

Matière grasse et composition en acides gras des fourrages conservés

Yves Arrigo, Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux

Renseignements: Yves Arrigo, e-mail: yves.arrigo@alp.admin.ch, tél. +41 26 40 77 264



Remplissage des caisses pour la déshumidification par air pulsé à 30 °C et moins de 40 % d'humidité.

Introduction

Les acides gras (AG) libérés peuvent jouer un rôle sur les caractéristiques chimiques, organoleptiques et diététiques des denrées alimentaires d'origine animale (Morand-Fehr et Tran 2001). La teneur en matière grasse (MG) et les proportions en AG de l'herbe conservée peuvent être

influencées par la méthode de conservation (Dewhurst et King 1998 ; Nada et Delic 1976). La plupart des études évaluent les répercussions des AG du fourrage sur la MG du lait (Morel *et al.* 2006a et b). Cet essai étudie la variation des teneurs en MG et en AG des fourrages conservés de différentes manières par rapport à celles de l'herbe d'origine. Il termine le projet consacré aux influences de la conservation sur les teneurs en acides aminés (Arrigo 2006) et sur la digestibilité et les teneurs en minéraux des fourrages conservés (Arrigo 2007).

Matériel et méthodes

Del'herbe a été récoltée à deux stades de développement distincts de 30 jours, au premier cycle végétatif (2000 et 2002) et au troisième cycle (2001). L'herbe de la même parcelle a été conservée par congélation (-20 °C), par déshumidification (séchoir expérimental utilisant de l'air à 30 °C avec moins de 45 % d'humidité relative); par séchage en grange, par séchage au champ, par ensilage à 30 % matière sèche (MS) et à 50 % MS (Arrigo 2006).

Les échantillons d'herbe ont été prélevés à la récolte et ceux des conserves environ 200 jours plus tard. La MG des échantillons a été analysée par extraction à l'éther de pétrole. Les AG ont été déterminés par chromatographie en phase gazeuse à partir de la matière originale des fourrages.

Résultats et discussion

Les analyses botaniques effectuées lors de la fauche ont confirmé l'homogénéité du fourrage de la parcelle ; les fourrages étudiés étaient des mélanges de type équilibré (E) pour le premier cycle précoce 2000 et un mélange riche en graminées (G) pour le premier cycle tardif 2000. En 2001, les troisièmes cycles se définissaient comme fourrages riches en autres plantes (DF) et en 2002 les premiers cycles étaient classés comme fourrage équilibré dominé par le ray-grass (ER). Les analyses botaniques des échantillons prélevés lors de la mise en conserve révèlent une diminution des légumineuses et autres plantes (jusqu'à 10 %) à l'avantage des graminées. Cette différence est proportionnelle à l'intensité du travail

requis pour la conserve et fait suite aux pertes en feuilles des autres espèces dans le mélange fourrager. Ceci souligne l'influence potentielle des phénomènes survenant en aval du processus de conservation proprement dit (fermentations, pertes de jus, etc.) sur la valeur nutritive des fourrages conservés. Les résultats d'analyses de la MG et des AG exprimés en pourcentage des AG déterminés (C:8 à C24:1) sont exposés dans le tableau 1.

Influence du cycle et du stade de développement des plantes sur la matière grasse

L'herbe des repousses contient davantage de MG que les premiers cycles (26,1 vs 21,2 g/kg MS, $p < 0,05$; tabl. 2). Les teneurs en MG des fourrages récoltés au stade précoce étaient supérieures à celles des fourrages récoltés au stade tardif (26,1 vs 19,6 g/kg MS, $p < 0,001$; fig. 1). Ces résultats confirment les conclusions de Hawke (1963), qui estimait que «la teneur en extrait étheré des fourrages verts est d'autant plus élevée qu'ils sont jeunes, riches en feuilles et en lipides chloroplastiques».

Influence du mode de conservation sur la matière grasse

Les teneurs en MG des fourrages étudiés varient fortement: de 11,0 g/kg MS dans le foin tardif 2000 séché au champ à 40,1 g/kg MS dans l'ensilage 30 % de MS précoce 2000. Les teneurs en MG de l'ensilage 30 % de MS dépassent ($p < 0,001$) celles de l'herbe d'origine et des autres conserves (tabl. 3; fig. 2). Cette concentration

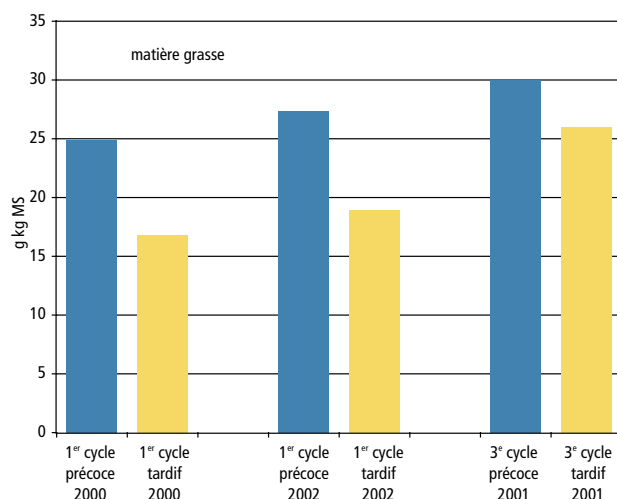


Figure 1 | Teneurs en matière grasse de l'herbe.

Résumé Cet article se penche sur les différences de teneurs en matière grasse (MG) et en acides gras (AG) observées entre les fourrages conservés et l'herbe d'origine. De l'herbe d'une même parcelle a été récoltée à deux stades différents (30 jours), pendant trois ans, et conservée avec six procédés différents. 42 échantillons ont été analysés par extraction à l'éther de pétrole pour la MG et par chromatographie en phase gazeuse pour les AG. Les teneurs en MG varient fortement (11 à 40 g/kg MS), les fourrages précoces ayant les teneurs les plus élevées (26 vs 20 g/kg MS, $p < 0,01$) et les repousses des teneurs supérieures à celles des premiers cycles (26 vs 21 g/kg MS, $p = 0,03$). Les conserves ensilées possèdent les teneurs les plus élevées (42 % de plus que celles de l'herbe) et les conserves par séchage au sol les plus faibles (30 % inférieures à l'herbe). L'acide linoléique est l'AG dominant avec un taux supérieur à 55 %. Les proportions en AG sont influencées par le stade de maturité. Les procédés de conservation par séchage réduisent le taux d'acide linoléique. Un fanage réalisé rapidement et en ménageant le fourrage sauvegarde les teneurs en MG et en AG.

plus élevée en MG des ensilages humides pourrait s'expliquer par la perte de nutriments hydrosolubles dans les jus de silo ou dans les produits fermentaires, concentrant ainsi la MG dans la MS. Les autres conserves ne se distinguent qu'au stade précoce ($p < 0,01$), où le séchage au champ a une teneur en MG inférieure à celle de l'herbe (19,5 vs 27,4 g/kg MS). Les teneurs plus basses en MG des fourrages secs par rapport à l'herbe d'origine pourraient être dues à l'oxydation et à la polymérisation des lipides polyinsaturés lors du fanage (Morand-Fehr et Tran 2001) ou à la perte des feuilles, Dewhurst *et al.* (2001) montrant l'importance de la proportion en feuilles sur la teneur en AG en fonction du mois. >

Tableau 1 | Teneurs en matière grasse (MG) et taux d'acides gras (%) dans les fourrages

	Herbe fraîche	congelée	déshumidifiée	séchée en grange	séchée au champ	ensilée à 30 % MS	ensilée à 50 % MS
MG (g/kg MS) ¹							
1c précoce 2000	24,9	19,6	23,7	21,1	18,0	40,1	30,2
1c tardif 2000	16,8	14,9	11,4	11,4	11,0	25,6	19,3
1c précoce 2002	27,4	23,7	24,2	20,9	17,8	35,1	28,1
1c tardif 2002	18,9	16,4	16,2	14,8	11,9	29,3	21,7
3c précoce 2001	30,0	30,0	25,2	23,6	22,8	36,2	26,4
3c tardif 2001	26,0	26,3	21,6	20,2	20,5	35,4	21,2
C16:0 % (ΣFS) ²							
1c précoce 2000	14,1	16,1	19,2	20,1	20,4	14,8	14,9
1c tardif 2000	19,0	20,4	21,7	25,2	29,4	17,4	19,5
1c précoce 2002	12,8	14,7	17,5	18,2	20,4	15,4	16,6
1c tardif 2002	16,8	19,2	21,6	23,1	27,7	18,0	20,0
3c précoce 2001	13,8	15,0	17,4	16,9	18,3	15,0	16,8
3c tardif 2001	15,6	16,4	18,8	19,3	20,4	15,9	18,9
C18:0 % (ΣFS) ³							
1c précoce 2000	1,4	1,8	2,5	2,3	2,4	1,3	1,5
1c tardif 2000	2,1	2,2	2,4	2,4	3,2	1,6	1,8
1c précoce 2002	1,4	1,7	1,9	1,9	2,0	1,5	1,6
1c tardif 2002	1,7	2,4	2,3	2,4	2,8	1,7	2,0
3c précoce 2001	1,1	1,4	1,6	1,5	1,5	1,2	1,5
3c tardif 2001	2,0	2,2	2,1	1,9	1,9	1,5	2,2
C18:1 % (ΣFS) ⁴							
1c précoce 2000	2,8	3,0	3,3	3,2	3,2	3,1	2,8
1c tardif 2000	4,5	5,1	5,3	5,3	7,2	4,9	4,1
1c précoce 2002	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	2,5	2,9
1c tardif 2002	3,6	4,0	4,1	4,1	5,1	3,7	3,6
3c précoce 2001	2,7	2,0	2,1	2,1	2,4	2,3	2,3
3c tardif 2001	4,3	4,6	4,5	3,8	3,5	3,5	3,8
C18:2 % (ΣFS) ⁵							
1c précoce 2000	16,7	15,7	18,1	18,1	17,7	16,8	17,2
1c tardif 2000	20,5	18,0	20,5	19,7	20,8	21,1	21,5
1c précoce 2002	16,0	14,1	18,2	17,8	18,2	16,9	18,7
1c tardif 2002	19,0	17,1	19,3	20,7	20,3	20,2	20,4
3c précoce 2001	14,2	12,6	15,8	14,7	15,6	16,0	15,4
3c tardif 2001	19,9	18,8	22,2	19,8	18,4	18,5	18,8
C18:3 % (ΣFS) ⁶							
1c précoce 2000	64,4	60,5	52,9	53,7	54,8	63,4	61,8
1c tardif 2000	54,0	52,7	50,2	47,4	39,4	53,5	51,9
1c précoce 2002	65,4	65,5	58,1	57,3	55,5	61,4	57,9
1c tardif 2002	57,2	57,4	51,2	48,1	41,8	53,6	51,7
3c précoce 2001	67,5	67,2	61,0	63,8	61,2	64,9	62,5
3c tardif 2001	58,2	56,4	51,3	54,1	54,5	52,1	46,2

¹MS matière sèche ; ² C16 :0 acide palmitique en pourcent des AG ; ³ C18 :0 acide stéarique ; ⁴ C18 :1 acide oléique ; ⁵ C18 :2 acide linoléique ; ⁶ C18 :3 acide linoléique

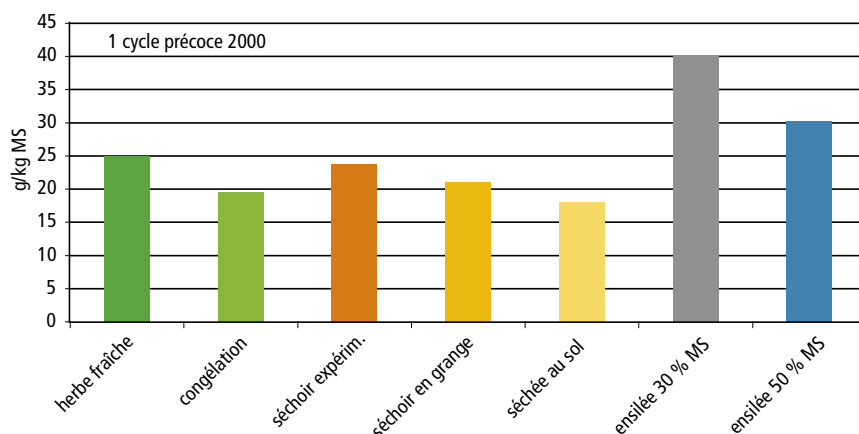


Figure 2 | Teneurs en matière grasse de l'herbe et de ses conserves.

Influence du mode de conservation sur les acides gras

Seules les teneurs en AG palmitiques avec $2,2 \pm 0,6$ g/kg MS, stéariques avec $0,2 \pm 0,1$ g/kg MS, oléiques avec $0,4 \pm 0,1$ g/kg MS, linoléiques avec $2,2 \pm 0,7$ g/kg MS et linoléiques avec $7,4 \pm 3,4$ g/kg MS sont suffisantes pour permettre des comparaisons; les autres AG présentant des teneurs faibles ($< 0,1$ g) ou en dessous des seuils de détection. La somme des AG dans la MS représente en moyenne 53,4 % de la MG, ce rapport étant plus faible dans les fourrages tardifs (47,6 %) que dans les précoces (58,8 %) ($p < 0,001$). Sauf dans l'ensilage à 30 % de MS, les teneurs en acides gras des conserves sont inférieures à celles de l'herbe d'origine ($p < 0,001$). Elgersma *et al.* (2003) relèvent des teneurs inférieures à l'herbe d'origine, particulièrement pour les acides oléique et linoléique, dans des ensilages très préfanés (> 70 % MS). Cette réduction serait due à l'action de micro-organismes ou d'enzymes d'origine végétale pendant les processus de fermentation. Il existerait une autre hypothèse, mais qui n'a pas été confirmée, selon laquelle la réduction en acides gras serait causée par une dégradation enzymatique dès la coupe de l'herbe.

Acide palmitique (C16:0) : au stade précoce, la part de C16:0 de l'herbe (13,6%) se distingue des parts des conserves humides (15,3 – 15,1 %, $p < 0,01$), elles-mêmes inférieures à celles des fourrages séchés ($> 18,1$ %; $p < 0,01$). Au stade tardif, seul le taux en C16:0 du foin séché au champ (25,9 %) dépasse celui des conserves humides congelées et ensilées à 30 % de MS ($< 19,5$ %; $p < 0,01$).

Acide stéarique (C18:0) : la part en C18:0 est la plus faible des cinq AG retenus (1,9 %). Elle varie de 1,1 % dans l'herbe du troisième cycle précoce à 3,2 % dans le foin séché au champ du premier cycle tardif 2000. Tous cycles

et stades confondus, les conserves ne se distinguent pas entre elles pour cet AG.

Acide oléique (C18:1) : la part en C18:1 dans les AG est plus faible dans les fourrages précoces que dans les tardifs (2,6 vs 4,4 % ; $p < 0,001$). Le mode de conservation ne permet pas de différencier les taux de C18:1.

Acide linoléique (C18:2) : la part en C18:2 est plus basse dans les fourrages précoces que dans les tardifs (16,4 vs 19,8 % ; $p < 0,001$). Les proportions les plus faibles sont enregistrées, pour les deux cycles et les deux stades, dans

Tableau 2 | Teneurs en matière grasse (MG) et acides gras totaux (AG_{totaux}) en g/kg MS et proportions des AG en % des AG_{totaux} selon le cycle ou le stade de développement

	1 ^{er} cycle	3 ^e cycle	S _x	p	précoce	tardif	S _x	p
n:	28	14			21	21		
MG	21,2 ^a	26,1 ^b	1,4	0,03	26,1 ^a	19,6 ^b	1,3	<0,01
AG _{totaux}	12,2	13,5	1,1	0,42	16,0 ^a	9,3 ^b	0,8	<0,001
C16:0 (%)	19,1	17,0	0,7	0,07	16,6 ^a	20,2 ^b	0,7	<0,001
C18:0 (%)	2,0 ^a	1,7 ^b	0,9	0,04	1,7 ^a	2,1 ^b	0,1	<0,001
C18:1 (%)	3,7	3,1	0,2	0,12	2,6 ^a	4,4 ^b	0,1	<0,001
C18:2 (%)	18,5	17,2	0,5	0,06	16,4 ^a	19,8 ^b	0,3	<0,001
C18:3 (%)	55,1	58,6	1,4	0,10	61,0 ^a	51,6 ^b	1,0	<0,001

Les valeurs sur la même ligne portant un indice différent sont statistiquement différentes. S_x erreur standard de la moyenne

Tableau 3 | Teneurs en matière grasse (MG) et acides gras totaux (AG_{totaux}) en g/kg matière sèche et proportions des acides gras en % des AG_{totaux} selon la conserve aux 1ers cycles précoces, n: 2

	Herbe	Congélation	Déshu- midification	En grange	Au champ	Ensilage 30%	Ensilage 50%	S _x	p
MS(g/kg) ¹	166 ^d	175 ^d	864 ^a	890 ^a	873 ^a	280 ^c	477 ^b	2,1	<0,001
MG ²	26,2 ^{bc}	21,7 ^{cd}	24,0 ^{bcd}	21,0 ^{cd}	17,9 ^d	37,6 ^a	29,2 ^b	1,4	<0,001
AG _{totaux} ³	19,9 ^{ac}	17,0 ^{ab}	13,6 ^{bc}	11,6 ^b	11,1 ^b	22,1 ^a	18,9 ^{ab}	1,6	<0,01
C16:0 (%)	13,5 ^b	15,4 ^b	18,4 ^a	19,2 ^a	20,4 ^a	15,1 ^b	15,8 ^b	0,7	0,002
C18:0 (%)	1,4	1,7	2,2	2,1	2,2	1,4	1,5	0,2	0,03
C18:1 (%)	2,6	2,7	2,9	3,0	3,0	2,8	2,8	0,3	0,92
C18:2 (%)	16,4 ^{ab}	14,9 ^b	18,1 ^a	17,9 ^a	18,0 ^a	16,8 ^a	18,0 ^a	0,4	<0,01
C18:3 (%)	64,9 ^a	63,0 ^{ab}	55,5 ^b	55,5 ^{ab}	55,2 ^{ab}	62,4 ^{ab}	59,9 ^{ab}	1,8	0,02

¹Matière sèche, ² Matière grasse, ³ Acides gras totaux

Les valeurs sur la même ligne portant un indice différent sont statistiquement différentes.

S_x erreur standard de la moyenne

la conservation par congélation; au premier cycle précoce, elle se différencie ($p < 0,01$) des autres conserves mais pas de l'herbe. Les proportions les plus élevées se retrouvent dans les fourrages séchés au champ, déshumidifiés ou ensilés à 50 % de MS.

Acide linoléique (C18:3) : l'acide gras C18:3 constitue la plus forte proportion des AG, avec 56,3 % en moyenne, ce taux pouvant varier fortement de 39,4 % (foin tardif séché au champ en 2000) à 67,5 % (herbe du troisième cycle précoce 2001). Les taux de C18:3 des fourrages tardifs sont inférieurs à ceux des précoces (51,6 vs 61,0 % ; $p < 0,01$). Les fourrages séchés et l'ensilage à 50 % de MS présentent à tous les cycles et à tous les stades des taux légèrement inférieurs à ceux de l'herbe et des conserves humides congelées et ensilées à 30 % de MS ($p > 0,05$).

Conclusions

- Le stade et le mode de conservation jouent un rôle plus important que celui du cycle sur la teneur en MG et en AG.
- Excepté pour les ensilages, les conserves réduisent les teneurs en MG de l'herbe d'origine, ce qui a aussi été démontré dans d'autres essais à ALP (Morel *et al.* 2006b).
- Les proportions plus élevées en AG C16:0, C18:0, C18:1 aux dépens du C18:3 des conserves séchées par rapport aux conserves humides ont été démontrées et confirment que la durée du séchage influence ces concentrations.
- Afin de sauvegarder les teneurs en MG et AG insaturés (C18:3) de l'herbe, le fanage doit être réalisé rapidement tout en ménageant le fourrage pour conserver les précieux nutriments contenus dans ses feuilles. ■

Riassunto**Tenore in materia grassa e composizione in acidi grassi di foraggio conservato**

Il presente articolo descrive in quale misura i tenori in materia grassa (MG) e acido grasso (AG) dei foraggi conservati si differenziano da quelli dell'erba d'origine. Per tre anni è stata raccolta da una stessa particella erba a due stadi di sviluppo diversi (30 giorni) e in seguito conservata in base a sei processi differenti. Sono stati analizzati 42 campioni mediante estrazione con etere di petrolio per la MG e cromatografia in fase gassosa per l'AG.

I tenori in MG variano fortemente (11-40 g/kg MS): il foraggio precoce presenta i valori più alti (26 vs. 20 g/kg MS $p < 0,01$); le piante al terzo taglio hanno tenori superiori a quelle dei primi cicli (26 vs. 21 g/kg MS $p = 0,03$). Ad avere i tenori più elevati sono gli insilati (superiori del 42 % a quelli dell'erba), mentre il foraggio essiccato nei campi presenta quelli più bassi (inferiori del 30 % a quelli dell'erba). L'acido linolenico è l'AG dominante con un tasso superiore al 55 per cento. Le percentuali di AG sono influenzate dallo stadio di maturazione, mentre quelle di acido linolenico sono ridotte dai processi di essiccazione. Al fine di conservare i tenori di MG e AG presenti nell'erba, la fienagione deve essere effettuata rapidamente e trattando con cura il foraggio.

Summary**Fat and fatty acids in preserved forages**

This article shows the difference in fat and fatty acid levels between preserved forages and grass. Grass was harvested from the same plot of land at two different stages (30 days apart) over three years and stored using six different processes. 42 samples were analysed by extraction using petroleum ether for fat and by gas chromatography for fatty acids.

There was considerable variation in the fat levels (11 to 40 g/kg dry matter (DM)): fodder cut early showing the highest levels (26 versus 20 g/kg DM $p < 0,01$), and regrowth higher levels than the first cycle (26 versus 21 g/kg MS $p = 0,03$). Fodder stored as silage had the highest fat level (42 % more than grass content) and fodder dried on the ground the lowest (30 % less than grass content). Linolenic acid was the most important fatty acid with > 55 %. Fatty acid proportions are influenced by the stage of maturity and dry conservation methods reduce linolenic acid proportion. Grass harvested quickly as well as careful handling of the fodder maintain the fat and fatty acid levels.

Key words : fat, fatty acids, preserved forages.

Bibliographie

- Arrigo Y., 2006. Influence du cycle, du stade et du mode de conservation sur la teneur en acides aminés des fourrages. *Rev. suisse Agric.* **38** (5), 247–252.
- Arrigo Y., 2007. Influence du mode de conservation, du cycle et du stade sur la digestibilité et les teneurs en minéraux de l'herbe. *Rev. suisse Agric.* **39** (4), 193–198.
- Dewhurst R. J. & King P. J., 1998. Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass and Forage Science* **53**, 219–224.
- Dewhurst R. J., Scollan N. D., Youell S. J., Tweed J. K. S & Humphreys M. O., 2001. Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass and Forage Science* **56**, 68–74.
- Elgersma A., Ellen G., van der Horst H., Muuse B. G., Boer H. & Tamminga S., 2003. Comparison of fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), affected by cultivar and regrowth interval. *Animal Feed Science and Technology* **108**, 191–205.
- Hawke J. C., 1963. Studies on the properties of New Zealand butterfat: the fatty acid composition of the milk fat of cows grazing on rye-grass at two stages of maturity and the composition of rye-grass lipids. *Journal of Dairy Research* **30**, 67–75
- Morand-Fehr P. & Tran G., 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Productions Animales* **14**, 285–302.
- Morel I., Wyss U., Collomb M. & Bütikofer U., 2006a. Influence de la composition botanique de l'herbe ou du foin sur la composition du lait. *Rev. suisse Agric.* **38** (1), 9–15.
- Morel I., Wyss U., Collomb M. & Bütikofer U., 2006b. Influence de la composition botanique de l'herbe ou de l'ensilage sur la composition du lait. *Rev. suisse Agric.* **38** (3), 115–120.
- Nada V., Delic I., 1976. The changes of lipids and amino-acids in leaves of wilting green alfalfa. *Veterinaria* **25**, 137–140.