




Composition en acides gras du lait de brebis produit à diverses altitudes

M. COLLOMB, U. BÜTIKOFER, J. MAURER et R. SIEBER, Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Schwarzenburgstrasse 161, 3003 Berne

 E-mail: maris.collomb@alp.admin.ch
Tél. (+41) 31 32 38 133.

Introduction

De précédents essais sur du lait de vache avaient démontré des différences de concentrations significatives entre certains acides gras de la matière grasse du lait provenant de plaine et des étages montagnard et subalpin. Par exemple, une augmentation importante et significative des teneurs en acides gras conjugués (conjugated linoleic acid = CLA) et en acides gras oméga-3 avait été observée en fonction de l'altitude (Collomb *et al.*, 2001; Collomb *et al.*, 2002a). La diversité botanique était plus variée dans les prairies naturelles d'altitude que dans les prairies artificielles de plaine et des corrélations significatives avaient pu être établies entre les espèces de plantes et les concentrations en divers acides gras (Collomb *et al.* 2002b). Leiber (2005) a suggéré que la déficience en énergie liée à l'altitude ou que l'inhibition de la biohydrogénation ruminale par des composants secondaires des plantes comme les tanins pourraient jouer un rôle important. Concernant les oméga-3, nos résultats ont été confirmés par Hauswirth *et al.* (2004) qui ont également mesuré une teneur plus élevée dans du fromage du Pays d'En-haut.

Des données ont été publiées sur la composition en acides gras de lait de brebis (Hampel *et al.* 2004; Jahreis *et al.* 1999; Ruiz-Sala *et al.* 1996), sur l'influence de l'affouragement (Addis *et al.* 2005; Cabiddu *et al.* 2005; Kitessa *et al.* 2003) comme sur les teneurs en CLA (Hampel *et al.* 2004; Jahreis *et al.* 1999; Luna *et al.* 2005). Les connaissances sont cependant lacunaires au sujet des teneurs en acides gras du lait provenant

Résumé

La composition en acides gras a été déterminée dans du lait de brebis produit en plaine et dans les étages montagnard et subalpin. Des différences significatives sont apparues entre les trois altitudes. Contrairement au lait de vache, les acides gras du lait de brebis influencés par l'altitude ne sont pas toujours les mêmes, probablement en relation avec l'affouragement spécifique aux brebis (pâturage sur prairies naturelles, adjonction de concentrés contenant des graisses végétales). Cependant, comme dans le cas du lait de vache, le lait de brebis de la plus haute altitude est celui qui fournit les concentrations les plus élevées en CLA et en oméga-3.

de diverses altitudes. Logiquement, l'altitude devrait produire des effets similaires à ceux constatés pour le lait de

vache et le but de cet essai était de confirmer ces résultats pour le lait de brebis.



Brebis au pâturage.

Matériel et méthodes

Choix des échantillons

Les échantillons de lait ont été prélevés en plaine à Salvenach (FR, 560 m), à l'étage montagnard à Monible (BE, 1000 m) et à l'étage subalpin à L'Étivaz (VD, 1500-1600 m). Dix échantillons de laits individuels de brebis par étage de végétation (au total trente laits) ont été analysés et la moyenne calculée. Des indications complémentaires sur l'essai (race, nombre d'animaux par troupeau, stade de lactation, fourrage, concentrés, sels minéraux et date de la prise d'échantillons) sont données dans le tableau 1. La quantité de concentré affouragée est similaire en plaine et à l'étage montagnard et inférieure à l'étage subalpin. La composition des concentrés est donnée dans le tableau 2.

Dosage des acides gras et des CLA

Le dosage des acides gras – y compris des groupes d'isomères des CLA – de la matière grasse du lait de brebis a été effectuée par chromatographie gaz-liquide (GC) (Collomb et Bühler, 2000) et celui des isomères individuels des CLA par chromatographie liquide-liquide avec ions Ag^+ (Ag^+ -HPLC) (Collomb *et al.* 2004). Pour la première technique, on a utilisé un appareil Agilent 6890 avec injecteur *on column* et un détecteur à ionisation de flamme. La matière grasse pure a été dissoute dans l'hexane et les glycérides transestérifiés en esters méthyliques d'acides gras par une solution de KOH dans le méthanol. Les acides gras ont été séparés sur une colonne capillaire CP-Sil 88 (Varian BV, 100 m × 0,25 mm × 0,20 μ m) et quantifiés à l'aide d'ester méthylique d'acide nonanoïque en tant que standard interne. La séparation des isomères des CLA individuels par Ag^+ -HPLC (Agilent LC 1100 équipé d'un détecteur UV opérant à 234 nm) a été effectuée sur trois colonnes de ChromSpher5, montées en série (Chrompack, en acier, 250 × 4,6 mm, particules de 5 μ m). Les concentrations en isomères individuels sont calculées à l'aide de celles des trois isomères t7c9+t8c10+c9t11 non séparés obtenues par GC. Tous les résultats sont exprimés en valeurs absolues (g par 100 g de matière grasse).

Résultats et discussion

Les acides gras se différencient

Les concentrations de divers acides gras du lait de brebis provenant de la plaine (Salvenach), de l'étage montagnard (Monible) et de l'étage subalpin (L'Étivaz) sont significativement différentes (tabl. 3). Parmi les acides gras dont les concentrations sont supérieures à 0,1 g/100 g de matière grasse, les teneurs en acides caproïque (C6), caprylique (C8), caprique (C10), caproléique

Tableau 1. Caractéristiques des troupeaux de brebis et type de fourrage aux trois altitudes expérimentales.

Paramètre	Plaine Salvenach (FR)	Etage montagnard Monible (BE)	Etage subalpin L'Étivaz (VD)
Race	frisonne	frisonne	lacaune
Nombre d'animaux	90	50	300
Altitude du pâturage (m)	560	1000	1500-1600
Stade de lactation (mois)	1-2	2-3	6
Fourrage	pâturage (herbe)	pâturage (herbe)	pâturage (herbe)
Concentré (g/jour)	400	300	160
Sels minéraux (g/jour)	pierre à lécher	50	pierre à lécher
Date d'échantillonnage	fin juin 2004	fin juin 2004	mi-juillet 2004

Tableau 2. Composition des concentrés.

Concentré	Salvenach (FR) UFA 242	Monible (BE) UFA 277 Bio	L'Étivaz (VD) UFA 272 17%
Protéines brutes (g/100 g)	17	39	17
Graisse (g/100 g)	5,5	5,5	5,5
Fibres brutes (g/100 g)	5,5	9,	8,5
NEL (MJ/kg)	7,0	6,7	7,0
Ca (g/kg)	8,0	9,5	10,0
P (g/kg)	5,5	7,0	5,0
Na (g/kg)	1,5	1,5	1,6

Tableau 3. Acides gras du lait de brebis produit à diverses altitudes (n = 10 par altitude; concentrations en g/100 g de matière grasse).

	Plaine Salvenach (FR)		Etage montagnard Monible (BE)		Etage subalpin L'Étivaz (VD)		P
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Concentrations significativement les plus élevées en plaine							
C18	12,23 ^a	1,00	10,88 ^b	1,67	9,59 ^c	0,88	***
C18:1 c9	19,63 ^a	1,92	17,55 ^b	1,84	14,06 ^c	1,94	***
C18:2 c9c15	0,04 ^a	0,01	0,03 ^b	0,01	0,03 ^b	0,01	**
Concentrations significativement les plus élevées en plaine et à l'étage montagnard							
C18:1 t13-14+c6-8	1,19 ^a	0,18	1,24 ^a	0,26	1,00 ^b	0,16	*
C18:1 c11	0,48 ^a	0,05	0,52 ^a	0,05	0,43 ^b	0,03	***
C18:1 c12	0,24 ^a	0,02	0,27 ^a	0,05	0,14 ^b	0,03	***
C18:1 c13	0,06 ^a	0,01	0,06 ^a	0,01	0,05 ^b	0,01	**
C19	0,16 ^a	0,02	0,19 ^a	0,02	0,16 ^b	0,02	**
C20:1 c11	0,05 ^a	0,01	0,05 ^a	0,01	0,04 ^b	0,00	***
Concentrations significativement les plus élevées en plaine et à l'étage subalpin							
C18:2 ttNMID	0,17 ^a	0,04	0,14 ^b	0,03	0,19 ^a	0,03	*
C18:2 t11c15+t9c12	0,67 ^a	0,11	0,55 ^b	0,12	0,71 ^a	0,14	*
Concentrations significativement les plus élevées à l'étage montagnard							
C5	0,05 ^b	0,00	0,06 ^a	0,01	0,05 ^b	0,01	**
C18:1 t4	0,02 ^b	0,01	0,03 ^a	0,01	0,01 ^c	0,00	***
C18:1 t5	0,02 ^b	0,00	0,03 ^a	0,01	0,01 ^c	0,00	***
C18:1 t6-8	0,27 ^b	0,04	0,32 ^a	0,05	0,22 ^c	0,03	***
C18:1 t9	0,35 ^b	0,03	0,39 ^a	0,06	0,30 ^c	0,03	***
C18:2 c9c12	2,29 ^b	0,23	3,24 ^a	0,39	2,22 ^b	0,33	***
C20:1 t	0,04 ^b	0,01	0,05 ^a	0,01	0,04 ^b	0,01	***
C20:3 (n-6)	0,02 ^b	0,01	0,03 ^a	0,01	0,02 ^b	0,01	***
C20:4 (n-6)	0,16 ^b	0,01	0,22 ^a	0,02	0,12 ^c	0,02	***
C22:6 DHA (n-3)	0,04 ^c	0,01	0,06 ^a	0,02	0,05 ^b	0,01	**
Concentrations significativement les plus élevées aux étages montagnard et subalpin							
C7	0,01 ^b	0,01	0,02 ^a	0,01	0,02 ^a	0,00	*
C12:1c/C13	0,07 ^b	0,01	0,11 ^a	0,02	0,10 ^a	0,01	***
C15	0,99 ^b	0,06	1,12 ^a	0,11	1,06 ^{ab}	0,09	*
C17	0,56 ^b	0,04	0,64 ^a	0,06	0,65 ^a	0,06	**
C18:3 c9c12c15	1,29 ^b	0,12	1,58 ^a	0,34	1,63 ^a	0,25	*
C22	0,13 ^b	0,02	0,14 ^a	0,01	0,16 ^a	0,02	**
C22:5 DPA (n-3)	0,13 ^b	0,01	0,16 ^a	0,02	0,15 ^{ab}	0,02	**

Tableau 3, suite. Acides gras du lait de brebis produit à diverses altitudes (n = 10 par altitude; concentrations en g/100 g de matière grasse).

	Plaine Salvenach (FR)		Etage montagnard Monible (BE)		Etage subalpin L'Etivaz (VD)		P
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Concentrations significativement les plus élevées à l'étage subalpin							
C6	1,50 ^c	0,18	1,73 ^b	0,18	2,11 ^a	0,27	***
C8	1,03 ^c	0,18	1,25 ^b	0,16	1,73 ^a	0,31	***
C10	2,68 ^b	0,47	3,26 ^b	0,51	4,79 ^a	1,07	***
C10:1	0,11 ^b	0,02	0,14 ^b	0,04	0,18 ^a	0,03	***
C12	2,05 ^b	0,20	1,90 ^b	0,19	2,65 ^a	0,44	***
C12 aiso	0,03 ^b	0,00	0,03 ^b	0,00	0,03 ^a	0,00	**
C14	7,30 ^b	0,39	6,89 ^b	0,61	8,17 ^a	0,59	***
C14:1c	0,09 ^b	0,02	0,09 ^b	0,03	0,12 ^a	0,03	*
C15 iso	0,27 ^b	0,02	0,28 ^b	0,03	0,31 ^a	0,03	**
C17 iso	0,06 ^b	0,01	0,06 ^b	0,01	0,08 ^a	0,01	***
C17:1t	0,04 ^b	0,01	0,04 ^b	0,01	0,05 ^a	0,01	*
C18:1 t10-11	3,82 ^b	0,69	4,18 ^b	0,74	5,02 ^a	0,59	**
C18:2 c9t11+t8c10+t7c9	1,70 ^b	0,29	1,87 ^b	0,44	2,23 ^a	0,39	*
C18:2 t11c13+c9c11	0,11 ^b	0,03	0,11 ^b	0,03	0,17 ^a	0,04	***
C20:2 c,c (n-6)	0,02 ^c	0,01	0,03 ^b	0,01	0,03 ^a	0,01	***
C20:3 (n-3)	0,01 ^b	0,00	0,01 ^b	0,00	0,02 ^a	0,01	***
C20:5 EPA (n-3)	0,07 ^b	0,01	0,07 ^b	0,01	0,09 ^a	0,01	***
Aucune différence							
C4	3,31	0,32	3,49	0,19	3,38	0,15	n.s.
C12 iso	0,04	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	n.s.
C13 iso	0,12	0,02	0,14	0,03	0,14	0,02	n.s.
C14 iso	0,31	0,02	0,32	0,05	0,31	0,03	n.s.
C14:1t	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	n.s.
C14 aiso	0,54	0,08	0,58	0,10	0,59	0,08	n.s.
C16	20,02	0,80	19,97	2,07	19,88	0,85	n.s.
C16 iso	0,44	0,02	0,45	0,05	0,41	0,04	n.s.
C16:1t	0,36	0,06	0,38	0,10	0,45	0,09	n.s.
C16 aiso	0,47	0,04	0,49	0,07	0,47	0,04	n.s.
C16:1c	0,59	0,10	0,55	0,09	0,58	0,11	n.s.
C17 aiso	0,21	0,02	0,21	0,03	0,20	0,03	n.s.
C18:1 t12	0,36	0,04	0,364	0,04	0,32	0,05	n.s.
C18:1 c14+t16	0,50	0,07	0,46	0,08	0,45	0,05	n.s.
C18:2 t9t12	0,012	0,01	0,012	0,07	0,02	0,01	n.s.
C18:2 c9t13+(t8c12)	0,50	0,05	0,45	0,09	0,42	0,09	n.s.
C18:2 c9.t12+(c,c-MID+t8c13)	0,43	0,03	0,42	0,05	0,36	0,11	n.s.
C20	0,28	0,02	0,30	0,02	0,29	0,04	n.s.
C18:3 c6c9c12	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	n.s.
C20:1 c5	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	n.s.
C20:1 c9	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	n.s.
C18:2 t9t11	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	n.s.

\bar{x} : moyenne, s_x : écart-type; t = trans, c = cis; DPA = acide docosapentaénoïque; EPA = acide éicosapentaénoïque; DHA = Acide docosahexaénoïque; lettres minuscules placées en exposant: concentrations significativement différentes, ^a = concentration la plus élevée (a > b > c); ANOVA: n.s. = non significatif, P > 0,05; * P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01; *** P ≤ 0,001

(C10:1), laurique (C12), myristique (C14), iso-pentadécanoïque (C15 iso), octadécénoïque *trans*10 + *trans*11 (C18:1 t10-11) et en divers CLA (C18:2 *cis* (c) 9t11+t8c10+t7c9, C18:2 t11c13+c9c11) sont plus élevées dans les laits provenant de l'étage subalpin tandis que les teneurs en acides stéarique (C18) et oléique (C18:1 c9) sont plus élevées en plaine.

Comme nous l'avions constaté pour le lait de vache (Collomb *et al.*, 2002a), les concentrations en acide α -linoléique (C18:3 c9c12c15), l'acide gras oméga-3 principal de la graisse de lait, et en CLA totaux sont les plus élevées dans le lait de brebis provenant de haute altitude. Pour les autres acides gras, il n'y a que peu de concordance entre les deux essais (tabl. 4), probablement pour les raisons suivantes:

□ en plaine, les brebis ont pâture sur des prairies naturelles alors que les vaches avaient été affouragées avec de l'herbe provenant de prairies artificielles. Des résultats récents d'essai d'ALP (non encore publiés) ont montré des différences de concentrations en acides gras entre les laits provenant de ces deux sources de fourrage: le lait de vaches affouragées en plaine avec de l'herbe de prairies naturelles avait des concentrations en CLA plus élevées d'environ 0,5 g/100 g de matière grasse que le lait de vaches nourries à l'herbe de prairies artificielles.

□ Le concentré contenant 5-6 g/100g de graisse végétale habituellement donné aux brebis (tabl. 2) peut aussi contribuer à faire varier notablement les concentration en acides gras du lait, surtout si l'on considère le poids relativement faible des brebis. Les quantités affouragées (400 g par animal en plaine et 160 g à l'étage sub-

Tableau 4. Comparaison de la composition en acides gras de laits de brebis et de vache produit à diverses altitudes.

Concentrations significativement les plus élevées	Lait de brebis	Lait de vache
En plaine	C18, C18:1 c9, C18:2 c9c15	C4, C6, C7, C8, C10, C10:1, C12, C12 aiso, C12:1+C13, C14, C14:1 c, C16, C16:1 c
En plaine et à l'étage montagnard	C18:1 t13-14+c6-8, C18:1 c11, C18:1 c12, C18:1 c13, C20:1 c11	C20:1 c11, C22
En plaine et à l'étage subalpin	C5, C18:2 ttNMID, C18:2 t11c15+t9c12	C17 aiso, C18:1 t13-14+c6-8, C18:1 c14+t16
A l'étage montagnard	C18:1 t4, C18:1 t5, C18:1 t6-8, C18:1 t9, C18:2 c9c12, C20:1 t, C20:3 (n-6), C20:4 (n-6)	C18, C18:1 t4, C18:1 c9, C18:1 t9, C20, C20:1 c9, C20:3 (n-3),
Aux étages montagnard et subalpin	C7, C12:1c/C13, C15, C17, C18:3 c9c12c15, C22, C22:5 DPA (n-3)	C13 iso, C14 iso, C15, C15 iso, C16 iso, C16 aiso, C17, C17 iso, C18:2 c9c12 (n-6), C18:1 t6+8, C18:1 t9t11, C20:1 t, C20:2 cc (n-6), C20:4 (n-6)
A l'étage subalpin	C6, C8, C10, C10:1, C12, C14, C14:1c, C15 iso, C17 iso, C17:1t, C18:1 t10-11, C18:2 c9t11+t8c10+t7c9, C18:2 t11c13+c9c11, C20:3 (n-3), C20:5 EPA (n-3)	C14 aiso, C16:1 t, C17:1 t, C18:1 t10-11, C18:1 c11, C18:2 ttNMID, C18:2 t11t15 (n-3)+t9c12, C18:2 c9t11, C18:2 c9c11 (t11c13), C18:1 t12 (n-6), C18:2 t9t12 (n-6), C18:2 c9t13+t8c12, C18:2 c9t12 (n-6)+(ccMID+t8c13), C18:3 c9c12c15 (n-3)

alpin) peuvent aussi expliquer les teneurs élevées en acides gras oléique et stéarique dans les laits de brebis de plaine, liées aux teneurs en acides insaturés des concentrés et à leur biohydrogénation dans la panse des ruminants. Par voie de conséquence, certains acides gras saturés sont donc plus abondants dans le lait de brebis de l'étage subalpin que dans celui de plaine.

Groupes d'acides gras

Le tableau 5 donne les concentrations en divers groupes d'acides gras. La concentration de la somme des acides gras à courte chaîne était plus élevée dans les laits provenant de l'étage subalpin. En revanche, la teneur en acides gras à longue chaîne était supérieure dans le lait de plaine. Pour les raisons citées plus haut, le lait alpin présente les concentrations en acides gras saturés les plus élevées. Dans les laits de plaine et de l'étage montagnard, la somme des acides gras insaturés et monoinsaturés est plus élevée que dans le lait de l'étage subalpin, tandis que la somme en acides gras polyinsaturés est supérieure dans les laits des étages montagnard et subalpin. Jahreis *et al.* (1999) ont trouvé dans le lait de brebis des teneurs en acides gras monoinsaturés de 23,0 et un taux d'acides polyinsaturés de 3,85% des acides gras totaux.

Les CLA dans la matière grasse de lait de brebis

Les acides gras conjugués n'apparaissent pratiquement que dans la matière grasse du lait et de la viande et on leur attribue une grande importance physiologique. Selon des essais entrepris avec des modèles animaux, ces acides peuvent avoir un effet antimutagène, anticarcinogène, réduire la pression sanguine et la graisse corporelle et fortifier le système immunitaire. Ces effets doivent encore être prouvés pour les êtres humains (Pariza, 2004; Roche *et al.*, 2001).

CLA totaux

Comme dans le lait de vache, les teneurs en CLA du lait de brebis dépendent des conditions d'affouragement propres à l'altitude (tabl. 5). Cependant, dans le lait de vache, des différences de concentrations significatives en CLA totaux avaient été constatées entre les trois étages de végétation (0,87, 1,61 et 2,36 g/100 g de matière grasse (Colomb *et al.* 2001); pour le lait de bre-

Tableau 5. Groupes d'acides gras du lait de brebis produit à diverses altitudes (g/100 g de matière grasse).

Σ d'acides gras	Plaine Salvenach (FR)		Etage montagnard Monible (BE)		Etage subalpin L'Etivaz (VD)		P
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Σ courtes chaînes ¹	8,69 ^c	0,95	9,96 ^b	1,00	12,26 ^a	1,69	***
Σ chaînes moyennes ²	33,69 ^{ab}	1,21	33,30 ^b	2,64	35,31 ^a	1,23	*
Σ chaînes longues ³	48,47 ^a	1,88	47,06 ^a	3,64	41,79 ^b	2,68	***
Σ saturés ⁴	54,78 ^b	2,14	54,43 ^b	2,40	57,25 ^a	2,13	*
Σ saturés C12, C14, C16	29,37	1,14	28,75	2,66	30,71	1,21	n.s.
Σ C18:1	26,94 ^a	1,53	25,39 ^a	1,95	22,00 ^b	1,90	***
Σ C18:2	5,97 ^b	0,44	6,86 ^a	0,52	6,37 ^{ab}	0,82	*
Σ insaturés ⁵	36,01 ^a	1,81	35,78 ^a	2,55	32,01 ^b	2,88	**
Σ monoinsaturés ⁶	28,24 ^a	1,54	26,69 ^a	1,96	23,47 ^b	2,07	***
Σ polyinsaturés ⁷	7,73 ^b	0,43	9,04 ^a	0,79	8,50 ^a	0,97	**
Σ CLA ⁸	1,85 ^b	0,32	2,01 ^b	0,47	2,43 ^a	0,42	*
Σ C18:1 t ⁹	6,03 ^b	0,72	6,54 ^{ab}	0,75	6,88 ^a	0,57	*
Σ C18:2 t sans CLA t ¹⁰	1,78	0,15	1,58	0,18	1,69	0,29	n.s.
Σ C18:2 t avec CLA t ¹¹	3,53	0,38	3,48	0,56	3,96	0,66	n.s.
Σ trans sans CLA t ¹²	8,26	0,87	8,59	0,85	9,11	0,66	n.s.
Σ trans avec CLA t ¹³	10,00 ^b	1,05	10,49 ^{ab}	1,17	11,38 ^a	1,00	*
Σ n-3 ¹⁴	2,25 ^b	0,12	2,47 ^{ab}	0,34	2,68 ^a	0,30	**
Σ n-6 ¹⁵	3,55 ^b	0,25	4,60 ^a	0,45	3,25 ^b	0,40	***

¹ C4 à C10:1; ² C12 à C16:1c; ³ C17 à C22:6; ⁴ C4 à C10, C12, C12 iso, C12 aiso, C13 iso, C14, C14 iso, C14 aiso, C15, C15 iso, C16, C16 iso, C16 aiso, C17, C17 iso, C17 aiso, C18, C19, C20 et C22; ⁵ C10:1, C14:1 ct, C16:1 ct, C17:1 t, C18:1 t4 bis C18:1 c14t16, C18:2 tNMD bis C18:2 c9c15, C20:1 t à C20:2 cc, C20:3 (n-6) à C22:6 (n-3); ⁶ C10:1, C14:1 ct, C16:1 ct, C17:1 ct, C18:1 -t4 à C18:1 c14t16, C20:1 t, C20:1 c5 à C20:1 c11; ⁷ C18:2 -tNMD à -c9c15, C18:3 -c6c9c12, C18:3 c9c12c15 à C20:2 cc, C20:3 cc, C20:3 à C22:6; ⁸ CLA total = somme (C18:2 c9t11+t8c10+t7c9) + (C18:2 t11c13+c9c11), C18:2t9t11); ⁹ C18:1t4 à C18:1t13-14+ c6-8; ¹⁰ C18:2 tNMD à C18:2 t11c15 + C18:2 t9c12); ¹¹ C18:2 t + CLA t (somme (C18:2 c9t11+t8c10+t7c9) + (C18:2 t11c13+c9c11) + C18:2 t9t11)); ¹² C14:1t, C16:1t, C17:1 t, C20:1t, C18:1 t + C18:2 tr (sans CLA t); ¹³ C14:1t, C16:1t, C17:1 t, C20:1t, C18:1 t + C18:2 t + CLA t; ¹⁴ C18:2 t11c15 + C18:2 c9c15, C18:3 c9c12c15, C20:3 n-3, C20:5, C22:5 et C22:6; ¹⁵ C18:1 t2, C18:1 c12, C18:2 t9t12, C18:2 c9t12+ (c,c-MID +t8c13), C18:2 c9c12, C18:3 c6c9c12, C20:2 cc, C20:3 n-6 et C20:4 n-6.

bis, de telles différences n'apparaissent qu'entre la plaine (1,85) et les étages montagnard et subalpin (2,01 et 2,43 g/100 g de matière grasse). Les teneurs en CLA totaux du lait de brebis de plaine

ou de l'étage montagnard étaient nettement supérieures à celles du lait de vache tandis que celles du lait de l'étage subalpin étaient similaires. Ces différences constatées en plaine sont liées à

Tableau 6. Composition en CLA du lait de brebis produit à diverses altitudes (n = 10 par altitude; g/100g de matière grasse).

Acides gras	Plaine Salvenach (FR)		Etage montagnard Monible (BE)		Etage subalpin L'Etivaz (VD)		P
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
C18:2 t12t14	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	n.s.
C18:2 t11t13	0,12 ^a	0,03	0,09 ^b	0,02	0,09 ^b	0,01	*
C18:2 t10t12	0,01 ^a	0,00	0,01 ^a	0,00	0,01 ^b	0,00	***
C18:2 t9t11	0,05 ^a	0,01	0,04 ^b	0,01	0,05 ^a	0,01	*
C18:2 t8t10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	n.s.
C18:2 t7t9	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	n.s.
C18:2 t6t8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	n.s.
Somme des CLA t,t	0,23 ^a	0,05	0,19 ^b	0,04	0,20 ^{ab}	0,02	*
C18:2 12,14	0,02 ^a	0,01	0,01 ^b	0,00	0,01 ^b	0,00	**
C18:2 t11c13	0,11 ^b	0,03	0,11 ^b	0,03	0,17 ^a	0,04	***
C18:2 c11t13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	n.s.
C18:2 t10c12	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	n.s.
C18:2 c9t11	1,60 ^b	0,28	1,75 ^b	0,43	2,12 ^a	0,38	*
C18:2 t8c10	0,04	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	n.s.
C18:2 t7c9	0,06 ^b	0,01	0,07 ^a	0,01	0,06 ^b	0,01	***
Somme des CLA c,t / t,c	1,84 ^b	0,32	2,01 ^b	0,46	2,42 ^a	0,42	*
CLA totaux	2,07 ^b	0,31	2,20 ^b	0,48	2,62 ^a	0,43	*

la composition botanique de l'herbe: les brebis ont pâturé sur des prairies naturelles tandis que les vaches recevaient du fourrage provenant de prairies artificielles.

Nos résultats en CLA totaux dans le lait de brebis de plaine sont en accord avec ceux de Hampel *et al.* (2004). Dans le lait de brebis en pâturage de race frisonne, ces derniers auteurs ont trouvé des teneurs en CLA de 1,58 et 1,76 (total: 1,62) g /100 g de matière grasse. Ces valeurs sont comparables aux nôtres. Par contre, Jahreis *et al.* (1999) ont déterminé une taux moyen en CLA de 1,08% (g CLA/100g d'acides gras totaux) et Luna *et al.* (2005) une teneur de 0,74% dans cinq troupeaux de brebis. Ces derniers auteurs mentionnent des différences entre les troupeaux: Manchega 0,62, Assaf 0,57, Castellana-Assaf 0,62, Churra 0,96 et Awassi 0,97% des acides gras totaux.

Isomères des CLA

Des 28 isomères possibles présents pour la plupart en concentrations faibles dans le lait de brebis et de vache, 14 isomères ont été séparés. L'isomère c9t11 est celui dont la concentration est la plus élevée (> 80%), suivi par les isomères t11c13, t11t13, t7c9 et t8c10 (tabl. 6). Comme nous l'avons déjà constaté pour le lait de vache (Collomb *et al.*, 2004), les teneurs les plus élevées en CLA t11c13 se trouvent à l'étage subalpin, confirmant ainsi que ce CLA pourrait constituer un bon indicateur pour les produits laitiers d'altitude.

Dans le lait de brebis, Hampel *et al.* (2004) ont trouvé les teneurs en CLA (par 100 g de matière grasse) suivantes: 1,07 g de c9t11, 0,01 g de t10c12, 0,11 g de t11c13, 0,06 g de t9t11, 0,29 g de c9c11 et 0,05 g d'autres isomères. Ces valeurs ne montrent que de faibles différences entre les périodes de pâturage et d'étable sauf pour l'isomère principal c9t11 (1,03 versus 1,19 g). Dans un autre travail du même groupe de chercheurs (Jahreis *et al.*, 1999), une variation saisonnière a été établie pour les teneurs en CLA c9t11: en juin 1,28 et en mars 0,54% des acides gras totaux. Luna *et al.* (2005) ont identifié 16 isomères des CLA: la concentration du CLA c9t11 était également la plus élevée (> 75% des CLA totaux), suivie de celles des CLA t11t13, c11t13 + t11c13 et c7t9 + t7c9.

Bibliographie

- Addis M., Cabiddu A., Pinna G., Decandia M., Piredda G., Pirisi A. & Molle G., 2005. Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid *cis*-9, *trans*-11. *J. Dairy Sci.* **88**, 3443-3454.
- Cabiddu A., Decandia M., Addis M., Piredda G., Pirisi A. & Molle G., 2005. Managing Mediterranean pastures in order to enhance the level of beneficial fatty acids in sheep milk. *Small Rumin. Res.* **59**, 169-180.
- Collomb M. & Bühler T., 2000. Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait. I. Optimisation et validation d'une méthode générale à haute résolution. *Trav. Chim. Alimentat. Hyg.* **91**, 306-332.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Bosset J.O. & Jeangros B., 2001. Conjugated linoleic acid and trans fatty acid composition of cows' milk fat produced in lowlands and highlands. *J. Dairy Res.* **68**, 519-523.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Jeangros B. & Bosset J. O., 2002a. Composition of fatty acids in cows' milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *Int. Dairy J.* **12**, 649-659.
- Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Jeangros B. & Bosset J. O., 2002b. Correlation between fatty acids in cows' milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *Int. Dairy J.* **12**, 661-666.
- Collomb M., Sieber R. & Bütikofer U., 2004. CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids* **39**, 355-364.
- Hampel K., Schöne F., Böhm V., Leiterer M. & Jahreis G., 2004. Zusammensetzung und ernährungsphysiologische Bedeutung von Schafmilch und Schafmilchprodukten. *Dtsch. Lebensm.-Rundsch.* **100**, 425-430.
- Hauswirth C. B., Scheeder M. R. L. & Beer J. H., 2004. High omega-3 fatty acid content in alpine cheese. The basis for an alpine paradox. *Circulation* **109**, 103-107.
- Jahreis G., Fritsche J., Möckel P., Schöne F., Möller U. & Steinhart H., 1999. The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, *cis*-9, *trans*-11 C18:2, in milk of different species: cow, goat, ewe, sow, mare, woman. *Nutr. Res.* **19**, 1541-1549.
- Kitessa S. M., Peake D., Bencini R. & Williams A. J., 2003. Fish oil metabolism in ruminants. III. Transfer of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) from tuna oil into sheep's milk. *Animal Feed Sci. Technol.* **108**, 1-14.
- Leiber F., 2005. Causes and extent of variation in yield, nutritional quality and cheese-making properties of milk by high altitude grazing of dairy cows. Thèse EPFZ n° 15735, 1-132.
- Luna P., Fontecha J., Juarez M. & de la Fuente M. A., 2005. Conjugated linoleic acid in ewe milk fat. *J. Dairy Res.* **72**, 415-424.
- Pariza M. W., 2004. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *Am. J. Clin. Nutr.* **79**, 1132S-1136S.
- Roche H. M., Noone E., Nugent A. & Gibney M. J., 2001. Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient? *Nutr. Res. Rev.* **14**, 173-187.
- Ruiz-Sala P., Hierro M. T. G., Martinez-Castro I. & Santa-Maria G., 1996. Triglyceride composition of ewe, cow, and goat milk fat. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **73**, 283-293.

Zusammenfassung

Fettsäurezusammensetzung von Schafmilch in Abhängigkeit der geografischen Höhe

Schafmilch von drei unterschiedlichen geografischen Standorten wurde auf ihre Fettsäurezusammensetzung untersucht. Zwischen den Milchproben aus dem Tal-, Berg- und Alpenterrain bestehen dabei einige signifikante Unterschiede in der Konzentration verschiedener Fettsäuren. Im Vergleich zum Kuhmilchfett werden nicht immer die gleichen Fettsäuren in der Schafmilch durch die geografische Höhe beeinflusst, wahrscheinlich aus Gründen der spezifischen Fütterungsbedingungen der Schafe (Weiden auf Naturwiesen, Zusatz von Konzentraten mit pflanzlichen Fetten). Wie beim Kuhmilchfett ist auch beim Schafmilchfett die Konzentration der CLA und der n-3 Fettsäuren in der Alpmilch am höchsten.

Summary

Fatty acids composition of ewe's milk at different altitudes

The fatty acid composition was determined in ewe's milk (pasture feeding), originating from plain, subalpine and alpine areas. Significant differences were encountered in the milk of the three origins. Compared to cow milk, the fatty acids which differed significantly depending on the altitude were often different, probably because of the different fodder specific for sheep (grazing on natural grassland, addition of concentrates containing vegetable fatty acids). However, similarly to cow milk, the concentrations of CLA and omega-3 fatty acids in sheep milk were higher in the milk originating from the higher altitudes.

Key words: ewe's milk, fatty acids, conjugated linoleic acid, CLA, altitude.