

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES, VALEUR NUTRITIVE, APTITUDE A L'ENSILAGE ET QUALITE DE L'ENSILAGE DES GENOTYPES D'AVOINE

M. KÖLLER¹

SUMMARY

The relationships between morphological characteristics and the yield of oat genotypes as well as their nutritive value, their aptitude for silage and the factors determining the silage quality have been studied at El Koudia near Rabat.

The study took place during 1990/91, 1991/92 et 1992/93 with 36, 25 and 16 genotypes in the three years respectively all belonging to *Avena sativa*, except one genotype of *A. strigosa* and triticale, which were included in 1991/92 et 1992/93.

Dry matter yields were significantly correlated with maturity dependant duration of growth ($r = 0.75^{***}$ and $r = 0.35^{**}$ in 1991/92 and 1992/93 respectively). Depending on rainfall dry matter yields were on average 11.7, 7.2 and 5.7 t/ha for 1990/91, 1991/92 and 1992/93, respectively. Average crude protein and acid detergent fiber (ADF) content in 1990/91 were 6.0 and 40% of dry matter respectively, and the percentage of organic matter digestibility was 56.3. The ratio panicle/remaining shoot and the crude protein content was weakly but significantly correlated ($r = 0.30^*$). The ratio water-soluble carbohydrates and the buffering capacity was on average 3.8 and 5.1 in 1991/92 and 1992/93, respectively, indicating an aptitude for ensiling of all genotypes tested. The quotient panicle/remaining shoot was significantly correlated with the content of water-soluble carbohydrates ($r = -0.67^*$ and -0.37^* in 1991/92 and 1992/93) and with the buffering capacity ($r = -0.76^{**}$ and -0.53^* in 1991/92 and 1992/93). There was no significant correlation between the quotients panicle/remaining shoot and water soluble carbohydrates/buffering capacity.

Inoculation with *Lactobacillus* showed a positive effect on silage quality supporting the presumption that natural *Lactobacillus* population density of the plant material is not always sufficient to produce the required quantity of lactic acid for high quality silage.

¹ INRA/Programme Fourrages, B.P. 415, Rabat

Key words: Cutting stage, silage quality, inoculation with *Lactobacillus*, criteria for silage.

RESUME

Les relations entre les caractéristiques morphologiques et le rendement, la valeur nutritive et l'aptitude à l'ensilage, ainsi que les facteurs déterminant la qualité de l'ensilage d'avoine ont été étudiés à El Koudia près de Rabat.

L'étude a eu lieu durant les périodes de végétation 1990/91, 1991/92 et 1992/93. Au cours de ces trois années, le nombre des génotypes étudiés était de 36, 25 et 16, appartenant pour la plupart à *Avena sativa*. A titre de comparaison, un génotype de triticale et un génotype d'*Avena strigosa* ont été inclus en 2ème et 3ème année expérimentale.

Le rendement en matière sèche (MS) a été significativement corrélé avec la durée de végétation en 1991/92 et 1992/93; les coefficients étant respectivement de $r = 0,75^{***}$ et $r = 0,35^{**}$. Le rendement moyen a atteint 11,7 t en 1990/91, 7,2 t en 1991/92 et 5,7 t MS en 1992/93 en fonction de la pluviométrie. La composition grossière moyenne a été en 1990/91 de 6,0% de protéines brutes dans la MS et 40% d'ADF dans la MS; la digestibilité de la matière organique (DMO) s'est élevée à 56,3%. Entre le rapport panicule/pousse restante et la teneur en protéines brutes existe une corrélation faible ($r = 0,30^*$). Le quotient glucides hydrosolubles/pouvoir tampon (GH/PT) de 3,8 et 5,1 respectivement en 1991/92 et 1992/93 indique une bonne aptitude à l'ensilage de tous les génotypes testés. Le rapport panicule/pousse restante a été corrélé significativement avec les glucides hydrosolubles ($r = -0,67^*$ et $-0,37^*$ en 1991/92 et 1992/93) et avec le pouvoir tampon ($r = -0,76^{**}$ et $-0,53^*$ en 1991/92 et 1992/93). En revanche, la corrélation entre le rapport panicule/pousse restante et le quotient GH/PT n'a pas été significatif.

Les analyses de la qualité de l'ensilage ont révélé un effet positif de l'inoculation par *Lactobacillus* et parfois une qualité insuffisante sans inoculation. Cela laisse supposer que la population de *Lactobacillus* du matériel végétal ne suffit pas toujours pour produire la quantité d'acide lactique nécessaire à un ensilage de bonne qualité.

Mots clés: Stade de coupe, qualité d'ensilage, inoculation par *Lactobacillus*, critères d'aptitude à l'ensilage.

INTRODUCTION

La vesce-avoine et l'avoine sont les cultures fourragères les plus importantes en bour au Maroc, dont la surface cultivée s'est élevée en 1990/91 et 1992/93 à 48.800 et 68.800 ha respectivement. Depuis environ 10 ans, la surface de la culture d'avoine pure augmente et celle de la vesce-avoine diminue (Jaritz 1994). Pour répondre à cette évolution, le projet INRA/GTZ "Culture des Plantes Fourragères" a sélectionné 10 nouvelles variétés d'avoine, plus performantes que la variété INRA 153, qui était longtemps la seule variété disponible. Cependant, des connaissances sur la valeur nutritive, l'aptitude à l'ensilage et la qualité de l'ensilage de toutes ces variétés n'étaient pas encore acquises.

La plante fourragère idéale combine un rendement élevé en matière sèche (MS), des teneurs élevées en protéines brutes et une digestibilité élevée de la matière organique ainsi que des teneurs faibles en acid detergent fiber (ADF). Le rendement en MS dépend en premier lieu de la durée de la période de végétation; il est donc a priori plus élevé dans des régions subhumides que semi-arides (Pentonen-Sianio 1991; Stuthman and Marten 1972). La teneur en protéines brutes de l'avoine est basse en conditions climatiques humides comme c'est le cas pour les autres céréales d'hiver et d'un même ordre de grandeur entre les différentes variétés (Brundage *et al.* 1979; Lawes and Jones 1971; Kilcher and Troelsen 1973). Elle chute surtout à partir de la floraison.

La digestibilité de la matière organique chute également avec l'avancement du stade phénologique, surtout à partir du stade épiaison. Des valeurs élevées de la digestibilité sont associées à des faibles teneurs en ADF (Stuthman and Marten 1972). La digestibilité varie entre feuilles, tiges et inflorescences (Bruckner and Hanna 1990).

L'aptitude à la fermentation est conditionnée par la teneur en glucides hydrosolubles (GH), le pouvoir tampon (PT) et la teneur en MS du matériel ensilé. Les GH fournissent le substrat pour la fermentation lactique, durant laquelle le pH diminue (McDonald *et al.* 1991). La capacité tampon du matériel végétal s'oppose à la diminution du pH (Weissbach 1967). Les GH sont localisées essentiellement dans les tiges; les matières tampon dans les feuilles (Opitz von Boberfeld 1994).

Le rapport GH/PT sert d'indice pour mesurer la capacité du fourrage de baisser le pH sous fermentation (Jeroch *et al.* 1993). Cet indice dépend de la teneur en MS du matériel végétal. Cette relation suit une régression linéaire selon Haigh (1990) et Weissbach *et al.* (1977).

La qualité de l'ensilage dépend essentiellement de la vitesse de diminution du pH et du processus microbiologique y associé. Outre les facteurs cités, le nombre et la composition des populations de lactobactéries jouent un rôle décisif. Ceux-ci varient considérablement en fonction du matériel végétal (Ruser 1989; Fehrmann und Müller 1990).

Le but de la présente étude est d'examiner l'influence des caractéristiques morphologiques sur le rendement, la valeur nutritive et l'aptitude à l'ensilage des différents génotypes d'avoine et de tester la préparation de l'ensilage en conditions semi-arides. L'établissement de telles relations permettra de mieux connaître les variétés commerciales déjà existantes et servira de base éventuelle à la sélection de futures variétés.

MATERIEL ET METHODES

Les génotypes testés ont été au nombre de 36 en 1990/91, 25 en 1991/92 et 16 en 1992/93. En deuxième et troisième année expérimentale, un génotype de triticales a été inclus dans le matériel testé (tableau 1). Les dispositifs expérimentaux ont été des lattis balancés de 6x6 en 1990/91, 5x5 en 1991/92 et 4x4 en 1992/93.

L'expérimentation a été conduite au domaine expérimental d'El Koudia, à 30 km au sud-est de Rabat. Le sol est de type fersiallitique modal avec un pH_{KCl} de 4,8. La texture du sol est limono-sableuse dans la couche arable et argilo-sableuse en sous-sol.

Dans la période de végétation 1990/91, une période sèche de 4 semaines après le semis a causé une levée échelonnée. Ensuite, les précipitations ont été régulières jusqu'à début avril. Durant les périodes de végétation 1991/92 et 1992/93, le développement et le rendement ont été affectés par de longues périodes sèches entre décembre et mars. Une irrigation par arrosage a alors été effectuée. Elle s'élève à 25 mm en 1991/92 et à 48 mm en 1992/93. Les génotypes tardifs ont pu valoriser les pluies d'avril en 1991/92 mais non en 1992/93.

La coupe pour déterminer le rendement en MS et préparer l'ensilage a été effectuée au stade laiteux. Les essais d'ensilage ont été réalisés moyennant 1 à 1,3 kg de matière verte hachée, conservés dans des récipients de 2 l. En 1991/92, 5 génotypes d'avoine et le génotype de triticales ont été ensilés. En 1992/93, des ensilages de tous les 16 génotypes testés ont été préparés avec 3 répétitions chacun; en plus, l'influence d'une inoculation de *Lactobacillus* (Pioneer 1188) a été testée.

Tabl. 1: Numéros et dénomination des variétés et géotypes utilisés dans les essais

Numéro	Dénomination	Espèce	Période de végétation		
			90/91	91/92	92/93
1	INRA	<i>Avena sativa</i>	x	x	x
2	GHALI	"	x	x	x
3	FARAS	"	x	x	x
4	Coker A 114	"	x		
5	SOUALEM	"	x		
6	83 AB 3103	"	x		
7	RAHMA	"	x	x	x
8	79 AB 3082	"	x	x	x
9	AVON	"	x	x	x
10	BULBAN	"	x		
11	III 26	"	x		
12	81 C 704	"	x		
13	84 SA 157	"	x		
14	OGLE	"	x	x	
15	87 AB 1099	"	x	x	
16	87 BV 13180	"	x	x	
17	84 SA 81	"	x	x	x
18	83 M 2080	"	x		
19	83 M 2174	"	x		
20	83 M 2208	"	x	x	x
21	83 M 2241	"	x	x	x
22	87 AB 1211	"	x	x	x
23	87 AB 1450	"	x		
24	87 AB 1549	"	x		
25	Coker 86 B 49	"	x		
26	87 SA 152	"	x	x	x
27	87 SA 118	"	x	x	x
28	83 AB 39	"	x		
29	84 SA 121	"	x		
30	88 SA 2	<i>Avena strigosa</i>	x	x	x
31	79 AB 3028	<i>Avena sativa</i>	x		
32	Coker 8415	"	x		
33	III 31	"	x		
34	84 SA 171	"	x		
35	84 SA 74	"	x		
36	III 33	"	x		
40	Coker 84-14	"		x	x
41	88 SA 43	"		x	x
42	BEAGLE	Triticale		x	x
43	87 SA 94	<i>Avena sativa</i>		x	
44	DA 6	"		x	
45	88 SA 26	"		x	
46	88 SA 165	"		x	
47	88 SA 37	"		x	
48	88 SA 19	"		x	

La digestibilité de la matière organique (DMO) a été estimée à l'aide d'une régression multiple de fourrage grossier selon Menke und Steingass (1987). Pour cela, la formation du gaz *in vitro* après traitement avec jus de rumen selon le test de la valeur nutritive Hohenheim a été déterminée (Menke und Steingass 1986). La détermination de la teneur en protéines brutes (PB) a été exécutée selon la méthode des Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalten (Bassler und Buchholz 1993). La détermination des constituants pariétaux a été réalisée avec des détergents selon les méthodes de Goering and van Soest (1972). L'appréciation de l'aptitude à l'ensilage a été effectuée sur la base du rapport GH/PT en fonction de la teneur en MS. A cet effet, le pouvoir tampon a été déterminé selon Weissbach (1967) et les glucides hydrosolubles selon Yemm and Willis (1954).

Pour apprécier la qualité de l'ensilage, ont été déterminés: les fermentaires par chromatographie gazeuse selon Theune (1979); le pH dans un extrait aqueux selon Bassler und Buchholz (1993) et la teneur en azote ammoniacal selon Conway (1962).

RESULTATS ET DISCUSSION

Rendement en MS et durée de végétation

Avec une coupe effectuée au stade laitex, le rendement moyen en MS a été en 1990/91 de 11,74 t/ha avec un écart moyen de 66,2% (figure 1). En raison de la variance élevée, seuls les génotypes 30 (*A. strigosa*) et 20 sont significativement supérieurs à la moyenne et les génotypes 25, 13, 28, 34 et 19 significativement inférieurs à la moyenne. Suite à la pluviométrie insuffisante, le rendement moyen a été inférieur en 1991/92 et 1992/93 et les relations entre génotypes ont été parfois modifiées. Ainsi, le rendement moyen a été en 1991/92 de 7,22 t MS/ha avec un écart moyen de 86,1% et en 1992/93 de 5,65 t MS/ha avec un écart moyen de 38,5% (figures 2 et 3). Les génotypes 3, 9 et 26, caractérisés par un rendement faible en 1990/91, ont produit un rendement supérieur à la moyenne pendant l'année sèche 1991/92. En revanche, le rendement des génotypes 30 (*A. strigosa*), 20 et 8 élevé en 1990/91 a été relativement plus réduit en 1992/93. Les génotypes 30, 2, 22 et 17 ont produit dans l'ensemble des rendements performants.

La durée de la végétation entre le semis et le stade laitex a été, en moyenne de l'essai, de 188 jours en 1990/91; 152 jours en 1992/93 et 142 jours en 1992/93.

La relation entre la durée de végétation et le rendement en MS est non significative pour l'année 1990/91, mais hautement significative pour 1991/92 ($r = 0,75^{***}$) et 1992/93 ($r = 0,35^{**}$).

L'inexistence d'une corrélation entre la durée de la végétation et le rendement en 1990/91 peut être attribuée à l'influence d'une interaction génotype x attaque de maladies cryptogamiques (*Erysiphis graminis*, *Ustilago coronata avenae*, *Drechslera avena*) et au déficit hydrique à partir de début avril, défavorisant les variétés tardives.

Le coefficient de corrélation élevé de la campagne 1991/92 est dû aux pluies abondantes en avril après une longue période sèche, qui ont favorisé les variétés tardives beaucoup plus que les variétés précoces.

Le coefficient de corrélation de la période de végétation 1992/93 entre la durée de végétation et le rendement en MS est significatif mais relativement faible. Cela s'explique par l'impossibilité de continuer l'arrosage après le début de la récolte. Les génotypes tardifs ont donc souffert du stress hydrique à partir du stade remplissage des grains jusqu'au stade laiteux.

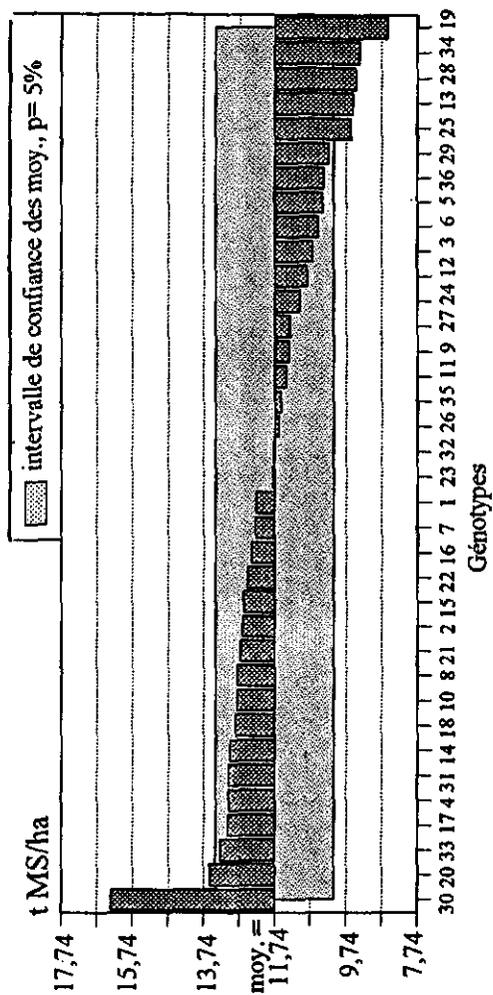


Fig. 1: Rendements en t MS/ha au stade laiteux, campagne 1990/91

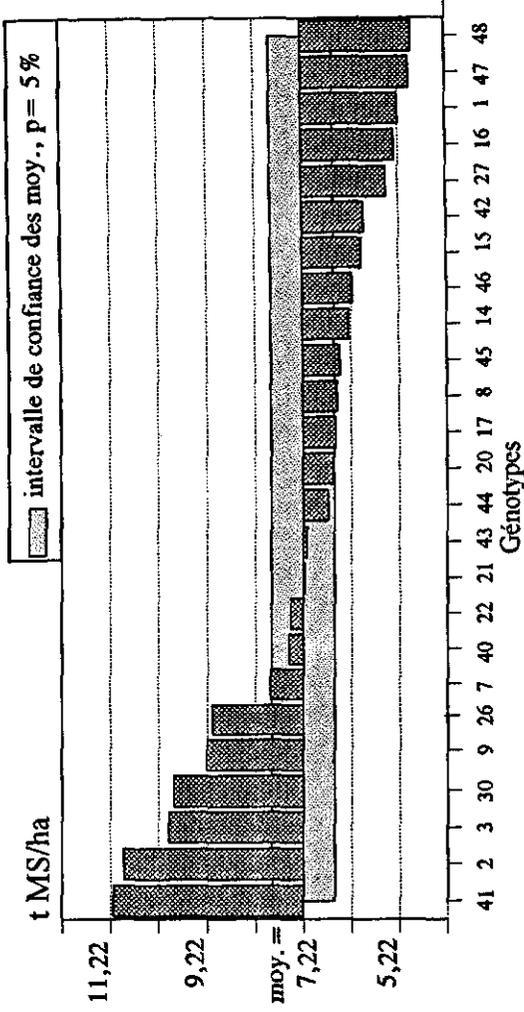


Fig. 2: Rendements en t MS/ha au stade laitieux, campagne 1991/92

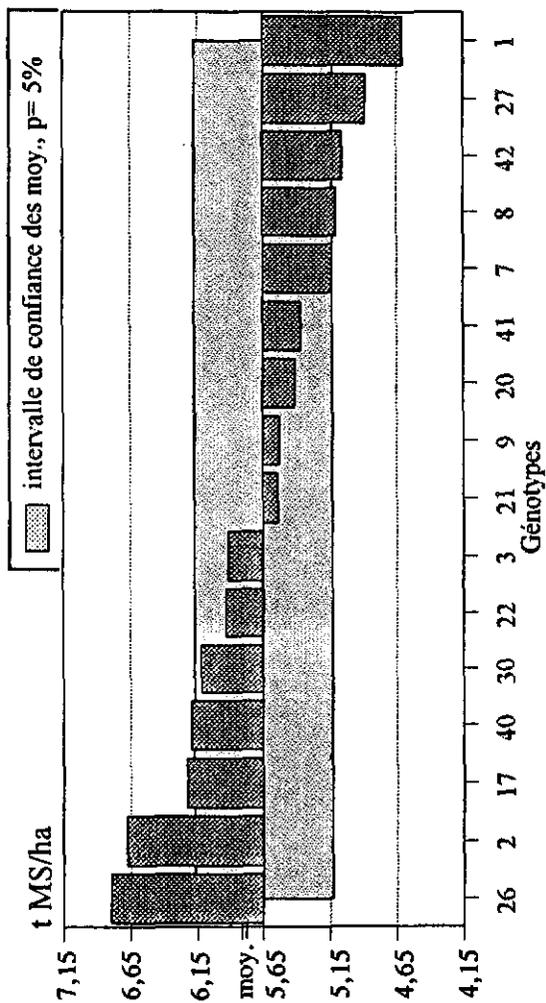


Fig. 3: Rendements en t MS/ha au stade laitieux, campagne 1992/93

Morphologie et valeur nutritive

Le rapport pondéral panicule/pousse restante a été choisi comme indice de la morphologie. En 1990/91, la moyenne des 36 géotypes a été de 0,44 avec un écart moyen élevé de 122,7%.

Tabl. 2: Rapport panicule/pousse restante et caractéristiques de la valeur nutritive, campagne 1990/91

Paramètres	Valeur la plus basse	Valeur la plus élevée	Moyenne arithmétique	Variance de la moyenne
Rapport panicule/pousse restante	0,14	0,68	0,44	0,057
Protéines brutes (% de la MS)	4,61	7,56	6,01	0,504
ADF (% de la MS)	36,01	43,79	39,98	1,244
DMO (%)	51,38	59,14	56,27	1,032

La valeur nutritive a été définie par les teneurs en protéines brutes et en ADF ainsi que par la digestibilité de la matière organique. La teneur moyenne des géotypes en protéines brutes a été de 6,0% et de celle de l'ADF de 40% avec des écarts moyens de 50% et 19,5% respectivement (tableau 2). La DMO moyenne a été de 56,3%, avec des valeurs extrêmes de 51,4% et 59,1%. Des différences significatives existent entre les géotypes concernant le rapport panicule/pousse restante ainsi que les trois paramètres de la valeur nutritive. Cependant, la corrélation entre le rapport panicule/pousse restante et la teneur en protéines brutes est faible ($r = 0,30^*$), et non significative par rapport à la teneur en ADF et la DMO. Cela signifie que le rapport panicule/pousse restante ne peut guère être utilisé pour prévoir la valeur nutritive et que celle-ci doit être examinée individuellement pour chaque géotype.

Aptitude à l'ensilage

L'aptitude à l'ensilage a été caractérisée par le rapport GH/PT en fonction de la teneur en MS.

La teneur croissante en MS influe sur l'aptitude à l'ensilage par l'accroissement de la pression osmotique qui contrôle les micro-organismes nuisibles à l'ensilage. Bien que la coupe ait toujours été effectuée au stade laiteux, les teneurs en MS ont considérablement varié en fonction de l'année et du génotype. Les teneurs en MS supérieures à 30% chez la plupart des génotypes trouvées en 1ère et 3ème année d'expérimentation ont favorisé le contrôle des micro-organismes nuisibles sensibles à une pression osmotique élevée. Par contre en 2ème année, 10 génotypes avaient une teneur en MS inférieure à 30%.

Les teneurs en MS ont varié en 1990/91 entre 29,9 et 47,8%, en 1991/92 entre 24,9 et 40,8% et en 1992/93 entre 27,1 et 42,8% (tableau 3).

Tabl. 3: Teneurs en MS et rapport glucides hydrosolubles/pouvoir tampon

Paramètres	Période de végétation	Nombre de génot.	Valeur la plus basse	Valeur la plus élevée	Moyenne de l'essai
Teneur en MS	1990/91	36	29,9	47,8	36,0
	1991/92	25	24,9	40,8	31,5
	1992/93	16	27,1	42,8	37,0
GH/PT	1991/92	5	2,79	4,51	3,79
	1992/93	16	3,54	9,61	5,07

Les quotients GH/PT moyens des génotypes se sont élevés en 1991/92 et 1992/93 à 3,79 et 5,07 respectivement, avec des différences significatives entre les génotypes (tableau 3). Le quotient nettement plus élevé de 1992/93 peut être expliqué par la sécheresse de cette campagne, provoquant un accroissement de la concentration de GH par rapport à celle du PT.

Selon l'interprétation du rapport entre le quotient GT/PT et la teneur en MS par Weissbach *et al.* (1977), la teneur en MS minimale devait s'élever à 22,7% pour le quotient GH/PT (2,79) obtenu en 1991/92. La teneur minimale en MS a été dépassée dans nos essais par tous les génotypes testés, autrement dit aussi bien les génotypes d'avoine que le génotype de triticales ont été indiqués aptes à l'ensilage.

Il n'y a pas de corrélation significative entre le rapport panicule/pousse restante et le quotient GH/PT en 1991/92 et 1992/93. Cependant, la corrélation entre GH et le rapport panicule/pousse est significative en 1991/92 avec $r = -0,67^*$ et en 1992/93 avec $r = -0,37^*$. La corrélation entre le rapport panicule/pousse restante et le PT est également significative en 1991/92 avec $r = -0,76^{**}$ et en 1992/93 avec $r = -0,53^*$. Cela signifie que le rapport panicule/pousse restante détermine pour les deux années plus le pouvoir tampon que la teneur en GH.

Qualité de l'ensilage

En vue d'apprécier la qualité de l'ensilage des échantillons de la campagne 1991/92, le pH, la teneur en azote ammoniacal et le pourcentage des fermentaires dans la MS ont été déterminés. Pour les échantillons de la campagne 1992/93, seul le pH a été déterminé.

Tabl. 4: Qualité de l'ensilage en moyenne de 5 génotypes d'avoine et d'un génotype de triticales (entre parenthèses), campagne 1991/92

Paramètres	Valeur la plus basse	Valeur la plus élevée	Moyenne de l'essai	Ecart
pH	4,7 (4,7)	5,8	5,3	0,14
N de NH ₃ (% de N total)	19,3 (11,3)	45,0	30,2	4,38
Acide lactique (% de la MS)	0,00	1,06 (1,61)	0,57	0,444
Acide isovaléri- annique (% de la MS)	1,48 (0,40)	2,79	2,21	0,300
Acide butyrique (% de la MS)	0,32 (0,18)	3,56	2,34	0,47

Le pH le plus bas de 4,7 a été trouvé dans l'ensilage du génotype 17 et du génotype de triticales (tableau 4). La moyenne de l'essai était de 5,3. Les teneurs en azote ammoniacal (en % de N total) ont varié entre 19,3 et 44,9 dans les ensilages d'avoine et ont atteint 11,3 dans l'ensilage de triticales (tableau 4). Les faibles teneurs en acide lactique de l'avoine comprises entre 0,00 et 1,06 et chez le triticales (1,61) indiquent que la fermentation lactique n'a pas été efficace. Cela est confirmé par les teneurs élevées en acide isovalérianique et acide butyrique, preuves d'une mauvaise fermentation (tableau 4). Les meilleurs ensilages ont été obtenus avec le triticales et non avec l'avoine.

Suite à ces résultats décevants, la préparation de l'ensilage a été complétée en 1992/93 par inoculation avec *Lactobacillus*. Les échantillons inoculés ont atteint un pH moyen de 3,8 contre 4,4 dans les échantillons non inoculés (tableau 5). L'écart entre les valeurs extrêmes est dans le traitement non inoculé plus grand que dans le traitement inoculé. La valeur la plus basse a été de 3,7 dans le traitement inoculé et de 3,9 dans le traitement non inoculé; la valeur la plus élevée a été de 3,9 dans le traitement inoculé et de 5,0 dans le traitement non inoculé.

Tabl. 5: Variabilité du pH d'ensilages inoculés et non inoculés

Traitement	Valeur la plus basse	Valeur la plus élevée	Moyenne de l'essai
non inoculé	3,99	5,00	4,4
inoculé*	3,73	3,91	3,8

* avec *Lactobacillus* 1188 des Ets. Pioneer

Dans les ensilages stables, on trouve entre 1,5 et 3,5 % d'acide lactique dans la MS, jusqu'à 0,1 % d'acide butyrique et jusqu'à 10% d'azote ammoniacal de N total; l'acide isovalérianique n'est pas démontrable. Les échantillons d'ensilage d'avoine de l'année 1991/92 ont montré des teneurs beaucoup plus basses en acide lactique et des teneurs plus élevées en acide butyrique et en azote ammoniacal. Des teneurs proches de celles d'un ensilage stable n'ont été trouvées que dans les ensilages de triticales. Une explication plausible de la mauvaise fermentation dans les échantillons d'avoine en 1991/92 n'a pas pu être trouvée.

Tous les échantillons inoculés de l'année 1992/93 ont eu des pH inférieurs à la valeur critique. Chez les échantillons non inoculés, le pH critique a été dépassé néanmoins par les 3 génotypes 1, 17 et 27.

Les analyses de la qualité de l'ensilage montrent que la réussite de l'ensilage peut varier entre les années dans les conditions présentes. L'activité microbienne peut être inhibée par les constituants actifs des plantes (McDonald *et al.* 1991). Nous supposons cependant que la non-réussite de l'ensilage de l'année 1991/92 est plutôt liée à une diminution de la population de *Lactobacillus* due à des facteurs d'environnement, par exemple l'irradiation UV.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent à tous ceux qui ont contribué aux activités résumées dans cet article, et particulièrement à MM. G. Jaritz et W. Opitz von Boberfeld pour leurs conseils et encouragements ainsi que pour la traduction. Je tiens à remercier également Mme Ruser des Ets. Pioneer pour l'envoi des *Lactobacillus*, de même que Mme Bouinidane pour la dactylographie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bassler, R. und H. Buchholz (1993). Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Ergänzungslieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Bruckner, P.L. and W.W. Hanna (1990). In vitro digestibility of fresh leaves and stem of small-grain species and genotypes. *Crop Sci.* **30**, 196-202.
- Brundage, A.L., R.L. Taylor and V.L. Burton (1979). Relative yields and nutritive values of barley, oat, and peas harvested at four successive dates for forage. *J. Dairy Sci.* **62**, 740-5.
- Conway, E. J. (1962). Microdiffusion analysis and volumetric error. Crosby, Lockwood and Son Ltd., London.
- Fehrmann, E. und T. Müller (1990). Jahresverlauf des epiphytischen Mikrobenbesatzes auf einem Graslandstandort. *Wirtschaftseig. Futter* **36**, 66-78.

- Goering, H.K. and P.J. van Soest (1972). Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agriculture Handbook 379, U.S. Department of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington.
- Haigh, P.M. (1990). Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. *Grass and Forage Sci.* 45, 263-71.
- Jaritz, G. (1994). Vers une culture plus performante de l'avoine fourragère. *Dans: La Production Fourragère dans la Zone Nord du Maroc. Compte rendu de l'atelier de travail, Tanger 21-24 mars 1994 (édité par Bounejmate, M.).* 53-74.
- Jeroch, H., G. Flachowsky und F. Weissbach (1993). *Futtermittelkunde*. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kilcher, M.R. and J.E. Troelsen (1973). Contribution and nutritive value of the major plant components of oats through progressive stages of development. *Can. J. Plant Sci.* 53, 251-6.
- Lawes, D.A. and D.I.H. Jones (1971). Yield, nutritive value and ensiling characteristics of whole-crop spring cereals. *J. agric. Sci. Camb.* 76, 479-85.
- McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron (1991). *The Biochemistry of Silage*. Second ed., Chalcombe Publications, Marlow, Bucks.
- Menke, K.-H. und H. Steingass (1986). Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. I. Untersuchungen zur Methode. *Übers. Tierernährung* 14, 251-70.
- Menke, K.-H. und H. Steingass (1987). Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II. Regressionsgleichungen. *Übers. Tierernährung* 15, 59-94.
- Opitz v. Boberfeld, W. (1994). *Grünlandlehre: Biologische und ökologische Grundlagen*. UTB für Wissenschaft, Ulm.
- Pentonen-Sianio, P. (1991). High phytomass producing oats for cultivation in northern growing conditions. *Crop Sci.* 166, 90-5.

- Ruser, B. (1989). The occurrence of lactic acid bacteria on forage crops. Proc. 16th Intern. Grassl. Congr. Nice 2, 977-8.
- Stuthman, D.D. and G.C. Marten (1972). Genetic variation in yield and quality of forage. *Crop Sci.* 12, 831-3.
- Theune, H.H. (1979). Gaschromatische Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren einschließlich Ethanol und Milchsäure aus Gärfutter. Ein Methodenvergleich. Kongreßband 1978. *Landw. Forsch.* 26, 540-7.
- Weissbach, F. (1967). Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Vergärbarkeit. Deutsche Akad. Landw. Tagungsbericht 92, 211-20.
- Weissbach, F., L. Schmidt, G. Peters, E. Hein, K. Berg, G. Weise und O. Knabe (Hrsg., 1977). Methode und Tabelle zur Schätzung der Vergärbarkeit. 3. Aufl., Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin.
- Yemm and Willis (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal* 57, 508-14.