



Valeur nutritive du maïs d'ensilage: quelle est l'importance des facteurs de variation?

M. MEISSER et G. WEISS, Station fédérale de recherches en production animale, CH-1725 Posieux

@ E-mail: marco.meisser@rap.admin.ch
Tél. (+41) 26 40 77 111.

Résumé

La valeur énergétique du maïs d'ensilage est difficile à estimer avec précision. Aujourd'hui encore, on connaît assez mal la façon dont les conditions climatiques agissent sur la valeur nutritive. Si elle est mieux connue, l'influence du génotype demande encore à être précisée, tout particulièrement chez les variétés dont le développement de la tige et de l'épi n'est pas synchrone (type *stay green*).

La Station fédérale de recherches en production animale de Posieux (RAP) a conduit en 2000 et 2001 une étude dont le but était de mieux cerner l'effet des facteurs de variation (milieu, génotype et stade de maturité) sur la valeur nutritive du maïs d'ensilage. Des trois facteurs étudiés, c'est le stade de maturité qui a entraîné les plus grands écarts dans les teneurs en matière organique digestible. Les résultats obtenus soulignent l'importance que revêt la détermination du moment de récolte. Le milieu a surtout influencé l'évolution des teneurs en matière sèche dans les deux fractions de la plante (épi et parties végétatives). Contre toute attente, ce facteur n'a pas fait apparaître de grandes différences relativement à la qualité. Enfin, en ce qui concerne l'effet du génotype, les écarts étaient significatifs. Ce n'est cependant pas la variété *stay green* qui a montré la meilleure digestibilité.

Introduction

La valeur nutritive du maïs d'ensilage varie en fonction des conditions climatiques, du génotype et du stade de maturité. A l'heure actuelle, on connaît encore assez mal la façon dont le milieu influence la qualité du fourrage. La génétique constitue une source de variation mieux connue. L'apparition il y a une dizaine d'années de nouveaux hybrides «*stay green*» a cependant soulevé de nombreuses questions. Ces variétés auraient un meilleur potentiel de rendement (matière sèche et énergie), du fait notamment que l'appareil végétatif reste actif jusqu'au terme de la phase de remplissage des grains. Avec cette caractéristique, la détermination du moment idéal de récolte devient plus délicate. Contrairement aux variétés traditionnelles – où la maturation de la tige et celle de l'épi progressent de façon parallèle –, les nouveaux hybrides se distinguent par un développement relativement indépendant de ces frac-

tions. En raison de cette absence de synchronisme, le grain ne peut plus être utilisé comme seul critère pour apprécier le degré de maturité de la plante entière.

La Station fédérale de Posieux (RAP) mène depuis l'année 2000 une étude sur la qualité du maïs d'ensilage. Le texte qui suit présente les premiers résultats. Ce travail propose également une réflexion sur la pertinence des critères utilisés pour estimer le degré de maturité.

Matériel et méthodes

Les plantes ont été cultivées en 2000 et 2001 en trois lieux de Suisse: Nyon-Changins (RAC), Posieux (RAP) et Zurich-Reckenholz (FAL). Des récoltes ont été effectuées environ tous les dix jours entre mi-août et mi-octobre. En 2001, nous n'avons pu effectuer aucune récolte à la FAL en raison d'une attaque précoce d'*Helminthosporium turcicum*. Les essais ont été réalisés dans un dispositif split-plot à deux facteurs¹ (qua-

tre répétitions). L'espacement entre les lignes était de 75 cm et la densité de semis de 10,5 plantes/m². Pour chaque variante, une sous-parcelle de quatre lignes d'environ 4,6 m de long a été cultivée. A Changins, les plantes ont été arrosées à deux reprises afin de limiter le stress hydrique.

Les variétés et leurs principales caractéristiques sont indiquées ci-après:

- *Banguy*: hybride homologué aussi bien pour une utilisation en grain qu'en ensilage (= variété mi-précoce); proportion d'épis importante; tendance *stay green*.
- *Attribut*: variété d'ensilage mi-précoce fortement répandue dans la pratique.
- *Goldmeru*: proportion d'épis plutôt importante, sans caractère *stay green*. Variété précoce.
- *Monopol*: variété homologuée seulement pour une utilisation en grain; fort caractère *stay green*; un peu plus tardive que les précédentes.

¹ Facteurs: variété (grandes parcelles) et stade de maturité (sous-parcelles).

Les plantes ont été coupées à la main à une hauteur de 15 cm. Elles ont été ramenées entières à la RAP et aussitôt hachées. Une fois séchés (60 °C) et moulus à la grille de 1 mm, les échantillons ont été analysés à l'aide d'un spectrophotomètre dans le proche infrarouge (SPIR). Chaque mesure a été répétée deux fois. En 2001, pour deux paramètres (matière organique digestible et amidon), la calibration SPIR a été élargie avec une trentaine de mesures issues de la campagne 2000. Parallèlement au matériel utilisé pour les analyses SPIR, des lots supplémentaires de plantes ont été récoltés afin de déterminer la proportion d'épis et la digestibilité de la matière organique des parties végétatives (tige et feuilles). Ces analyses ont été effectuées selon la méthode de TILLEY and TERRY (1963).

Les valeurs analytiques ont été regroupées selon la teneur en MS de la plante entière: dans chaque lieu de récolte, nous avons ainsi considéré trois stades de maturité. Ce regroupement facilite les comparaisons entre lieux ou entre variétés tout en respectant le rythme de développement propre à chaque génotype. Dans la plupart des cas, la mise en valeur statistique des résultats a été effectuée selon un modèle à deux facteurs fixes, en utilisant le test de Newman-Keuls.

Résultats

Conditions de végétation et développement des hybrides

Le tableau 1 présente les sommes de température et de précipitations correspondant aux différentes récoltes de la

saison 2000. Nous avons observé de grands écarts en ce qui concerne le développement des maïs. Ces écarts, liés au milieu, ne s'expliquent que partiellement par des différences de température. Nos observations montrent que l'évolution du taux de matière sèche (MS) de la plante entière a été fortement conditionnée par d'autres facteurs climatiques. En effet, pour une somme de température donnée, les valeurs de MS relevées à Changins ont toujours été largement supérieures à celles mesurées dans les deux autres stations. Le 21 août, les maïs présentaient déjà une teneur en MS de 36% (moyenne de toutes les variétés confondues). Dans les deux autres lieux d'essai, les mêmes valeurs n'ont été atteintes qu'au début du mois d'octobre, soit environ six semaines plus tard. Le faible niveau de précipitations relevé à Changins pourrait expliquer en partie ces différences. Comparativement à la première année d'essai, la saison 2001 a présenté un visage assez différent (tabl. 2): à somme de température comparable, les écarts dans les teneurs en MS ont été beaucoup plus faibles qu'en 2000. En ce qui concerne la hauteur des plantes, qui reflète les conditions de végétation, on constate que les écarts restent les mêmes d'une année à l'autre: environ 20 cm entre Changins et Posieux. En 2000, les plantes étaient largement plus hautes à Reckenholz que dans les deux autres stations.

L'évolution très rapide des teneurs en

MS observée à Changins en 2000 provient pour l'essentiel d'un dessèchement des parties végétatives. Le taux de MS des parties végétatives détermine, conjointement avec celui de l'épi et sa proportion dans la plante, la teneur en MS de la plante entière. Dans l'ensemble, les variations du taux de MS des parties végétatives ont sensiblement plus d'effet sur la teneur en MS de la plante entière que les paramètres caractérisant le développement de l'épi. A Changins, les parties végétatives ont montré en fin de végétation des teneurs en MS proches de 30% (fig. 1.1). L'approvisionnement en eau de la tige exerce également des effets sur le développement du grain. En cas de stress hydrique, l'accumulation d'amidon se fait plus lentement. Cette situation se traduit par des teneurs en MS dans l'épi qui sont plus basses (fig. 1.2). Les relations mathématiques entre les teneurs en MS de la plante entière et les teneurs en MS des parties végétatives ou celles de l'épi étaient relativement étroites.

Si les différences de MS ont été beaucoup plus importantes entre les lieux qu'entre les variétés, certains effets liés au caractère *stay green* sont cependant apparus de façon systématique. A l'exception des récoltes réalisées en 2000 à Changins, où l'action du milieu a complètement masqué les caractéristiques variétales, nous avons toujours pu observer, à date fixe, des écarts significatifs entre génotypes. C'est surtout la variété *Monopol (stay green)* qui s'est

Tableau 1. Relations entre les conditions climatiques et le développement des hybrides; année 2000.

	RAC (27 avril) ¹				RAP (1 ^{er} mai) ¹				FAL (1 ^{er} mai) ¹				
	09.08	21.08	28.08	04.09	30.08	11.09	20.09	02.10	30.08	11.09	20.09	03.10	
Date de récolte													
Cumul température ² (°C)	1165	1359	1452	1524	1277	1378	1475	1572	1345	1450	1543	1651	
Cumul précipitations ³ (mm)	303	304	344	386	468	504	511	558	473	519	527	612	
Teneur en MS ⁴ (%)	27,0	36,1	42,2	44,8	25,7	29,6	32,6	36,0	25,5	29,2	33,4	36,2	
	$S_{\bar{x}}$	0,34	0,53	0,39	0,70	0,86	0,61	1,02	1,00	0,55	0,66	1,02	0,79
Hauteur plantes ⁴ (cm)	214	210	205	213	231	238	—	230	262	258	—	264	

¹ Date du semis.

² Cumul à partir du semis (en base 6).

³ Cumul à partir du semis; avec arrosages (= 70 mm à la RAC).

⁴ Teneur en MS et hauteur des plantes; moyenne des quatre variétés.

Tableau 2. Relations entre les conditions climatiques et le développement des hybrides; année 2001.

	RAC (9 mai) ¹				RAP (3 mai) ¹				FAL (11 mai) ¹	
	10.08	29.08	10.09	20.09	29.08	10.09	20.09	01.10	15.10	
Date de récolte										
Cumul température ² (°C)	1112	1385	1495	1545	1285	1375	1416	1484	1610	
Cumul précipitations ³ (mm)	383	417	450	463	422	511	544	590	640	
Teneur en MS ⁴ (%)	21,0	32,9	37,2	40,7	27,6	30,4	32,4	34,2	37,4	
	$S_{\bar{x}}$	0,30	0,60	0,58	0,75	0,53	0,36	0,69	0,60	0,63
Hauteur plantes ⁴ (cm)	203	202	204	204	222	219	219	217	—	

¹ Date du semis.

² Cumul à partir du semis (en base 6).

³ Cumul à partir du semis; avec arrosages (= 75 mm à la RAC).

⁴ Teneur en MS et hauteur des plantes; moyenne des quatre variétés.

Tableau 3.1. Teneurs en MOD (g/kg MS) en fonction de la teneur en MS de la plante entière et de la variété (n = 4); année 2000.

	RAC				RAP				FAL			
	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$
	26-28	34-37	40-43		26-28	29-31	34-37		26-28	29-31	34-37	
Attribut	686	720	734	714 ^a	702	713	728	714 ^a	706	706	729	714 ^a
Banguy	714	733	750		725	725	746		721	726	744	
Goldmeru	701	726	747		713	724	735		714	713	737	
Monopol	709	730	733		716	730	740		714	732	738	
Moyenne	703^a	727^b	741^c	2,1	714^a	723^b	737^c	2,1	714^a	719^a	737^b	2,4

¹ Teneurs en MS de la plante entière. Pour un lieu et un facteur donné, les valeurs d'une même ligne ou d'une même colonne portant un exposant différent sont significativement différentes (P < 0,05).

démarquée des trois autres: en raison d'une évolution plus lente de la teneur en matière sèche dans la tige, les teneurs en MS de la plante entière étaient généralement plus basses d'environ deux points. En ce qui concerne l'aspect de la tige et des feuilles, cette variété n'a pas montré une propension à rester plus longtemps verte que ses consœurs.

Tabl. 3.2. Teneurs en MOD (g/kg MS) en fonction de la teneur en MS de la plante entière et de la variété (n = 4); année 2001.

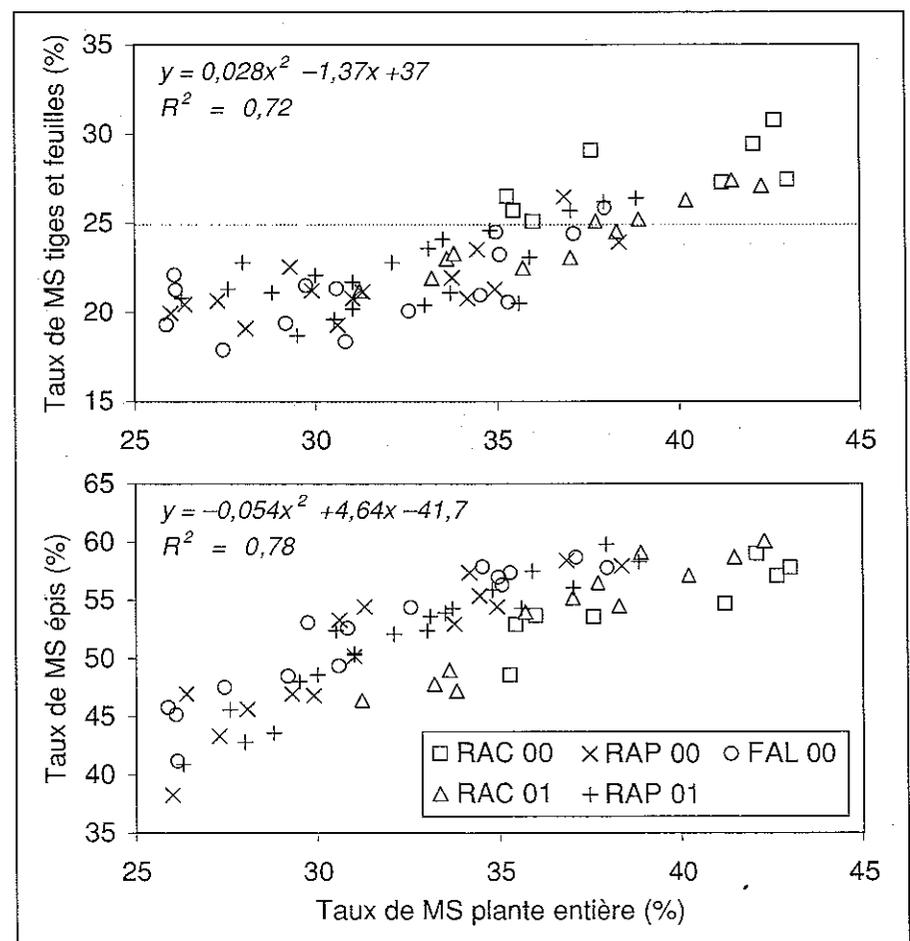
	RAC				RAP				
	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$	
	31-34	35-38	39-42		27-30	31-34	35-38		
Attribut	718	743	764	742 ^a	698	725	726	716 ^a	
Banguy	744	751	773		723	742	756		740 ^b
Goldmeru	743	748	777		712	720	732		721 ^a
Monopol	724	738	753		731	728	723		727 ^a
Moyenne	732^a	745^b	767^c	4,1	716^a	729^b	734^b	2,3	

¹ Teneurs en MS de la plante entière. Pour un lieu et un facteur donné, les valeurs d'une même ligne ou d'une même colonne portant un exposant différent sont significativement différentes (P < 0,05).

Effets des facteurs de variation sur la valeur nutritive

Facteur «stade de développement»

Des trois facteurs étudiés, le stade de développement est celui qui a montré l'effet le plus important sur la teneur en matière organique digestible (MOD) (tabl. 3.1 et 3.2). A Changins, la MOD n'a cessé d'augmenter au fil des récoltes. En 2001, la progression entre le début du stade pâteux dur² et le stade vitreux du grain³ était de 35 g MOD/kg MS, ce qui représente environ 0,3 MJ NEL/kg MS. Cette situation a également été observée dans une moindre mesure en 2000. A Posieux, la situation était un peu moins univoque: alors qu'en 2000 on constate une nette augmentation chez toutes les variétés, en 2001 c'est le cas pour deux d'entre elles seulement. Les teneurs en amidon ont progressé de façon importante jusqu'à la fin du suivi, dans tous les lieux (tabl. 4.1 et 4.2). Cette augmentation continue a fait plus que compenser la baisse de qualité des parties végétatives. En 2000 et 2001, la teneur en amidon a permis d'expliquer respectivement 67 et 74% des variations de la MOD. Cette relation entre la proportion d'amidon et la valeur énergétique n'est souvent pas aussi étroite. En effet, HERTER *et al.* (1995) ont mon-



² 31-34% de MS dans la plante entière.
³ 39-42% de MS dans la plante entière.

Fig. 1.1 et 1.2. Evolution des teneurs en MS des parties végétatives et des épis en fonction des taux de MS de la plante entière. Années 2000 et 2001.

Tabl. 4.1. Teneurs en amidon (g/kg MS) en fonction de la teneur en MS de la plante entière et de la variété (n = 4); année 2000.

	RAC				RAP				FAL			
	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$
	26-28	34-37	40-43		26-28	29-31	34-37		26-28	29-31	34-37	
Attribut	(136)	284	355	259 ^a } 6,8	(164)	254	319	246 ^a } 6,3	209	275	332	272 ^a } 7,4
Banguy	180	321	367		247	301	358		232	324	407	
Goldmeru	181	302	383		237	303	341		238	292	356	
Monopol	204	320	387		298	341	396		304	357	407	
Moyenne	175^a	307^b	373^c	6,1	237^a	300^b	354^c	4,2	246^a	312^b	376^c	4,3

¹ Teneurs en MS de la plante entière. Pour un lieu et un facteur donné, les valeurs d'une même ligne ou d'une même colonne portant un exposant différent sont significativement différentes (P < 0,05).

tré que le coefficient de détermination entre la proportion de grain et la valeur énergétique pouvait varier de 0,2 à 0,7 suivant les années.

Facteur «variété»

A stade de maturité égal, les quatre variétés étudiées ont montré des différences de qualité significatives. L'écart moyen entre les variétés s'est élevé au maximum à 24 g MOD/kg MS. Dans cette étude, on ne connaît pas les rendements énergétiques (MJ NEL/ha). Les essais d'homologation réalisés en Suisse et en Allemagne montrent cependant qu'il existe des différences de rendement entre les quatre variétés étudiées et que certains écarts de qualité sont plus ou moins compensés par un meilleur rendement.

En dépit d'une teneur en amidon très élevée et d'un effet *stay green* sensible à Posieux (soit une évolution plus lente des teneurs en MS des parties végétatives; fig. 2), la variété *Monopol* n'a pas montré une teneur en MOD supérieure à celle des trois autres hybrides.

Facteur «milieu»

En 2000, à stade de maturité comparable, la teneur en MOD n'a guère montré de variations entre les lieux, malgré des différences climatiques pourtant assez marquées. Cette situation est difficile à détailler, car nous n'avons pas déterminé la teneur en MOD des deux fractions de la plante. Sur la base des teneurs en amidon (proportion de grain), on peut cependant supposer que l'énergie apportée par ce nutriment était à peu près la même dans les trois lieux. Corrélativement, la qualité du non-grain devait être plus ou moins semblable. Le dessèchement des parties végétatives observé à Changins n'a vraisemblablement pas eu d'incidence majeure sur leur qualité.

En 2001, l'effet du lieu était plus marqué qu'en 2000, mais sans être significatif (P = 0,11). De façon attendue, nous n'avons pas observé d'interactions entre les facteurs «génotype» et «milieu».

Tabl. 4.2. Teneurs en amidon (g/kg MS) en fonction de la teneur en MS de la plante entière et de la variété (n = 4); année 2001.

	RAC				RAP			
	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne $S_{\bar{x}}$
	31-34	35-38	39-42		27-30	31-34	35-38	
Attribut	341	388	432	387 } 6,2	255	319	358	311 ^a } 7,5
Banguy	368	389	457		293	366	420	
Goldmeru	368	403	450		274	332	374	
Monopol	335	384	425		333	346	379	
Moyenne	353^a	391^b	441^c	7,5	289^a	341^b	383^c	4,4

¹ Teneurs en MS de la plante entière. Pour un lieu et un facteur donné, les valeurs d'une même ligne ou d'une même colonne portant un exposant différent sont significativement différentes (P < 0,05).

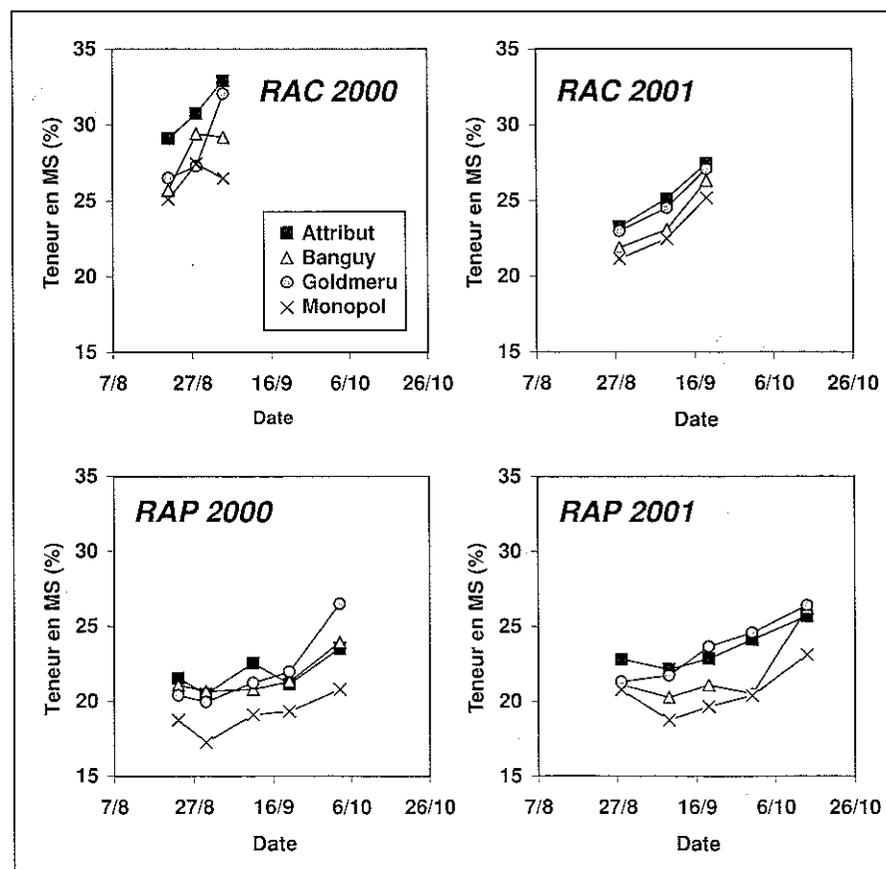


Fig. 2. Evolution de la teneur en MS des parties végétatives au cours de la végétation. Situations à Changins (RAC) et Posieux (RAP). Années 2000 et 2001.

Tabl. 5.1. Teneurs en MA (g/kg MS) en fonction de la teneur en MS de la plante entière et de la variété (n = 4); année 2000.

	RAC				RAP				FAL						
	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne S _x	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne S _x	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne S _x			
	26-28	34-37	40-43		26-28	29-31	34-37		26-28	29-31	34-37				
Attribut	72	60	63	65 ^a	56	60	58	58 ^a	63	62	56	60 ^a			
Banguy	74	66	67		69 ^b	61	59		60	60 ^{ab}	65		66	62	64 ^b
Goldmeru	73	74	72		73 ^b	68	71		68	69 ^c	71		70	66	69 ^c
Monopol	75	66	69		70 ^b	63	62		62	62 ^b	63		57	59	60 ^a
Moyenne	73^a	66^b	68^b	1,4	62	63	62	1,0	66^a	64^{ab}	61^b	0,9			

¹ Teneurs en MS de la plante entière. Pour un lieu et un facteur donné, les valeurs d'une même ligne ou d'une même colonne portant un exposant différent sont significativement différentes (P < 0,05).

Il s'ensuit que le classement des variétés est resté à peu près semblable dans les deux lieux. S'agissant de la qualité des parties végétatives, les analyses ont fait ressortir, à stade égal, des écarts entre lieux variant de 18 à 30 g MOD/kg MS. Les valeurs de Posieux étaient un peu plus élevées que celles de Changins (fig. 3). La teneur en MOD des épis était en revanche un peu plus élevée à Changins, tout comme leur proportion dans la matière sèche.

En ce qui concerne la matière azotée (MA), les écarts entre variétés ou entre lieux étaient assez importants, aussi bien en 2000 qu'en 2001 (tabl. 5.1 et 5.2). Selon CORNELOUP *et al.* (2001), le milieu a plus d'influence sur la teneur en MA que le génotype. Une étude réalisée à la RAP entre 1977 et 1996 avec le même hybride a montré que les teneurs en MA pouvaient varier de façon importante d'une année à l'autre (fourchette de 65 à 90 g/kg de MS). Il est difficile d'expliquer ces variations par des facteurs climatiques «simples» (par exemple la somme des températures ou encore la pluviométrie). Les variations de la MA que nous avons observées dans la présente étude proviennent essentiellement des parties végétatives. En effet, les analyses faites dans le grain montrent que la MA y varie relativement peu.

Tabl. 5.2. Teneurs en MA (g/kg MS) en fonction de la teneur en MS de la plante entière et de la variété (n = 4); année 2001.

	RAC				RAP					
	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne S _x	Teneur en MS (%) ¹			Moyenne S _x		
	31-34	35-38	39-42		27-30	31-34	35-38			
Attribut	59	62	63	61 ^a	55	50	58	55 ^a		
Banguy	65	67	66		66 ^{ab}	59	60		63	61 ^b
Goldmeru	78	74	74		75 ^c	65	62		65	64 ^b
Monopol	70	71	67		69 ^b	57	57		64	59 ^b
Moyenne	68	69	68	0,8	59^{ab}	57^a	63^b	1,5		

¹ Teneurs en MS de la plante entière. Pour un lieu et un facteur donné, les valeurs d'une même ligne ou d'une même colonne portant un exposant différent sont significativement différentes (P < 0,05).

Moment opportun pour la récolte

Le stade optimal de récolte résulte d'un compromis entre le rendement en énergie, l'aptitude à l'ensilage et l'ingestibilité. Pour des variétés mi-précoces, c'est entre 33 et 35% MS que ces conditions sont le mieux respectées. Si l'on considère les résultats de cette étude uniquement sous l'angle de la valeur nutritive, il apparaît que la MOD a pu augmenter jusqu'à des stades très tardifs. Cette situation, observée en particulier à Changins en 2000, résulte de l'effet de conditions «séchantes». Dans cette situation, les teneurs en MS de la

tige sont élevées et le développement de l'épi est plus lent. Lorsque le stade pâteux dur du grain est atteint, les teneurs en MS de la plante entière sont comprises entre 35 et 40%. L'évolution de la maturité peut se faire très rapidement: en 2000, en l'espace d'une semaine, les valeurs sont passées de 36 à 42% MS (tabl. 1). Nous n'avons pas relevé de grandes différences entre les variétés.

A Posieux et Reckenholz, le développement a été beaucoup plus régulier. Les teneurs en MS en fin de végétation n'ont que rarement dépassé 36-38% MS. Comparativement à Changins, on observe un écart dans le développement d'environ 3-4 semaines. La période pour récolter survient plus tard; sauf accident causé par le gel, elle est aussi plus longue. Cette plus grande élasticité profite à toutes les variétés mais plus particulièrement à celles qui présentent un effet *stay green*. A Posieux, les teneurs en MS de la variété *Monopol* n'ont pratiquement jamais dépassé 35% MS. A l'autre extrême, la variété *Goldmeru* a souvent atteint 38% MS. Les écarts s'expliquent par l'évolution plus ou moins rapide des teneurs en MS des parties végétatives (fig. 2).

En résumé, lorsque les conditions sont très favorables (très bon approvisionnement en eau, développement régulier), la plage idéale de récolte se situe vers

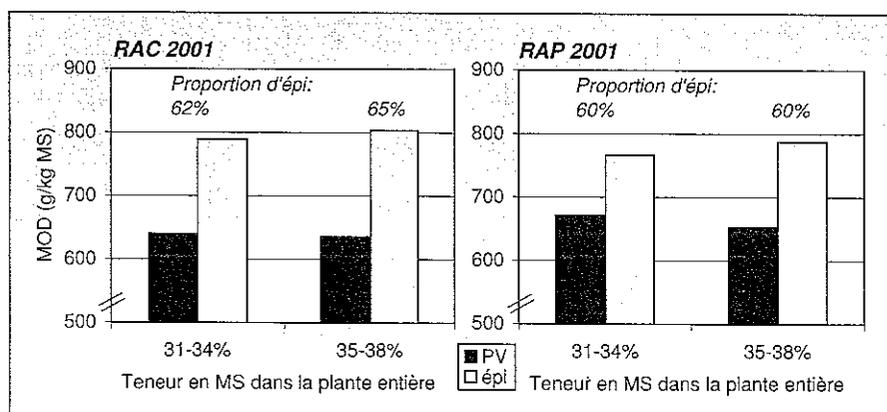


Fig. 3. Teneurs en MOD des deux fractions de la plante et proportion d'épi; selon la teneur en MS de la plante entière et le lieu. Moyenne des quatre variétés. PV = parties végétatives.

35% MS. A ce stade, l'accumulation de l'amidon est pratiquement terminée et les tiges présentent le plus souvent une teneur en MS qui est encore inférieure à 25%. La teneur en MOD est proche de son maximum. Lorsque les conditions sont «séchantes», il vaut la peine d'attendre que l'épi ait atteint 52-55% MS (stade pâteux dur du grain; à ce stade, le grain peut encore être rayé avec l'ongle). Les teneurs en MS de la plante entière sont alors le plus souvent supérieures à 35%. Cette situation est délicate à cause des risques de postfermentations. Il faut tout particulièrement veiller à obtenir un hachage propre et fin, ainsi qu'un très bon tassement. Le silo doit être parfaitement hermétique et rempli rapidement. Enfin, la reprise doit être suffisante. En conditions défavorables, l'utilisation à titre préventif d'un agent conservateur contre les postfermentations peut s'avérer payante.

Remerciements

Nous tenons à remercier ici les collègues de Changins et de Reckenholz pour leur précieuse collaboration, en particulier pour ce qui concerne la mise en place de l'essai.

Bibliographie

- TILLEY J. M. A., TERRY R. A., 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* **18**, 104-111.
- HERTER U., ARNOLD A., SCHUBIGER F., MENZI M., 1996. Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. *Agrarforschung* **3** (11-12), 535-538.
- CORNELOUP F., AIZAC B., ANDRIEU J., MICHALET-DOREAU B., 2001. Facteurs de variation de la teneur en MAT du maïs fourrage à la récolte. In: Proceedings 8^{es} Renc. Rech. Ruminants, 5 et 6 décembre, Paris, France, 281-283.

Conclusions

- Dans cette étude, le stade de développement du maïs a fortement influencé la teneur en MOD. A Changins, celle-ci n'a cessé d'augmenter au fil de la végétation, jusqu'à des stades de développement tardifs (teneur en MS de la plante entière supérieure à 40%). A Posieux et Reckenholz, les teneurs en MS en fin de végétation (début octobre) n'ont que rarement dépassé 36-38%. C'est souvent à ce moment que les teneurs en MOD étaient les plus élevées.
- Le facteur génotype a également eu un effet significatif sur la valeur nutritive. Les écarts entre variétés n'étaient cependant pas aussi importants que ceux que nous avons mesurés entre les différents stades de développement.
- En dépit de conditions climatiques pourtant assez différentes, et à stade de maturité comparable, les écarts de la MOD d'un lieu à l'autre sont restées généralement faibles.
- Le meilleur moyen d'apprécier le degré de maturité passe par l'observation combinée du grain et des parties végétatives.

Summary

The importance of factors of variation on the nutritive value of silage maize

It is difficult to determine the energy value of silage maize with a satisfactory level of precision. The effects of the climatic conditions are not yet sufficiently known. Although the influence of the genotype is better known it should be determined with greater precision, especially in varieties in which stem and cob do not mature synchronously (stay green).

The Swiss federal research station for animal production of Posieux has launched a research project to study the effect of three factors (environment, variety, stage of maturity) on the nutritive value of silage maize. Of the three factors under investigation, stage of maturity caused the greatest differences in digestibility. The obtained results show the importance of harvesting at the appropriate moment. Environmental factors first of all affected the evolution of the dry matter content in the two plant fractions cob and vegetative parts. Contrary to our expectations, this factor had not a great effect on quality. With respect to genotype, observed differences were significant. However, it was not the stay green variety which showed the best digestibility.

Key words: maize for silage, digestibility, forage quality, energy, maturity, variety, environment.

Zusammenfassung

Nährwert von Silomais

Es ist schwierig, den Energiewert von Silomais genau zu bestimmen. Zurzeit kennt man die Auswirkungen der klimatischen Bedingungen auf den Nährwert noch nicht genügend. Obwohl der Einfluss des Genotypen besser bekannt ist, müsste er noch präziser bestimmt werden. Dies gilt insbesondere für diejenigen Sorten, bei denen die Entwicklung von Stängel und Kolben asynchron verläuft (*stay green* Typ).

Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP) hat in den Jahren 2000 und 2001 eine Studie durchgeführt, deren Ziel war, den Einfluss von drei Faktoren (Umwelt, Sorte und

Reifestadium) auf den Energiegehalt von Silomais genauer zu bestimmen. Von den drei untersuchten Faktoren führte das Reifestadium im Hinblick auf die verdauliche organische Substanz zu den grössten Unterschieden. Die Ergebnisse der Studie unterstreichen, wie wichtig die Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes ist. Die Umweltfaktoren beeinflussten in erster Linie den Verlauf der Trockensubstanzgehalte in den verschiedenen Pflanzenfraktionen (Kolben und Restpflanze). Wider allen Erwartungen führten die Umweltfaktoren hinsichtlich der Qualität zu keinen grossen Differenzen. Was hingegen die Auswirkungen des Genotypen betrifft, so waren die Unterschiede signifikant. Die *stay green* Sorte wies jedoch nicht die beste Verdaulichkeit auf.