés de maïs étaient testées. Ces matrices étaient désignées sous le terme de matrices « variété ».

Les analyses statistiques testant les effets de la variété et du milieu sur la teneur en MAT ont été réalisées au moyen d'analyses de variance avec le facteur de variation concerné dans les matrices correspondantes (SAS Institute, 1988). Les corrélations entre critères ont été calculées sur l'ensemble des données et sur les moyennes des répétitions des matrices « variété » et « milieu ».

2. RESULTATS - CONCLUSION

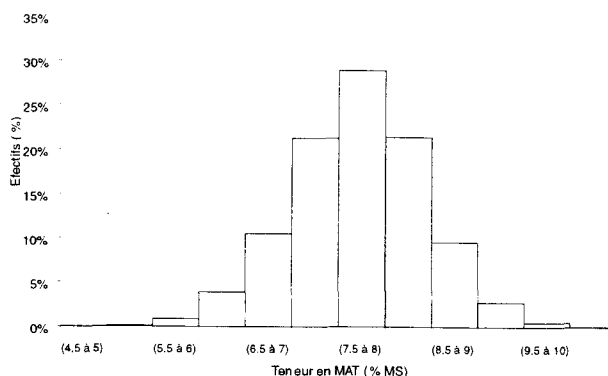
2.1. PRÉSENTATION GLOBALE

Sur les 13 310 données retenues dans cette étude, la teneur en MAT a été en moyenne de 7,7 ± 0,7 % MS. Cette teneur a varié entre 4,7 à 10,5 % de la MS, soit une plage de variation importante, mais la moitié des données a eu une teneur en MAT comprise entre 7,2 et 8,2 % MS (Figure 1). Parallèlement la teneur en MS de ces maïs au moment de la récolte a été en moyenne de 33,2 % et chacun des 3 stades, pâteux-vitreux, vitreux et vitreux dur, était également représenté.

Sur l'ensemble des données, les teneurs en MAT et en amidon sont significativement et positivement liées. Or au stade de récolte de l'ensilage, la teneur en MAT du grain est supérieure à celle de la fraction canne (Aerts et al., 1976). Parallèlement, avec les mêmes données, les teneurs en MAT et en NDF sont significativement et négativement corrélées. Les variations de teneur en MAT de la plante reflètent donc les modifications de sa composition morphologique, à savoir une augmentation de la part du grain. La teneur en MAT des maïs est également liée à la teneur en matières minérales (MM). Ceci traduit le fait que l'absorption d'azote et d'éléments minéraux par la plante sont deux mécanismes étroitement liés.

Sur l'ensemble des données, il n'y a aucune relation significative entre teneur en MAT et rendement d'une part, et teneur en MAT et digestibilité d'autre part. Les progrès liés à une meilleure conduite de la culture de maïs et à la sélection qui conduisent à une augmentation de la productivité du maïs ne sembleraient donc pas avoir d'effet sur sa teneur en MAT. Mais cet ensemble de données ne constitue pas une matrice statistiquement complète et peut masquer des relations intra-variété ou intra-milieu entre ces paramètres. Aussi pour étudier les effets respectifs du milieu et de la variété sur la teneur en MAT des maïs, nous avons isolé chacun de ces deux facteurs au sein de matrices homogènes.

Figure 1
Distribution des teneurs en MAT du maïs fourrage
au moment de la récolte



2.2. EFFET DU MILIEU

Sur 23 matrices « milieu » (variétés cultivées dans plus de 20 milieux différents), nous avons étudié l'effet du milieu sur la teneur en MAT des maïs. Cet effet est significatif et explique en moyenne 79 % des variations observées. Pour une même variété, l'étendue de la variation de la teneur en MAT est élevée, de l'ordre de 3,4 points, et l'écart type de 0,65 point (Tableau 1). La teneur en MAT est indépendante de la composition chimique (amidon et NDF), et donc de la composition morphologique. Toutefois la relation positive entre les teneurs en MAT et en matières minérales observée précédemment sur l'ensemble des données, est confirmée intra-variété. Une modification des conditions de culture par la nature du sol, le niveau de fertilisation, ou l'irrigation, ... induit une évolution parallèle des prélèvements en MM et en MAT, ce qui se traduit par une modification de la teneur en MAT.

La teneur en MAT est indépendante du rendement, ce qui signifie qu'une augmentation de rendement liée à une amélioration

Tableau 1
Variabilité liée aux conditions de milieu – exemple sur trois variétés

Variété	Date de dépôt (Zone de précocité)	MAT (% MS)		amidon (% MS)		NDF (% MS)		Rdt (t MS/ha)		Digestibilité cellulase (%)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A (N=25)*	1997 (S0)	8,0 ± 0,7 (6,2 - 9,3)	34,9 ± 3,7 (18,8 - 41,7)	38,4 ± 3,2 (32,3 - 53,0)	18,3 ± 2,2 (14,4 - 24,9)	69,1 ± 3,5 (51,8 - 73,9)					
B (N=23)	1991 (S1)	7,7 ± 0,5 (6,7 - 9,5)	34,3 ± 4,1 (24,1 - 42,5)	36,2 ± 3,0 (27,9 - 40,9)	18,2 ± 1,8 (14,7 - 22,8)	69,9 ± 1,8 (69,0 - 77,2)					
C (N=23)	1996 (S2)	7,4 ± 0,6 (6,0 - 8,7)	29,7 ± 3,7 (20,6 - 38,2)	40,0 ± 2,5 (33,6 - 45,7)	20,8 ± 1,8 (17,4 - 24,1)	69,9 ± 2,0 (65,7 - 74,6)					

* N= nombre de milieux par variété

Tableau 2
Variabilité liée à la variété – exemple sur trois milieux

Milieu	Département de l'essai - année	MAT (% MS)		amidon (% MS)		NDF (% MS)		Rdt (t MS/ha)		Digestibilité cellulase (%)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
I (N=23)*	86 - 00	7,9 ± 0,4 (7,3 - 8,8)	31,9 ± 3,5 (23,7 - 39,1)	38,8 ± 2,6 (34,0 - 46,4)	19,4 ± 1,3 (17,0 - 23,0)	70,6 ± 1,8 (66,8 - 74,4)					
II (N=25)	29 - 98	7,9 ± 0,5 (6,7 - 9,8)	37,2 ± 2,4 (32,2 - 43,0)	41,0 ± 2,0 (36,2 - 45,6)	17,9 ± 1,1 (15,6 - 20,2)	69,4 ± 2,0 (64,2 - 72,8)					
III (N=27)	53 - 99	7,8 ± 0,4 (7,0 - 9,4)	28,5 ± 3,9 (20,6 - 36,5)	39,7 ± 2,4 (35,0 - 45,2)	19,6 ± 1,3 (16,7 - 22,3)	70,0 ± 1,9 (66,4 - 74,7)					

* N= nombre de variétés par milieu

ration des conditions de milieu ne modifie pas la teneur en MAT de la plante. Mais pour une même variété, une augmentation de 1 point de la digestibilité cellulase entraîne une diminution significative de la teneur en MAT de 0,1 point en moyenne. Ces variations phénotypiques de la teneur en MAT pourraient être liées à une modification de la digestibilité de la fraction pariétale. Ce résultat est à rapprocher de ceux de Frölich et al. (1980) qui ont montré que l'effet du milieu sur la teneur en MAT de la plante de maïs passe non pas par une modification de la composition morphologique de la plante entière, mais par une modification de la teneur en MAT de la seule fraction canne.

2.3. EFFET DE LA SÉLECTION

Sur 203 matrices « variété » (un milieu donné regroupant au moins 10 variétés différentes), l'effet de l'hybride est significatif dans plus de 80 % des analyses, et cet effet explique en moyenne 65 % des variations de teneur en MAT. En intramilieu, la plage de variation de la teneur en MAT est en moyenne de 2,1 points, et l'écart type de 0,47 point (Tableau 2). La variabilité génotypique est toutefois significativement inférieure à la variabilité due aux conditions de culture. Demarquilly (1994) avait obtenu des résultats qui allaient dans le même sens sur un autre critère, la digestibilité. Les variations de teneur en MAT liées à l'effet de la variété, ne s'expliquent pas par les variations de composition morphologique (absence de relation intra-milieu entre les variables de composition chimique).

Intra-milieu, une augmentation du rendement tend à diminuer la teneur en MAT de la plante de maïs. Cette relation est significative dans 25 % des analyses, et traduit un phénomène de

dilution des matières azotées. Une relation négative entre ces 2 critères a déjà été rapportée par Maggiore et al. (1980) et Barrière et al. (1996). Une augmentation de la productivité liée aux progrès de la génétique pourrait induire une diminution des teneurs en MAT des maïs à la récolte.

En conclusion, la teneur en MAT des maïs au moment de la récolte peut varier dans des proportions importantes, du simple au double, et la variabilité liée aux conditions de milieu est supérieure à la variabilité liée à la sélection. La relation négative observée dans un certain nombre d'analyses sur l'effet de la sélection, entre teneur en MAT et rendement pourrait traduire un effet négatif de la sélection sur la teneur en MAT des maïs, mais cette relation n'est pas systématique.

Aerts J.V., Brabander (de) D.L., Cottyn B.G., Boucque CH. V., Buysse F.X., 1976. Rev. Agric., 2, 379-430.

Andrieu J., Demarquilly C., Dardenne P., Barrière Y., Lila M., Maupetit P., Rivière F., Femenias N., 1993. Ann. Zootech., 42, 221-249.

Barrière Y., Argillier O., Emile J.C., Giauffret C., Hébert Y., Michalet-Doreau B., 1996. In : Colloque Maïs Ensilage, Nantes, p.293-308.

Demarquilly C., 1994. INRA Prod. Anim., 7, 177-189.

Frölich W.G., Pollmer W.G., Klein D., 1980. In W.G. POLLMER, R.H. PHIPPS (Editors). Improvement of quality traits of maize for grain and silage use. The Hague/Boston/London. p.199-220.

INRA, 1988. In R. JARRIGE (Editeur) Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA Paris.

Maggiore et al., 1980. In W.G. POLLMER, R.H. PHIPPS (Editors). Improvement of quality traits of maize for maize and silage use. The Hague/Boston/London. p.135-153.

SAS Institute, SAS/STAT, 1988. User's guide, release 6.03, SAS Inst., INC Cary, NC, USA.

