



## Caractérisation des fromages L'Etivaz AOP et L'Etivaz à rebibes

### Auteurs

Daniel Goy, Daniel Wechsler

### Associés

Coopérative des producteurs de fromages d'alpages L'Etivaz



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,  
de la formation et de la recherche DEFR  
**Agroscope**

## Impressum

---

Éditeur: Agroscope, Schwarzenburgstrasse 161  
3003 Bern  
[www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch)

---

Renseignements: Agroscope, Schwarzenburgstrasse 161  
3003 Berne  
Suisse  
Tél. +41 58 463 84 18  
[www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch)

---

Rédaction: Daniel Goy, Evelyne Fasnacht

---

Mise en page: Daniel Wechsler

---

Photos: [www.etivaz-aoc.ch](http://www.etivaz-aoc.ch)

---

Photo de couverture L'Etivaz AOP - Le roi des Préalpes vaudoises

---

Copyright: © Agroscope 2015

---

ISSN: 2296-729X

---

ISBN: 978-3-906804-03-3

---

# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Introduction</b> .....	<b>5</b>
1.1 Caractéristiques clés des fromages L'Étivaz et L'Étivaz à rebibes .....	5
1.2 Processus de transformation et de maturation .....	6
<b>2 Matériel et méthodes</b> .....	<b>6</b>
2.1 Échantillonnage .....	6
2.2 Prélèvement et préparation des échantillons .....	7
2.3 Analyses chimiques et biochimiques .....	8
<b>3 Résultats de la caractérisation chimique</b> .....	<b>9</b>
3.1 Composition des fromages (composants majeurs).....	9
3.2 Paramètres de maturation .....	10
3.3 Acides aminés libres.....	12
3.4 Amines biogènes .....	14
3.5 Teneur en acides carboxyliques volatils totaux .....	15
3.6 Composition en acides gras de la graisse .....	17
<b>4 Conclusions</b> .....	<b>19</b>
<b>5 Références</b> .....	<b>20</b>

## Résumé

La particularité de L'Etivaz AOP et de L'Etivaz à rebibes AOP provient du fait qu'ils sont exclusivement fabriqués à partir de lait d'alpage. L'objectif de cette étude était la caractérisation des fromages L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes à l'aide d'analyses chimiques.

Dix meules de L'Etivaz et sept meules de L'Etivaz à rebibes provenant de différentes fromageries d'alpage ont été sélectionnées en tenant compte de différents paramètres tels que: lieu de production, qualité du fromage à la taxation et aptitude à la commercialisation. Les fromages L'Etivaz ont été analysés à un stade de maturation typique d'environ dix mois et les fromages L'Etivaz à rebibes étaient âgés d'environ 35 mois. Divers paramètres de production ont été relevés pour obtenir une idée sur les variations dans la pratique concernant le processus de fabrication. Pour effectuer une caractérisation chimique de ces deux types de fromages, les composants mineurs et majeurs suivants ont été déterminés: l'eau, la matière grasse, la composition en acides gras, les protéines, l'azote non protéique, les acides aminés libres, les amines biogènes, l'acide lactique, les acides carboxyliques volatils, le sel, le calcium et le cuivre.

Cette étude montre que grâce à l'application de critères stricts les fromages L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes sont réellement des produits authentiques d'une qualité supérieure. L'influence positive du pâturage alpestre sur la composition de la graisse laitière qui confère une excellente texture de pâte ainsi qu'un goût et un arôme authentique sont des caractères distinctifs de ces deux fromages.

Eu égard aux conditions de production simples sur les alpages et les différentes provenances régionales des fromages analysés, l'écart relativement faible au niveau des paramètres analysés est remarquable. On dispose désormais d'informations détaillées sur la composition de L'Etivaz de bonne qualité. Ces informations seront utiles pour la consultation et l'amélioration de la qualité du fromage.

# 1 Introduction

## 1.1 Caractéristiques clés des fromages L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes

Le fromage L'Etivaz et le fromage L'Etivaz à rebibes sont des fromages à pâte dure et extra-dure produits dans la région du «Pays-d'Enhaut». Ces fromages peuvent être fabriqués du 10 mai au 10 octobre, uniquement dans des chalets d'alpage des Alpes vaudoises situés entre 1000 et 2000 m d'altitude. Autres critères très importants, ces fromages sont produits à partir de lait cru, dans des chaudrons en cuivre, le lait et le caillé sont chauffés exclusivement au feu de bois, l'écémage mécanique est interdit. Ils restent au maximum 7 jours au chalet et sont ensuite affinés dans la cave de la coopérative située dans le hameau de L'Etivaz, sur la commune de Château-d'Oex. Les fromages à rebibes sont sélectionnés lors de la taxation des fromages L'Etivaz (à environ 130 jours), en fonction de leur aptitude au séchage. Ils sont démorgés manuellement et huilés avec de l'huile alimentaire.

En 2000, L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes étaient les premiers produits qui aient obtenu l'inscription au Registre des appellations d'origine et des indications géographiques Suisse. Le registre des appellations d'origine (AOP) et des indications géographiques (IGP) sert à protéger les noms géographiques ou traditionnels désignant des spécialités alimentaires (autres que le vin), dont l'identité et les principales caractéristiques sont déterminées par leur origine. L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes sont commercialisés par la coopérative L'Etivaz. On connaît peu la composition chimique et biochimique de L'Etivaz et de L'Etivaz à rebibes AOP. Dans le but de mettre en valeur les caractéristiques de ces fromages, un ensemble d'analyses a été effectué par Agroscope. Plusieurs travaux scientifiques sur ces fromages qui traitaient de l'influence de l'herbage et des conditions de chauffage du caillé sur les caractéristiques du produit ont été publiés au cours des 30 dernières années (voir bibliographie).

Selon le cahier des charges, seules les compositions chimiques suivantes, qui s'appliquent aux deux types de fromage, sont mentionnées:

- matière grasse dans l'extrait sec (MG/ES ou gras sur sec): de 490 à 549 g/kg
- teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD): max. 580 g/kg



Figure 1: Fabrication dans un chaudron en cuivre avec foyer ouvert



Figure 2: Traçabilité des fromages



Figure 3: Cave d'affinage

## 1.2 Processus de transformation et de maturation

Le processus de fabrication et la maturation sont semblables pour les deux types de fromages jusqu'à la taxation. La fabrication du fromage comprend la traite du soir et du matin. Le lait du soir est refroidi et stocké dans des baquets ou des cuves en inox. Avant de transférer le lait du soir dans le chaudron, il est légèrement écrémé afin de répondre aux critères du cahier des charges. Le mélange des laits du soir et du matin est porté à une température d'environ 31,5°C, pour favoriser la croissance des levains. Ceux-ci sont préparés empiriquement à partir du petit-lait du jour précédent. La coagulation du lait se produit par l'apport d'une présure de provenance exclusivement animale.

Le décaillage ou la formation des grains s'effectue manuellement à l'aide d'une harpe appelée dans le jargon fromager un tranche-caillé. Durant environ 1h30, la masse composée de grain et de petit-lait est brassée à l'aide d'un brasseur mécanique et chauffée à une température maximale de 57,0°C. Lorsque les grains paraissent bien «ressuyés», le caillé est retiré du chaudron à l'aide d'une toile en chanvre, d'une baguette flexible ou d'un appareil conçu pour effectuer cette opération. La masse de caillé est mise dans un cercle, protégée par une toile en chanvre. Ensuite elle est pressée et retournée 5 à 7 fois durant les 20 premières heures. Après ces 20 heures de pressage, le fromage est «dépressé» et mis dans un endroit frais, badigeonné avec une saumure composée exclusivement d'eau et de sel avant d'être acheminé à la cave de la coopérative. La traçabilité de chaque meule de fromage L'Étivaz est garantie par la marque en caséine apposée par chaque producteur lors de la mise sous presse du fromage. Cette marque permet d'identifier la provenance ainsi que la date de fabrication du fromage, mais ceci uniquement lorsque la pièce est entière. En arrivant dans la cave de la coopérative, les meules sont immergées dans un bain de sel (saumure préparée à partir de sel et d'eau – concentration de 21 à 22°Baumé) durant 24 heures. A la sortie du bain de sel, les meules sont retournées et soignées tout au long de leur séjour en cave selon un programme bien défini. L'affinage du fromage L'Étivaz se fait à un climat très constant, la température se situe à 13°C ± 0,5°C et l'hygrométrie est fixée entre 90 et 94% d'humidité relative.

La taxation des fromages est effectuée par une commission de quatre experts composée d'un président, de deux personnes externes et d'un producteur. Ils sont assistés du directeur de la coopérative, du conseiller d'alpage et du chef de cave. Lors de la taxation, en fonction des besoins et de critères de conservation définis, un certain nombre de meules sont démorgées, huilées avec une huile alimentaire et placées dans le grenier. Après plus de 1'000 jours d'affinage, ces meules seront désignées comme Etivaz à rebibes AOP. L'hygrométrie du grenier se situe à environ 70% d'humidité relative et la température est d'environ 12°C. Les Etivaz à rebibes qui ont été pris dans cette étude n'ont pas eu un climat constant. Durant une année, ils ont été stockés dans un abri de protection civile situé dans le hameau.

## 2 Matériel et méthodes

### 2.1 Echantillonnage

Pour cette étude, les Etivaz (10 meules,) et les Etivaz à rebibes (7 meules) ont été prélevés dans la cave d'affinage de la coopérative. Ils ont été choisis par les responsables de la cave. L'âge moyen des Etivaz était d'environ 295 jours et les Etivaz à rebibes étaient âgés d'environ 1'070 jours (35 mois). L'une des meules prélevées de L'Étivaz présentait des défauts d'ouverture et de goût, dus à une fermentation propionique. Les résultats d'analyses de cette meule n'ont pas été incorporés dans les tableaux présentés pour l'interprétation de ce document, mais figurent sur le tableau général à disposition auprès de la coopérative.

Tableau 1: Provenance des meules d'Etivaz AOP (production 2013)

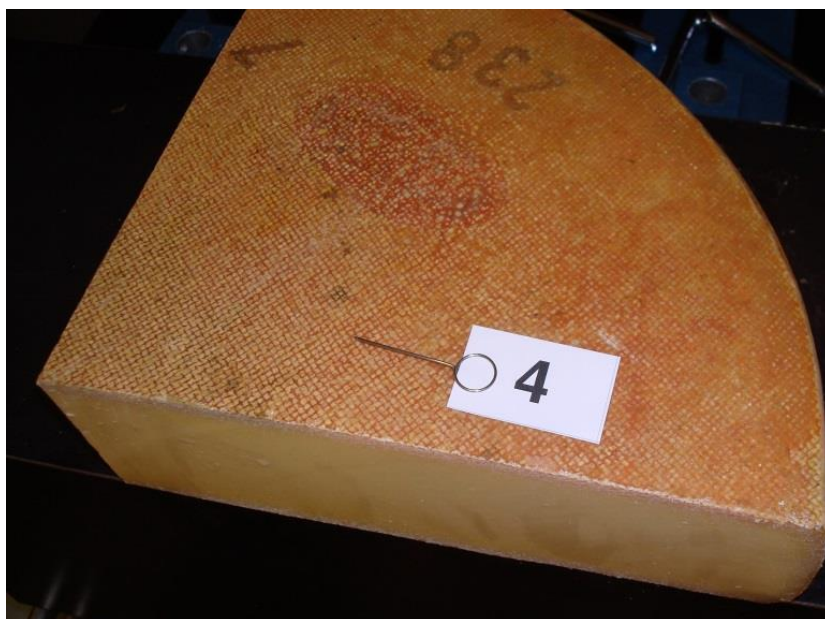
N° échantillon	Nom du chalet	Lieu	Altitude	Âge en jours
1	Rodomont derrière	Rougemont	1807	291
2	Le Gros Jable	Etivaz	1830	294
3	Le Lévanchy	Etivaz	1715	270
4	Doréna	Chateau d'Oex	1674	308
5	Les Fonds	Etivaz	1535	313
6	Les Crêtes	L'Hongrin	1285	304
7	Le Grin	Chateau d'Oex	1511	289
8	Les Gros Crêts	Rossinière	1118	294
9	Grand Ayerne	L'Hongrin	1490	291
10	La Gête	La Pierreuse	1670	292

Tableau 2: Provenance des meules d'Etivaz à rebibes AOP (production 2011)

N° échantillon	Nom du chalet	Lieu	Altitude	Âge en jours
11	Le Cray du Milieu	Rossinière	1807	~ 1070
12	Les Anteines dessus	L'Hongrin	1830	~ 1070
13	Les Chargiaux	Chateau d'Oex	1715	~ 1070
14	Rodovanel	La Lécherette	1674	~ 1070
15	La Chiaz	Mont chevreuil	1535	~ 1070
16	La Clusaz	Rougemont	1285	~ 1070
17	Le gros Jable	Rougemont	1511	~ 1070

## 2.2 Prélèvement et préparation des échantillons

Pour effectuer les analyses, Agroscope a prélevé un quartier d'Etivaz et d'Etivaz à rebibes représentant environ 4 kg de fromage (1/6 de la meule). Une section triangulaire d'environ 2,0 kg a servi aux analyses et le solde a été stocké comme échantillon de réserve. Sur la section de fromage dévolu aux analyses, la croûte a été enlevée sur 0,5 cm d'épaisseur ainsi qu'un segment de 3 cm de largeur à la périphérie. Ensuite, tout le morceau a été râpé et mélangé, sauf pour la détermination de l'activité de l'eau (valeur  $a_w$ ) où un morceau d'environ 0,5 kg a été transmis au laboratoire concerné.

**Quartier de L'Etivaz AOP**

Trois marquages pour assurer la traçabilité du produit

- le passeport
- le n° de producteur (7)
- le n° de la pièce (238)

Figure 4: Quartier de L'Etivaz AOP prélevé pour cette étude

### 2.3 Analyses chimiques et biochimiques

La matière grasse a été déterminée en utilisant une méthode butyrométrique selon Gerber-Van Gulik. La teneur totale en protéines a été calculée à partir de la teneur en azote totale (TN), déterminée selon la méthode Kjeldahl ( $TN \times 6,38$ ). L'azote non protéique a été déterminé à l'aide de la fraction d'azote soluble dans l'acide trichloracétique (120 g TCA/kg). La teneur en acides aminés libres a été mesurée sur la base de l'OPA (ortho-phthalaldehyde) décrite par Frister et al. (1986). La teneur en acide lactique a été déterminée par voie enzymatique, celle en sel indirectement par titrage argentométrique du chlorure, et celle du calcium et du cuivre par spectrométrie d'absorption atomique. Les acides carboxyliques volatils ont été quantifiés par chromatographie gazeuse après distillation à la vapeur d'eau de l'échantillon acidifié (Badertscher et al., 2003). Une méthode HPCL avec détection par fluorescence a été utilisée pour déterminer individuellement les acides aminés libres (Bütikofer et Fuchs, 1997). Cette méthode ne détermine pas les deux acides aminés suivants: la cystéine et la proline. Les amines biogènes ont été déterminées selon le Manuel suisse des denrées alimentaires (2003). Les analyses de la composition en acides gras de la graisse du lait ont été effectuées selon la méthode de Collomb et Bühler (2000). Les teneurs en eau ont été déterminées selon la méthode MSDA 232.1, 2000 (Détermination de la matière sèche et de la perte au séchage du fromage). L'activité de l'eau (valeur  $a_w$ ) a été mesurée selon ISO/DIS 21807 (2002).



## 3 Résultats de la caractérisation chimique

### 3.1 Composition des fromages (composants majeurs)

Les résultats obtenus sur la composition chimique des fromages sont présentés dans le tableau 3. L'Étivaz se différencie du fromage L'Étivaz à rebibes principalement par la teneur en eau. L'Étivaz à rebibes à environ 17 g de moins d'eau que L'Étivaz et par conséquent les teneurs en matière grasse, en protéines, en calcium et en cuivre sont proportionnellement plus élevées. À l'inverse, la teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD) est beaucoup plus basse.

Selon l'Ordonnance sur les denrées alimentaires d'origine animale (RS817.022.108), un fromage du type L'Étivaz (fromage gras à pâte dure) doit avoir une teneur en matière grasse dans l'extrait sec (MG/ES) entre 450 et 549 g/kg et la teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD) doit être inférieure à 540 g/kg. La moyenne MG/ES des neuf fromages analysés se situe à 545 g/kg avec un écart type de 9,3 g/kg. Par contre la moyenne de la TEFD se situe légèrement en-dessus de la norme prescrite dans cette ordonnance. Cette même ordonnance précise à l'article 38 que les fromages enregistrés sous une appellation d'origine ou une indication géographique protégée au sens de l'Ordonnance du 28 mai 1997 sur les AOP et les IPG sont en outre soumis aux prescriptions spécifiques du cahier des charges déposé. Celui-ci fixe la valeur du TEFD au maximum à 580 g/kg. La teneur en eau de L'Étivaz à rebibes est très basse. En comparant ce produit avec d'autres fromages à pâte extra-dure comme le Sbrinz (teneur en eau ~280 g/kg à 24 mois) ou le Fromage à rebibes bernois (teneur en eau 220 g/kg à 25 mois), cette faible teneur en eau fait que les teneurs en protéines et en matière grasse sont également plus élevées que pour les deux sortes de fromages cités.

La teneur en calcium de L'Étivaz est relativement basse par rapport à d'autres fromages du même type. Une acidification initiale relativement rapide provoque une perte de calcium dans le petit-lait. L'emmorgement du fromage et la désacidification de la surface provoque également une migration de calcium vers l'extérieur. La teneur en sel est relativement élevée sur les deux types de fromage. Pour baisser la teneur en sel dans ces fromages, il serait recommandable d'effectuer les soins avec de l'eau moins salée. Les variations de la teneur en cuivre proviennent essentiellement de la relation entre le volume de lait et la surface de cuivre du chaudron en contact avec celui-ci.

L'activité de l'eau est un paramètre qui caractérise la disponibilité d'eau « libre » dans une substance solide ou liquide – par exemple dans un produit alimentaire – et doit être distinguée de l'humidité absolue du produit (g d'eau par kg de substance). L'activité de l'eau ou humidité d'équilibre est définie par la valeur  $a_w$  et sa valeur s'établit entre 0,000 (sécheresse absolue) et 1,000 (100% d'humidité relative). La valeur  $a_w$  est un indicateur important pour la stabilité microbiologique du produit, en favorisant ou non la croissance des microorganismes. De plus, l'activité de l'eau influe sur les caractéristiques chimiques des produits alimentaires, elle est donc devenue un indicateur indispensable. Des valeurs inférieures à 0,900 limitent la vie microbienne et de ce fait ralentissent considérablement la protéolyse.

Tableau 3: Composition chimique du fromage L'Etivaz AOP (N=9)

Caractéristique	unité	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Teneur en eau	g/kg	352.5	352.2	5.8	342.5	360.0
Protéines	g/kg	238.9	239.7	6.9	229.5	252.1
Matière grasse	g/kg	353.0	352.7	6.8	340.5	361.5
Gras / sec	g/kg	545.9	545.2	9.3	529.5	558.3
TEFD	g/kg	545.6	544.9	8.0	530.1	556.9
Sel	g/kg	21.9	22.1	1.6	19.8	24.2
Sel dans l'eau	%	6.3	6.3	0.45	5.6	6.8
Calcium	g/kg	7.2	7.2	0.3	6.7	7.8
Cuivre	mg/kg	7.1	7.0	2.1	3.5	10.3
Activité de l'eau (a <sub>w</sub> )	-	0.92	0.92	0.003	0.92	0.93

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

Tableau 4: Composition du fromage L'Etivaz à rebibes AOP (N=7)

Caractéristique	unité	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Teneur en eau	g/kg	187.0	185.0	6.3	172.0	191.0
Protéines	g/kg	321.1	321.0	4.4	316.9	327.6
Matière grasse	g/kg	436.5	432.0	11.1	418.5	445.0
Gras / sec	g/kg	537.4	531.0	11.9	517.9	543.7
TEFD	g/kg	328.7	392.0	9.2	309.9	335.1
Sel	g/kg	23.5	23.8	2.0	21.1	26.8
Sel dans l'eau	%	13.0	12.9	1.2	11.1	14.3
Calcium	g/kg	9.6	9.5	0.4	8.9	10.0
Cuivre	mg/kg	9.2	9.8	3.3	5.9	14.6
Activité de l'eau (a <sub>w</sub> )	-	0.82	0.82	0.005	0.81	0.83

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

### 3.2 Paramètres de maturation

Les résultats des paramètres de maturation figurent dans les tableaux 5 et 6. Les fractions azotées indiquent l'intensité de la dégradation des protéines contenues dans le fromage. En particulier les proportions d'azote hydrosoluble et non protéique ainsi que la valeur OPA (ortho-phthalaldehyde) sont des critères importants pour comparer le degré de protéolyse des différents stades de maturité de L'Etivaz et pour juger l'aptitude à la conservation des jeunes fromages. La valeur OPA sert souvent pour le choix des fromages de L'Etivaz qui peuvent être affinés au sec pour obtenir des fromages L'Etivaz à rebibes AOP. L'azote total correspond au taux de protéines totales du fromage. L'azote hydrosoluble rend compte de la protéolyse globale ou en largeur, soit du taux de protéines transformées en éléments azotés solubles dans l'eau. L'azote non protéique rend compte de la protéolyse en profondeur. Ces composés de faible poids moléculaire sont importants pour le développement du goût et de l'arôme. En général, dans un fromage emmorgé, l'azote non protéique est élevé ainsi que la valeur OPA, qui donne une indication sur la teneur en acides aminés libres. Le développement de la flore de surface favorise la désacidification du fromage et par conséquent augmente la valeur pH et la vitesse de la protéolyse. Pour cette raison la valeur de l'azote soluble dans l'eau et la valeur OPA sont fortement liées à l'augmentation de la valeur pH pendant la maturation. Les valeurs des deux types de fromages en acide lactique montrent une différence considérable due au séchage des fromages L'Etivaz à rebibes AOP. Il existe une relation inverse entre

l'acide lactique total et l'azote soluble dans l'eau. Plus la quantité d'acide lactique total diminue, plus la quantité d'azote soluble dans l'eau augmente. A noter que la relation entre l'azote soluble dans l'eau et l'azote total est avec 33,2% dans L'Etivaz plus élevée que dans L'Etivaz à rebibes avec 28,4%, ce qui confirme une plus faible activité enzymatique dans les Etivaz à rebibes AOP. La valeur OPA informe sur le taux d'acides aminés libres, donc sur le degré de dégradation en profondeur des protéines. On remarque une grande variation de cette valeur entre les deux types de fromage. Les résultats peuvent également être mis en parallèle avec ceux obtenus par la quantification individuelle des acides aminés libres (méthode HPLC). La valeur moyenne de la LAP (leucine aminopeptidase) dans les Etivaz est typique pour des fromages fabriqués avec des cultures sur petit-lait qui contiennent normalement *Lactobacillus helveticus*.

Tableau 5: Paramètres de maturation du fromage L'Etivaz AOP (N=9)

Caractéristique	unité	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Azote total	g/kg	38.2	38.3	1.10	36.7	40.3
Azote non protéique	g/kg	9.2	8.8	0.86	7.1	9.4
Azote non protéique / azote total	%	23.7	22.9	2.4	18.5	25.0
Azote soluble dans l'eau	g/kg	12.6	12.7	0.8	11.4	13.9
Azote soluble dans l'eau / azote total	%	33.4	33.2	2.5	29.7	37.1
Acides aminés libres (HPLC)	g/kg	40.0	38.3	4.5	29.3	42.6
Acides aminée libres (HPLC)	mmol/kg	296.8	282.8	33.7	216.5	316.2
Acides aminés libres (OPA)	mmol/kg	372	352	36	279	380
Valeur pH	[-]	5.66	5.67	0.05	5.61	5.79
Acide lactique total	mmol/kg	86.0	83.7	7.6	75.7	98.0
Acide lactique L-(+)	mmol/kg	39.5	41.2	4.5	35.7	49.2
Acide lactique D-(-)	mmol/kg	39.1	42.5	7.7	32.6	51.6
% d'acide lactique L-(+)	mmol/kg	49.0	49.5	6.0	41.5	56.9
LAP	UI/kg	13.2	12.3	4.2	6.0	19.3

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

Tableau 6: Paramètres de maturation du fromage L'Etivaz à rebibes AOP (N=7)

Caractéristique	unité	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Azote total	g/kg	50.3	50.4	0.69	49.7	51.4
Azote non protéique	g/kg	12.3	13.1	1.36	12.2	15.8
Azote non protéique / azote total	%	24.6	25.9	2.64	23.9	31.1
Azote soluble dans l'eau	g/kg	14.2	14.3	0.8	13.8	17.5
Azote soluble dans l'eau / azote total	%	28.6	30.9	2.7	27.3	34.5
Acides aminés libres (HPLC)	g/kg	56.1	60.1	8.8	52.8	77.4
Acides aminée libres (HPLC)	mmol/kg	427.3	452.2	66.5	395.0	578.8
Acides aminés libres (OPA)	mmol/kg	550	583	77.2	527.0	732
Valeur pH	[-]	5.77	5.78	0.03	5.76	5.83
Acide lactique total	mmol/kg	103.8	101.6	9.69	87.1	113.9
Acide lactique L-(+)	mmol/kg	50.0	50.8	10.77	36.5	62.8
Acide lactique D-(-)	mmol/kg	49.3	50.9	4.47	45.5	57.7
% d'acide lactique L-(+)	mmol/kg	48.7	49.5	6.67	39.5	56.7

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

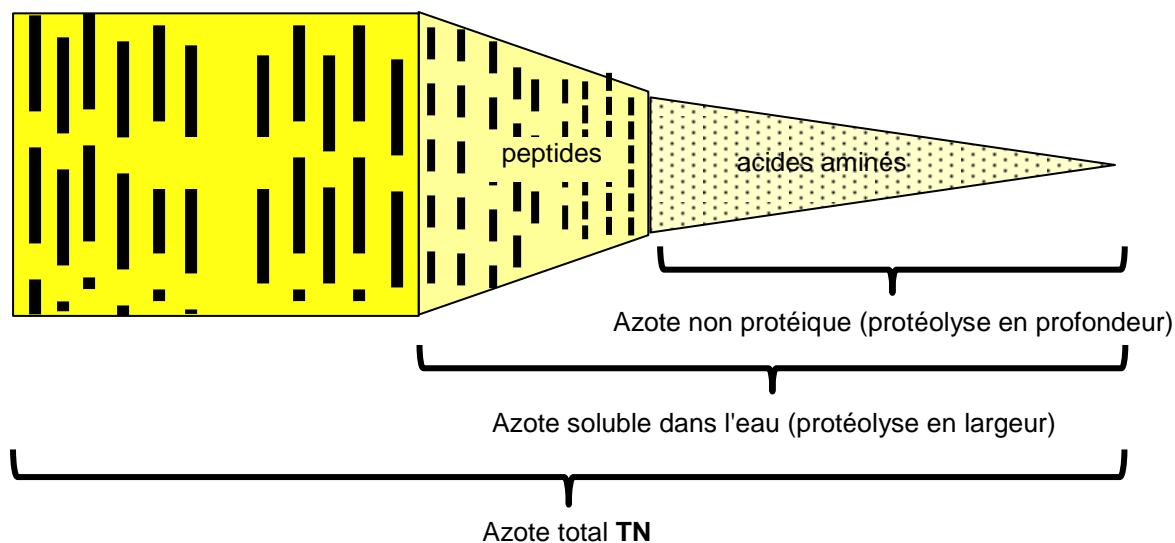


Figure 5: Dégradation de la caséine au cours de la maturation des fromages (processus de la protéolyse).

### 3.3 Acides aminés libres

Afin d'examiner de plus près la protéolyse secondaire, les acides aminés libres des fromages ont aussi été déterminés, incluant également les acides aminés non protéiques comme l'acide gamma-aminobutyrique (GABA), l'ornithine et la citrulline. Ces trois acides aminés ne sont pas contenus dans la séquence primaire des protéines. Le GABA est produit par la décarboxylation de l'acide glutamique; l'ornithine est produit à partir de l'arginine au cours du cycle de l'urée. La citrulline est aussi un produit intermédiaire du cycle de l'urée. Dans le fromage L'Etivaz, la somme des acides aminés libres s'élevait en moyenne à 38,3 g/kg (282,8 mmol/kg) et dans le fromage L'Etivaz à rebibes à 60,1 g/kg (452,2 mmol/kg). La proportion d'acides aminés libres par rapport à la teneur en protéines s'élevait dans le fromage L'Etivaz à environ 16,0% et dans L'Etivaz à rebibes à environ 18,7%. Les teneurs plus élevées en acides gras libres dans L'Etivaz à rebibes s'expliquent d'une part par la maturation à sec (concentration de la matière sèche) et, d'autre part, par un affinage plus long (protéolyse en profondeur plus intense). Les acides aminés sont très importants pour le goût de fromage, car ils renforcent les saveurs épicé et salé et contribuent à donner au fromage un goût du bouillon agréable et harmonieux.

Au cours de l'affinage, la teneur en acides aminés libres augmente continuellement dans le fromage. Ils ne reflètent cependant pas la composition des acides aminés des protéines du lait. Bien que les acides aminés libres s'accumulent, ils représentent des produits intermédiaires qui, selon la composition de la flore d'affinage, continuent à être métabolisés de façon sélective. Comme exemple, les acides aminés suivants - l'histidine, la tyrosine, la lysine et l'ornithine - sont dégradés par des germes indésirables présents dans la flore d'affinage en amines biogènes correspondantes, à savoir en histamine, en tyramine, en cadavérine et en putrescine. La dégradation de l'acide aminé arginine par la voie appelée l'arginine déiminase (ADI) est un autre exemple d'un métabolisme sélectif qui est effectué dans le fromage par différentes espèces de bactéries lactiques. Comme un fromage affiné ne contient plus des carbohydrates, le catabolisme des acides aminés devient pour la flore d'affinage la plus importante source d'énergie. La dégradation enzymatique des acides aminés par la flore d'affinage entraîne la libération d'acide carbonique ( $\text{CO}_2$ ) et d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). C'est la raison pour laquelle la dégradation des acides aminés peut contribuer à la formation de lainures et entraîne une augmentation de la valeur pH ce qui accélère à son tour le processus de maturation. Dans ce processus différentes substances aromatiques se forment à partir des acides aminés, comme les composés sulfurés, certains alcools, des aldéhydes et des cétones.

Tableau 7: Acides aminés libres (en mg/kg) dans le fromage L'Etivaz AOP (N=9)

Acide aminé	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Alanine	912	895	134	641	1'023
Acide α-aminobutyrique (ABA)	29	32	13	19	53
Arginine	-	34	58	-	178
Asparagine	1'593	1'506	330	885	1'894
Acide aspartique	1'277	1'363	374	971	2'183
Citrulline	1'318	1'340	139	1'085	1'521
Acide γ-aminobutyrique (GABA)	424	388	87	254	514
Acide glutamique	8'977	8'600	1'205	6'456	9'843
Glycine	762	729	113	536	865
Histidine	1'266	1'218	143	1'012	1'383
Isoleucine	2'575	2'459	299	1'894	2'764
Leucine	3'806	3'681	367	2'996	4'053
Lysine	4'818	4'523	587	3'333	4'948
Méthionine	1'087	1'018	142	738	1'157
Ornithine	445	468	95	318	624
Phénylalanine	2'594	2'501	291	1'886	2'752
Phosphosérine	71	80	29	34	122
Sérine	1'428	1'466	220	1'192	1'840
Thréonine	1'020	990	139	744	1'147
Tryptophane	179	179	34	127	235
Tyrosine	1'247	1'208	131	999	1'359
Valine	3'196	3'059	399	2'222	3'428
<b>Somme des acides aminés libres</b>	<b>40'083</b>	<b>38'264</b>	<b>4'534</b>	<b>29'299</b>	<b>42'636</b>

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

Tableau 8: Amines biogènes (en mg/kg) dans le fromage L'Etivaz AOP (N=9)

Amine biogène	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Cadavérine	31	34	14	17	63
Histamine	< 2	25	64	< 2	205
Putrescine	1	1	1	< 2	2
Tyramine	30	34	10	24	55
<b>Somme des amines biogènes</b>	<b>79</b>	<b>95</b>	<b>63</b>	<b>41</b>	<b>262</b>

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

Tableau 9: acides aminés libres (en mg/kg) dans le fromage L'Etivaz à rebibes AOP (N=7)

Acide aminé	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Alanine	1'454	1'571	252	1'356	2'054
Acide α-aminobutyrique (ABA)	13	38	64	9	184
Arginine	124	92	35	72	167
Asparagine	1'166	1'201	421	638	1'856
Acide aspartique	4'115	3'425	538	3'616	5'326
Citrulline	1'965	2'078	303	1'814	2'607
Acide γ-aminobutyrique (GABA)	537	531	12	518	544
Acide glutamique	13'930	9'056	1'874	13'160	18'566
Glycine	2'164	2'302	315	2'040	2'941
Histidine	1'444	1'468	348	956	2'033
Isoleucine	3'475	3'564	633	2'877	4'690
Leucine	4'288	4'417	771	3'428	5'763
Lysine	6'781	7'190	985	6'409	9'213
Méthionine	1'309	1'421	283	1'127	1'969
Ornithine	741	739	115	549	908
Phénylalanine	3'572	3'670	374	3'339	4'438
Phosphosérine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sérine	3'578	3'867	916	2'978	5'372
Thréonine	491	474	121	333	639
Tryptophane	327	346	44	299	408
Tyrosine	2'036	2'162	435	1'518	2'783
Valine	4'325	4'455	615	3'924	5'660
<b>Somme des acides aminés libres</b>	<b>56'802</b>	<b>60'114</b>	<b>8'868</b>	<b>52'756</b>	<b>77'418</b>

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée; n.d. = non déterminé

Tableau 10: amines biogènes (en mg/kg) dans le fromage L'Etivaz à rebibes AOP (N=7)

Amine biogène	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Cadavérine	39	41	19	17	65
Histamine	< 2	3	6	< 2	16
Putrescine	2	2	1	1	4
Tyramine	25	25	4	19	31
<b>Somme des amines biogènes</b>	<b>79</b>	<b>81</b>	<b>18</b>	<b>51</b>	<b>105</b>

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

### 3.4 Amines biogènes

La qualité microbiologique du lait cru a une grande importance pour la fabrication du fromage L'Etivaz et son aptitude à la maturation. Les amines biogènes sont produites de manière naturelle lors de la maturation du fromage, lorsque les acides aminés libres sont dégradés par des enzymes (décarboxylases). La présence de ces enzymes est due à des germes indésirables présents dans le lait de fabrication. Dans le fromage, on trouve principalement de l'histamine, de la tyramine, de la cadavérine et de la putrescine. Des teneurs élevées en amines biogènes indiquent donc la présence de contaminations au niveau de la

machine à traire ou des installations de fabrication du fromage. Comme il s'agit souvent de contaminations persistantes ce défaut de qualité se manifeste sur plusieurs mois de fabrication. Des teneurs élevées en histamine sont le plus souvent dues à une contamination par *Lactobacillus parabuchneri*, alors que la tyramine est formée principalement par des entérocoques. En raison de la thermorésistance élevée des entérocoques, la tyramine est normalement l'amine biogène dominante dans des fromages à pâte cuite comme L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes. Quant à la cadavérine et la putrescine, elles sont associées à une contamination par des *Enterobacteriaceae*. Des teneurs élevées en cadavérine et en putrescine sont un indicateur d'une recontamination par des *Enterobacteriaceae* lors du moulage du grain et du pressage. Si les fromages contiennent des germes, qui forment des amines biogènes, on peut observer en cours d'affinage une augmentation de la teneur en amines biogènes.

Parmi les amines biogènes, l'histamine est connue comme étant une substance avec un goût piquant et brûlant qui peut également provoquer un sentiment de malaise ou même des intoxications alimentaires. Selon un rapport des Autorités européennes de sécurité alimentaire (EFSA), les personnes en bonne santé supportent l'ingestion d'histamine à une dose de 25-50 mg par repas sans éprouver aucun symptôme. Dans le cas de la tyramine, il faut s'attendre à des effets toxiques chez les personnes en bonne santé à partir d'une dose de 600 mg par repas. La littérature à ce sujet fait état de problèmes de santé lorsque la tyramine est ingérée simultanément à des médicaments qui ont un effet inhibiteur sur la monoaminoxydase, et ce déjà à partir d'une dose de 50 mg de tyramine. Vu que de telles complications surviennent apparemment de façon répétée qu'en relation avec la consommation de fromage, on parle dans la littérature spécialisée de « cheese effect ». Pour ce qui est des éventuels effets toxiques de la cadavérine et de la putrescine, on manque d'informations à ce sujet. Toutefois, des teneurs élevées de ces amines biogènes sont considérées comme critiques parce que la dégradation de la tyramine et de l'histamine est ralentie par ces amines biogènes.

Parmi les fromages examinés, dans un seul fromage L'Etivaz la somme des amines biogènes était supérieure à 200 mmol/kg. La moyenne pour les deux groupes de fromages examinés est inférieure à 100 mmol/kg. Avec une consommation de 50 g de L'Etivaz on est largement en-dessous des valeurs qui peuvent incommoder des personnes sensibles. La température et la durée de chauffage appliquée dans la fabrication de L'Etivaz réduisent considérablement les germes responsables de la production d'amines biogènes. Les amines biogènes les plus perçues dans les deux groupes de fromages étaient la cadavérine et la tyramine. Par rapport aux autres sortes de fromages, la teneur en amines biogènes présentes dans les fromages de cette étude est faible. Les très faibles teneurs en histamine dans le fromage L'Etivaz à rebibes peuvent s'expliquer par le fait que seuls les meilleurs fromages L'Etivaz ont été sélectionnés pour être affinés en vue d'obtenir des fromages L'Etivaz à rebibes.

### 3.5 Teneur en acides carboxyliques volatils totaux

La teneur en acides carboxyliques volatils totaux est le résultat de la dégradation du lactose, du lactate, du citrate, de la graisse et des acides aminés contenus dans le fromage. Ils sont des composants aromatiques fondamentaux de L'Etivaz. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse permet principalement de découvrir des fermentations indésirables au cours de la maturation des fromages comme la fermentation butyrique ou propionique. De plus, les résultats de cette analyse permettent d'identifier d'autres défauts de qualité du fromage comme la lipolyse ou la fermentation butyrique atypique causée par la transformation de certains acides aminés en acide butyrique et iso-carboxyliques.

La moyenne des acides carboxyliques volatils totaux est située dans la norme, celle-ci est pour un Etivaz de 5 mois au maximum de 20 mmol/kg, elle peut évoluer lors du vieillissement. La valeur moyenne pour L'Etivaz de 9 à 10 mois est de 21,2 mmol/kg et pour L'Etivaz à rebibes (36 mois) de 27,5 mmol/kg. La quantité d'acide formique est faible, ce qui confirme que les germes hétérofermentaires sont peu actifs. La quantité d'acide acétique est influencée par le métabolisme des bactéries lactiques homo- et hétérofermentaires ainsi que par le métabolisme de divers germes indésirables, tels que les germes propioniques et butyriques ainsi que les entérobactéries.

Dans le groupe des Etivaz AOP, les valeurs en acides iso-butyrique, iso-valérique et iso-caproïque sont anormalement élevées. Pour cette raison, les valeurs de ces acides ne sont donc pas une caractéristique typique de ce fromage et ne peuvent pas être utilisées comme valeurs de référence. Il ressort d'études menées par Agroscope Liebefeld que la formation des acides iso-carboxyliques est probablement la conséquence d'un développement anormal de la flore d'emmorgement. Vu que tous les fromages analysés ont été soignés et affinés dans la cave de la coopérative, ce problème d'exploitation a eu une influence directe sur les résultats de la présente étude de caractérisation des fromages L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes AOP. Par un cas survenu dans la pratique avec du Gruyère on sait qu'une flore d'emmorgement défectueuse peut entraîner des teneurs sensiblement plus élevées en acide n-butyrique (fermentation butyrique atypique sans traces de gonflement). Dans ce cas on a pu démontrer par des analyses zonales que la teneur en acides iso-carboxyliques était également sensiblement plus élevée dans la zone périphérique que dans la zone centrale du fromage. On suppose donc que ces acides se forment dans la croûte du fromage et parviennent dans la pâte par diffusion. Ils se forment à partir d'acides aminés libres comme la valine (acide iso-caproïque, acide iso-butyrique) et la leucine (acide iso-valérique).

Tableau 11: Acides carboxyliques volatils (en mmol/kg) dans le fromage L'Etivaz AOP (N=9)

Acide carboxylique volatil	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Acides carboxyliques volatils totaux	21.5	21.2	2.8	16.8	24.8
Acide formique	0.8	0.8	0.1	0.6	1.1
Acide acétique	10.7	10.4	1.1	8.6	12.3
Acide propionique	1.0	1.2	0.4	0.7	1.9
Acide iso-butyrique	1.8	2.2	0.6	1.3	3.4
Acide butyrique	2.3	2.3	0.5	1.8	3.0
acide butyrique calculé	0.2	0.4	0.5	-0.1	1.3
Acide iso-valérique	1.0	1.1	0.4	0.5	1.6
Acide iso-caproïque	2.6	2.5	1.0	1.4	3.9
Acide caproïque	0.6	0.7	0.2	0.5	1.0

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

Tableau 12: Acides carboxyliques volatils (en mmol/kg) dans le fromage L'Etivaz à rebibes AOP (N=7)

Acide carboxylique volatil	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Acides carboxyliques volatils totaux	28.1	27.5	4.1	20.5	31.7
Acide formique	0.4	0.5	0.1	0.3	0.6
Acide acétique	15.3	15.8	2.3	11.8	18.2
Acide propionique	0.6	0.7	0.4	0.2	1.5
Acide iso-butyrique	1.6	1.7	0.9	0.5	2.8
Acide butyrique	4.8	5.1	1.0	4.2	7.1
acide butyrique calculé	0.2	0.0	1.1	-1.4	1.6
Acide iso-valérique	0.4	0.6	0.4	0.2	1.2
Acide iso-caproïque	1.0	1.3	1.0	0.1	2.9
Acide caproïque	1.5	1.7	0.6	0.9	2.4

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée



L'acide caproïque a tendance à augmenter en cours de maturation. Il est normalement un sous-produit typique de la lipolyse de la matière grasse du fromage. Dans un équilibre normal, il peut conférer au fromage un bouquet agréable. Des valeurs comparables ont été trouvées pour le Fromage d'alpage bernois (0,4 mmol/kg), le Fromage à rebibes bernois (1,02 mmol/kg) et le Sbrinz (2,2 mmol/kg).

### 3.6 Composition en acides gras de la graisse

La particularité de L'Etivaz et de L'Etivaz à rebibes provient aussi du fait qu'ils sont exclusivement fabriqués à partir de lait d'alpage. La question est ainsi posée: est-ce que le lait d'alpage contient quelque chose de particulier? Plusieurs études d'Agroscope montrent que la composition de la matière grasse de ces fromages dépend fortement du pâturage alpestre. D'une manière générale, on observe une influence positive de l'augmentation de l'altitude sur la composition de la graisse laitière. La diversité botanique nettement plus élevée et le métabolisme de la vache à haute altitude pourraient expliquer ces effets positifs. Le lait de montagne et d'alpage a des teneurs en acides gras mono- et polyinsaturés (MUFA, PUFA) nettement plus élevées que celui provenant d'altitudes moins élevées. Le rapport idéal entre les acides gras oméga 3 et oméga 6 ainsi que les teneurs élevées en acides linoléique conjugués constituent des paramètres favorables aux produits d'alpage. D'ailleurs, ces paramètres typiques du lait d'alpage sont pris en compte en chimie alimentaire pour déterminer l'authenticité des produits laitiers d'alpage.

En comparaison avec les protéines, la matière grasse est plus stable durant la maturation du fromage, une très faible quantité étant lipolysée. Par contre, le type d'alimentation (fourrage vert ou sec) influence la composition des acides gras. Une jeune herbe par exemple contient beaucoup plus d'acides gras polyinsaturés (avant tout l'acide  $\alpha$ -linoléique) que du maïs ou des céréales. Avec des rations à forte proportion d'herbe, la part des acides gras saturés diminue au profit des acides gras mono et polyinsaturés, tels que l'acide linoléique,  $\alpha$ -linoléique, les acides gras oméga 3 et les CLA. Une partie considérable des acides gras polyinsaturés (PUFA) contenus dans le fourrage est transformée par la microflore de la panse en acides gras saturés. Ce processus, qualifié de biohydrogénation, se déroule par étapes lors desquelles se forment également des produits intermédiaires, comme des acides gras monoinsaturés (MUFA), des acides gras trans (tFA) et des acides linoléiques conjugués (CLA). L'effet physique de la biohydrogénation est comparable à une hydrogénation chimique partielle, un procédé utilisé autrefois pour durcir les graisses végétales. Lors de cette hydrogénation partielle de la graisse, divers acides gras *trans* se forment qui ne sont pas naturellement présents dans les denrées alimentaires, raison pour laquelle l'application de ce procédé a été limité dans l'industrie alimentaire.

La matière grasse du fromage se caractérise par un grand nombre et un large spectre d'acides gras allant de l'acide butyrique à l'acide stéarique ainsi que d'autres acides gras à longues chaînes en faibles concentrations. Aujourd'hui, on parle de plus de 400 acides gras dont 15 se trouvent à des concentrations supérieures à 1%. Les autres acides gras sont appelés mineurs. Les acides gras du lait peuvent être groupés de la manière suivante:

Acides gras à courtes chaînes	(C4 à C6)	10 - 11%
Acides gras saturés à moyennes chaînes	(C12 à C14)	12 - 16%
Acides gras saturés à longues chaînes	(C16 à C20)	35 - 45%
Acides gras insaturés à longues chaînes	(C16 à C20)	25 - 38%

Les acides gras monoinsaturés représentent environ 31,5% des acides gras totaux. Ce sont les esters de l'acide caproléique (C10:1 / 0,27%), de l'acide myristoléique (C14:1 / 1,16%), de l'acide pentadécénoïque (C15:1 / 0,31%), de l'acide heptadécénoïque (C17:1 / 0,35%) et de l'acide oléique (C18:1 / 27,97%). Les acides gras polyinsaturés représentent environ 5,2% des acides gras totaux. Ce sont les esters de l'acide linoléique (C18:2 / 1,24%), des acides linoléique conjugués (C18:2 / 1,94%) et de l'acide linoléique (C18:3 / 2,28%). L'acide linoléique (C18:2 c9c12) est le principal oméga 6 (70 à 80% des oméga 6 totaux). Il ne peut pas être synthétisé par l'organisme de l'homme. Il est donc un composé indispensable à l'organisme et obtenu exclusivement par voie alimentaire (huiles végétales). Il est essentiel à la formation de la barrière imperméable de la peau (épiderme). Il est aussi le précurseur de plusieurs hormones (eicosanoïdes). Depuis la découverte des propriétés antimutagènes des acides linoléiques conjugués

(CLA) dans les années 80, ces acides gras ont éveillé un grand intérêt en science de la nutrition. La formation des CLA repose sur une transformation spécifique d'acides gras insaturés par la flore du rumen et les cellules de la glande mammaire. Le terme CLA se rapporte à un certain nombre d'acides gras de constitution chimique déterminée, tous issus du métabolisme particulier des ruminants. Les teneurs en CLA de la graisse laitière se situent entre environ 0,5-2,5%. On présume aujourd'hui que certains CLA ont des propriétés favorables à la santé humaine. Dans diverses études, des effets anticancéreux, antidiabétiques et contre l'artériosclérose ont été postulés. Un grand nombre d'essais avec des animaux et des humains indiquent que les CLA influencent le métabolisme énergétique ainsi que celui de la matière grasse et des protéines. Les acides CLA sont aussi un bon indicateur saisonnier. La méthode d'analyse employée permet de déterminer entre 80 et 90% des CLA. Le principal CLA est l'acide ruménique (C18:2 c9t11). Cet acide gras est formé dans la panse à partir de l'acide  $\alpha$ -linoléique (C18:3 c9c12c15) et y est ensuite partiellement biohydrogéné en acide trans-vaccénique (C18:1 t11). L'acide linoléique (C18:3 c9c12c15) est le composé principal des omégas 3. Il représente entre 70 et 80% des omégas 3 totaux. Les acides gras omégas 3 sont comme les acides gras omégas 6 des acides gras polyinsaturés essentiels, indispensables à la vie. Ils ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme de l'homme. Ils sont donc obtenus exclusivement par voie alimentaire (huiles végétales) et ils sont métabolisés dans notre organisme. Dans notre alimentation, une proportion entre les acides omégas 3 et omégas 6 de 2 : 1 est recommandée. Dans la caractérisation des Etivaz, cette proportion est idéale.

Tableau 13: Composition des acides gras (% relatif) dans le fromage L'Etivaz AOP et le fromage L'Etivaz à rebibes AOP (N=16)

Acide gras	abréviation	médiane	moyenne	s <sub>x</sub>	min	max
Acide butyrique	C4	3.84	3.78	0.22	3.32	4.12
Acide caproïque	C6	2.09	2.11	0.17	1.89	2.49
Acide caprylique	C8	1.14	1.17	0.13	1.04	1.47
Acide caprique	C10	2.37	2.42	0.32	2.03	3.19
Acide caproléique	C10:1 c9	0.27	0.27	0.04	0.22	0.38
Acide laurique	C12	2.55	2.54	0.33	2.10	3.39
Somme div. AG1		0.45	0.46	0.04	0.42	0.52
Acide myristique	C14	9.73	9.73	0.58	8.77	10.66
Acide myristoléique	C14:1 c9	1.19	1.20	0.11	1.02	1.41
Somme div. AG2		0.69	0.69	0.05	0.57	0.80
Acide pentadécanoïque	C15	1.25	1.25	0.09	1.12	1.44
Acide pentadécènoïque	C15:1	0.32	0.32	0.03	0.25	0.36
Acide palmitique	C16	26.10	26.63	2.19	23.51	30.48
Acide palmitoléique	C16:1 c9	1.28	1.27	0.12	1.08	1.49
Somme div. AG 3		0.60	0.60	0.04	0.52	0.67
Acide heptadécanoïque	C17	0.73	0.73	0.08	0.56	0.84
Acide heptadécènoïque	C17:1	0.36	0.36	0.04	0.28	0.42
Acide stéarique	C18	10.92	11.02	0.84	9.43	12.98
Acide oléique	C18:1 c9	28.38	27.92	2.18	23.13	31.35
Acide linoléique	C18:2 c9c12	2.26	2.26	0.34	1.82	3.22
Acides linoléique conjugués	C18:2	1.83	1.89	0.45	0.89	2.64
Acide linoléique	C18:3 c9c12c15	1.14	1.21	0.27	0.82	1.94
Acide arachidonique	C20	0.17	0.18	0.03	0.13	0.24
Rapport acide oléique / acide palmitique		1.09	1.06	0.16	0.76	1.31

s<sub>x</sub>= écart type; min = valeur la plus basse; max = valeur la plus élevée

Tableau 14: Teneurs en acides α-linolénique, linoléique et linoléiques conjugués obtenues dans des fromages Gruyère AOP, L'Etivaz AOP et de L'Etivaz à rebibes AOP (N=16)

	Gruyère doux (N=6)	Gruyère mur (N=6)	Gruyère extra mur (N=6)	L'Etivaz / L'Etivaz à rebibes (N=16)
Mois de production	août / septembre	mai / juin	février /mars	juillet / août
Acide α-linolénique (C18:3 c9c12c15); (oméga 3)	0.91 ± 0.11	0.81 ± 0.07	0.79 ± 0.12	1.21 ± 0.27
Acide linoléique (C18:2 c9c12); (oméga 6)	2.04 ± 0.09	1.81 ± 0.23	1.87 ± 0.14	2.26 ± 0.34
Acide linoléiques conjugués (CLA)	1.64 ± 0.28	1.48 ± 0.30	1.01 ± 0.30	1.89 ± 0.45
Relation acide oléique / acide palmitique	0.93 ± 0.06	1.01 ± 0.13	0.81 ± 0.14	1.06 ± 0.16

Dans le lait produit en plaine, le rapport entre l'acide oléique et l'acide palmitique est de 0,73 pendant la saison d'été (fourrage vert) et de 0,55 en hiver (Sieber, 2011). Dans la graisse du lait d'alpage, ce rapport est toujours plus élevé que dans la graisse du lait produit en plaine. Dans cette étude, la valeur moyenne de ce rapport était à 1,06. L'effet saisonnier ainsi que le pâturage alpestre sont les causes à l'origine de cette valeur élevée. Pour obtenir une onctuosité et une souplesse idéale de la pâte du fromage, une valeur supérieure à 0,80 est recommandée par Agroscope. L'acide oléique a un point de fusion de 14°C, alors que les acides gras saturés ont un point de fusion supérieur à 60°C (acide palmitique 61°C, acide stéarique 70°C). Dans la graisse de lait, les acides gras sont présents sous la forme de triglycérides. Si ceux-ci contiennent des acides gras insaturés, on constate un abaissement du point de fusion des triglycérides avec pour conséquence une texture plus souple de la graisse de lait et donc une pâte plus souple.

## 4 Conclusions

L'objectif de cette étude était la caractérisation des fromages L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes à l'aide d'analyses chimiques. Les buts de cette caractérisation étaient multiples:

- Analyser les composants afin de disposer d'informations sur les produits au moment de leur commercialisation.
- Servir de base de réflexion pour définir des axes d'amélioration majeurs concernant la qualité et la valorisation de ces fromages artisanaux
- Confirmer que la qualité de la matière grasse laitière produite lors de l'estivage des vaches répond aux critères d'une alimentation saine.

Cette étude montre que grâce à l'application de critères stricts les fromages L'Etivaz et L'Etivaz à rebibes sont réellement des produits d'une qualité supérieure. Les éléments du terroir et humains sont liés à la valeur du produit. Eu égard aux conditions de production simples sur les alpages et les différentes provenances régionales des fromages analysés, l'écart relativement faible au niveau des paramètres analysés est remarquable. On dispose désormais d'informations détaillées sur la composition des fromages L'Etivaz de bonne qualité. Ces informations seront utiles pour la consultation et l'amélioration de la qualité du fromage.

## 5 Références

- Badertscher, R., Lininger, A., Steiger, G. (1993). Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren in Käse aus dem Wasserdampfdestillat mit `Headspace - GC/FID`. *FAM-Information* 272, 1-9.
- Bosset, J. O., Bütikofer, U., Gauch, R., Sieber, R. (1994). Caractérisation de fromages d'alpages subalpins suisses: mise en évidence par GC-MS de terpènes et d'hydrocarbures aliphatiques lors de l'analyse par "Purge and Trap" des arômes volatils de ces fromages. (Occurrence of terpenes and aliphatic hydrocarbons in Swiss Gruyère and Etivaz alpine cheeses using dynamic Headspace GC-MS analysis of their volatile flavour compounds). *Schweizerische Milchwirtschaftliche Forschung* 23(2), 37-41.
- Bosset, J. O., Jeangros, B., Berger, T., Bütikofer, U., Collomb, M., Gauch, R., Lavanchy, P., Scehovic, J., Troxler, J., Sieber, R. (1999). Comparaison de fromage à pâte dure de type Gruyère produits en région de montagne et de plaine. (Comparison of Swiss hard cheese Gruyère-type produced in highland and lowland). *Revue Suisse d'Agriculture* 31(1), 17-22.
- Bosset, J. O., Jeangros, B. (2000). Comparison of some highland and lowland Gruyère type cheese from Switzerland: a study of their potential PDO-characteristics. Gagnaux, D., Poffet, J. R., and Editors. *Livestock farming systems - Integrating animal science advances into the search for sustainability*. 337-339. Wageningen, The Netherlands, 2000, Wageningen Pers.
- Bosset, J. O., Bütikofer, U., Sieber, R., Dafflon, O., Koch, H., Scheurer, L. (1997). Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Käse. *Agrarforschung* 4, 411-414.
- Bosset, J. O., Bütikofer, U., Dafflon, O., Koch, H., Scheurer-Simonet, L., Sieber, R. (1998). Teneur en hydrocarbures aromatiques polycycliques de fromages avec et sans flaveur de fumée. (Occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in cheese with and without a smoked flavour). *Sciences des Aliments* 18(4), 347-359.
- Bütikofer, U., Fuchs, D. (1997). Development of free amino acids in Appenzeller, Emmentaler, Gruyère, Raclette, Sbrinz and Tilsiter cheese. *Lait* 77(1), 91-100.
- Collomb, M., Bütikofer, U., Spahni, M., Jeangros, B., Bosset, J. O. (1999). Composition en acides gras et en glycérides de la matière grasse du lait de vache en zones de montagne et de plaine. *Sciences des Aliments* 19, 97-110.
- Collomb, M., Bühler, T. (2000). Analyse de la composition en acides gras de la grasse de lait, I. Optimisation et validation d'une méthode générale à haute résolution. *Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène* 91, 306-332.
- Frister H., Meisel H. und Schlimme E. (1989). Photometrische Messung des Proteolyseverlaufs in Schnittkäse mit Hilfe der modifizierten OPA-Methode. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*. 41: 237.
- Jeangros, B., Troxler, J., Conod, D., Scehovic, J., Bosset, J. O., Bütikofer, U., Gauch, R., Mariaca, R., Pauchard, J. P., Sieber, R. (1997). Relation entre les caractéristiques de l'herbe et celles du fromage. Présentation et premiers résultats d'une étude pluridisciplinaire. (Relationships between the characteristics of grass and those of cheese. Presentation and preliminary results of a multi-disciplinary study). *Fourrages* 152, 437-443.
- Mariaca, R. G., Berger, T. F. H., Gauch, R., Imhof, M. I., Jeangros, B., Bosset, J. O. (1997). Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(11), 4423-4434.
- Pillonel, L., Albrecht, B., Badertscher, R., Bütikofer, U., Chamba, J. F., Tabacchi, R., Bosset, J. O. (2003). Analytical methods for the determination of the geographic origin of Emmentaler cheese. Parameters of proteolysis and rheology. *Italian Journal of Food Science* 15, 49-62.
- Scehovic, J., Jeangros, B., Troxler, J., Bosset, J. O. (1998). Effets de la composition botanique des herbages pâturés sur quelques composants des fromages de type L'Etivaz ou Gruyère. (Effects of the botanical composition of grazing areas on some components of L'Etivaz or Gruyère-type cheeses). *Revue Suisse d'Agriculture* 30(4), 167-171.
- Sieber R. (2011). Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft. *ALP science*. (538), 1-40.