

Série LACTOBEEF

Ingestion de petit-lait à l'alpage par des bovins à viande et qualité de la viande

Pierre-Alain Dufey¹, Jessika Messadene² et Paolo Silacci¹¹Agroscope, Institut des sciences en production animale IPA, 1725 Posieux, Suisse²Agroscope, Institut des sciences en denrées alimentaires IDA, 1725 Posieux, Suisse

Renseignements: Pierre-Alain Dufey, e-mail: pierre-alain.dufey@agroscope.admin.ch



Jury en analyses sensorielles spécialisé dans la viande à Agroscope Posieux.

(Photo: Olivier Bloch, Agroscope)

Introduction

L'apport de fortes quantités de petit-lait dans l'alimentation du bovin au pâturage (encadré 1) soulève toute une série de questions, notamment en relation avec la qualité de la viande. Sur le plan sensoriel, des saveurs particulières et spécifiques pourraient apparaître. En effet, la viande d'animaux nourris à l'herbe a été décrite dans des études nord-américaines (Larick *et al.* 1987) et dans un article de synthèse (Priolo *et al.* 2001) comme ayant une saveur «pastorale» (ou «herbacée») très intense ainsi qu'une saveur «laiteuse» marquée, les deux étant fortement corrélées. Toutefois, nos propres

essais, réalisés dans le contexte d'une production de viande à base d'herbages, en plaine ou en montagne, n'ont pas permis de mettre en évidence de telles différences, nous conduisant à remettre en question ces notions dans nos conditions de production (Messadene et Dufey 2010).

La recherche de «biomarqueurs» dans la viande est une autre question d'intérêt liée à la présence ou non d'une empreinte de l'alimentation. Cette dernière, lorsqu'elle est à base d'herbe, tient une place particulière car elle constitue l'un des liens au terroir d'origine (Engel *et al.* 2007; Prache *et al.* 2007). Les essais réalisés ont donné des résultats très prometteurs avec des acides

Encadré 1 | Le projet LACTOBEEF

La plupart des zones d'estivage ou d'alpage sont concernées par deux problématiques spécifiques: l'avancée de la forêt (qui se fait au détriment de ces zones) et la gestion du petit-lait, un défi écologique de taille. Ces deux problématiques contribuent à fragiliser le patrimoine national que sont les alpages et les produits qui en découlent. Le projet LACTOBEEF avait pour objectif de vérifier si la présence de bovins à viande dans ces zones peut représenter une alternative intéressante en couplant les deux productions – le lait et la viande. Ce système de production pourrait contribuer à la pérennisation des alpages par une augmentation de la pression de pâture et par une réduction de l'impact environnemental en valorisant le petit-lait sur place. Ce concept de production soulève toute une série de questions en relation avec les herbages, les animaux, la qualité de la viande, les aspects économiques et écologiques. Les questions du projet LACTOBEEF ont donc été abordées sous plusieurs angles par une approche systémique. Ces différents domaines d'investigation ont été traités sur le domaine expérimental de La Frêtaz pour les aspects scientifiques et dans le cadre du Parc Naturel Régional Gruyère Pays-d'Enhaut pour les aspects technico-économiques.

La série d'articles LACTOBEEF publiée dans *Recherche Agronomique Suisse* permet de diffuser une sélection de résultats démontrant que, par sa démarche innovante, ce projet pourrait contribuer à consolider un pan de l'économie alpestre tout en apportant, par le biais des bovins à viande, *un service environnemental*.

gras qui permettent d'évaluer l'appartenance d'un animal à un groupe donné de manière totalement fiable et indiquant qu'une traçabilité analytique est envisageable (Dufey 2013). Aucune étude à notre connaissance n'a été publiée sur le profil en acides gras de la viande produite avec du petit-lait ni sur la possibilité de la tracer.

Ces différents domaines d'investigation ont donc été abordés en 2012 et 2013, lors de deux essais réalisés sur le

Résumé

Le lactosérum ou petit-lait est présent en grande quantité dans les zones de production de fromage d'alpage et représente une source d'énergie à valoriser. Cette étude du projet LACTOBEEF avait pour but de comparer la qualité de la viande issue de 96 bovins à viande ayant consommé ou non ce coproduit. Les animaux d'un poids vif moyen de 480 kg étaient pour moitié des génisses et pour moitié des bœufs de différentes races ou issus de croisements de races à viande, engraisés durant 95 jours en moyenne montagne lors de deux essais et répartis dans trois variantes expérimentales: pâture à l'herbe (H), pâture à l'herbe avec un apport énergétique sous la forme d'orge (O) ou de petit-lait chaud non écrémé (PL) donné en quantité limitée (2012) ou à volonté (2013). Distribué à raison de 25 ou 33 l en moyenne par jour et par animal, le lactosérum n'altère pas les propriétés sensorielles et physico-chimiques de la viande. La composition en acides gras d'intérêt n'est que très peu modifiée par la variante alimentaire. L'origine génétique a un impact beaucoup plus marqué sur l'ensemble des variables. La viande provenant d'animaux ayant consommé du petit-lait est identifiable à 100 % par une analyse multivariée incluant certains acides gras.

domaine expérimental de La Frêtaz, à 1200 m d'altitude, dans le Jura vaudois, pour étudier la valorisation du petit-lait par des bovins d'engraissement. Ce numéro de *Recherche Agronomique Suisse* aborde également les observations autour de la pâture (Meisser *et al.* 2016) ainsi que les performances zootechniques et le comportement d'ingestion (Morel *et al.* 2016). ➤

Encadré 2 | Dispositif expérimental général des essais de 2012 et 2013

Variantes expérimentales

Herbe à la pâture (H) complémentée avec 2 kg d'orge (O) ou du petit-lait doux chaud (PL), 20 l en 2012 et *ad libitum* en 2013.

Animaux

2 x 48 (2012 et 2013) bœufs et génisses; âge: 18 mois; PV: 480 kg.

Groupes génétiques

2012: Angus (An) – Limousin (Li) – Limousin x Angus (LiAn) – Limousin x Red Holstein (LiRH);
2013: Piémontais x Angus (PiAn) – Piémontais x Limousin (PiLi) – Limousin x Angus (LiAn) – Limousin x Red Holstein (LiRH).

Lieu

La Frêtaz (Jura vaudois), 1200 m d'altitude; durée: 94 jours (2012) et 95 jours (2013).

Système de pâture

Par rotation sur trois ou quatre parcelles par variante; même surface totale pour chaque variante et même chargement (respectivement 5,6 ha et 1,8 UGB/ha).

PV: poids vif; UGB: unité gros bétail

Matériel et méthodes

L'ensemble du projet ainsi que les conditions expérimentales détaillées sont décrites dans l'article de Dufey (2015). L'encadré 2 résume le dispositif expérimental général des essais réalisés à La Frêtaz. La méthodologie spécifique aux paramètres développés dans cet article est présentée succinctement ci-après.

Prélevés entre les 9^e et 12^e côtes dans le muscle *longissimus thoracis* (LT) ou faux-filet, 96 échantillons de viande ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques et sensorielles. Une partie de chaque échantillon a subi une maturation de 14 jours et une autre de 21 jours *post mortem* à une température de 2 ± 1 °C.

L'analyse sensorielle a été réalisée par le jury d'Agroscope à Posieux, composé de huit membres formés et entraînés à décrire, discriminer et noter les viandes. Pour les critères objectifs, 13 descripteurs de goût et de texture ont été utilisés. Le jury s'est également prononcé sur un critère subjectif, la préférence.

L'étude des biomarqueurs s'est concentrée sur le profil des acides gras par chromatographie gaz/liquide et chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC). Plus de 120 acides gras et combinaisons d'acides gras ont été étudiés par le biais d'une approche statistique multivariée, l'analyse factorielle discriminante.

Pour les autres variables, une analyse de variance à trois facteurs (variante alimentaire, groupe génétique et sexe) avec l'ensemble des interactions a été réalisée dans un premier temps. Avec un $p > 0,05$, ces dernières ont été retirées du modèle. Les interactions ne figurent pas dans les tableaux de résultats mais sont décrites dans le texte si elles sont significatives.

Pour 2012 et 2013, respectivement trois et deux animaux de la variante PL n'ont pas consommé de petit-lait et sont exclus de la mise en valeur, sauf pour la partie biomarqueurs.

Résultats et discussion

Les résultats de la **qualité sensorielle**, définie à l'aide de 13 descripteurs d'odeur, de goût (ou flaveur) et de texture, figurent dans les tableaux 1A et 1B. Globalement, la viande issue des animaux ayant consommé du petit-lait ne présente pas d'odeurs particulières, normales ou



Figure 1 | Appareil pour mesurer la force de cisaillement. Dix carottages sont effectués après cuisson pour établir une valeur moyenne par animal.

Tableau 1 | Profil sensoriel du muscle LT après 21 jours de maturation en fonction des variantes alimentaires pour 2012 (A) et 2013 (B)

A Essai 2012						
	Variantes			Valeur P		
	H	O	PL	Variantes	Race	Sexe
Nombre d'animaux	16	16	13			
Odeur normale	5,26	5,06	5,27	0,554	0,784	0,995
Odeur anormale	1,10	1,31	1,11	0,205	0,232	0,805
Acide	2,20	2,13	2,27	0,781	0,191	0,348
Umami	1,56	1,55	1,48	0,888	0,319	0,105
Herbacé	1,65	1,48	1,25	0,167	0,704	0,394
Laiteux	0,80	1,06	0,90	0,379	0,349	0,238
Petit-lait	0,54	0,62	0,63	0,683	0,154	0,899
Céréales	0,64	0,61	0,80	0,171	0,263	0,629
Foie	0,90	1,14	1,01	0,306	0,029	0,370
Grillé	2,25	2,31	2,53	0,622	0,131	0,518
Sang	1,74a	1,33b	1,53ab	0,031	0,056	0,844
Jutosité	6,47	6,15	6,18	0,544	0,500	0,988
Tendreté	6,78	6,41	6,58	0,371	0,246	0,810
Préférence	5,01	4,91	4,87	0,844	0,952	0,888

B Essai 2013						
	Variantes			Valeur P		
	H	O	PL	Variantes	Race	Sexe
Nombre d'animaux	16	16	14			
Odeur normale	5,02	5,29	5,30	0,250	0,003	0,244
Odeur anormale	0,93	0,86	0,74	0,490	0,002	0,140
Acide	2,20	2,23	2,42	0,580	0,032	0,634
Umami	2,49	2,41	2,04	0,124	0,319	0,501
Herbacé	1,69	1,70	1,72	0,960	0,896	0,159
Laiteux	0,89	0,95	0,81	0,520	0,005	0,110
Petit-lait	0,79	0,80	0,69	0,580	0,127	0,678
Céréales	1,04	0,91	1,18	0,078	0,115	0,911
Foie	1,68	1,40	1,51	0,231	0,028	0,158
Grillé	1,98	2,20	2,46	0,078	0,535	0,256
Sang	2,13	2,04	1,98	0,688	0,724	0,511
Jutosité	4,90	4,79	4,58	0,500	0,158	0,019
Tendreté	5,81	5,55	5,67	0,590	0,054	0,013
Préférence	4,77	5,08	4,98	0,582	0,566	0,199

LT: *longissimus thoracis*; H : herbe; O: herbe+orge; PL: herbe+petit-lait chaud; échelle d'intensité (0 à 10 points).

anormales, par rapport à la viande issue des deux autres groupes. Le goût du petit-lait ingéré par les animaux ne se retrouve pas dans la viande, puisque la note de flaveur «petit-lait» est semblable quels que soient les groupes, ce qui signifie que les valeurs obtenues entre 0,54 et 0,80 peuvent être considérées comme anecdotiques. Parmi les descripteurs, seule une différence significative entre les variantes alimentaires est apparue en 2012. La viande du groupe H présente en effet une note «sang» plus prononcée que celle du groupe O. A relever qu'aucun descripteur du goût ne dépasse en moyenne l'intensité de 2,5 sur une échelle de 10 points. Les flaveurs «herbacée» et «laitieuse», citées en introduction, demeurent à un niveau très faible, ce qui semble à nouveau confirmer que la découverte de la flaveur «herbacée» n'est pas imputable uniquement à l'ingestion d'herbe comme nous l'avons montré (Messadene et Dufey 2010).

En 2013, le profil sensoriel ne s'est pas modifié malgré l'ingestion quotidienne supplémentaire de huit litres en moyenne de petit-lait, soit environ 30 % de plus.

Si les variantes alimentaires ont très peu d'impact sur la qualité sensorielle, les races ou les croisements peuvent avoir un effet plus marqué. En 2012, la race Angus (An) présente une flaveur de «foie» significativement supérieure de 0,6 point aux autres groupes génétiques. En 2013, c'est le croisement Piémontais x Angus (PiAn) qui présente un profil sensoriel différent. Sa viande a obtenu une note «odeur normale» plus faible, mais compensée par des notes d'«odeurs anormales» plus élevées par rapport à tous les autres groupes génétiques. Il est probable que ces odeurs «anormales» proviennent de la flaveur «foie» également beaucoup plus marquée pour les PiAn. En revanche, le croisement avec la race Piémontais donne une viande plus tendre que les autres (+0,7 point), ce qui a déjà été observé en race pure, comparé à d'autres races à viande (Dufey et Chambaz 2004).

Mesurée instrumentalement par la **force de cisaillement** (fig. 1), l'évaluation de la tendreté a été réalisée après 2, 14 et 21 jours de maturation.

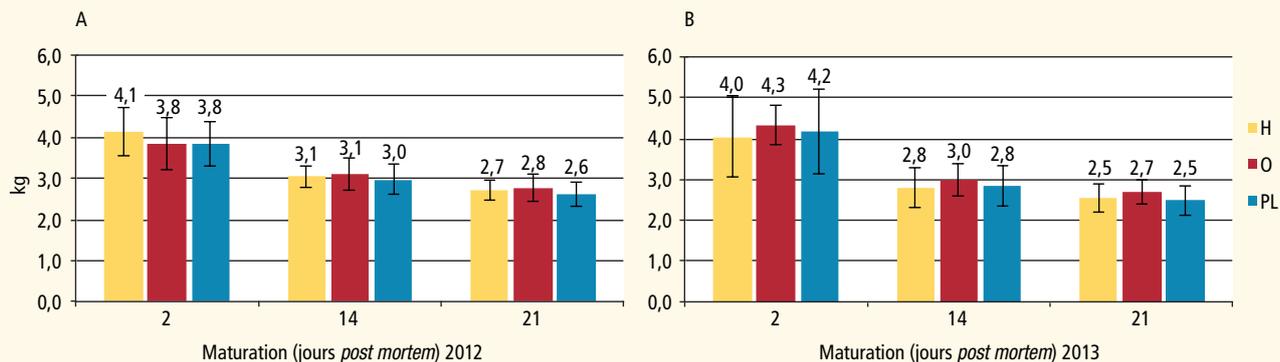


Figure 2 | Evaluation de la tendreté par la force de cisaillement après 2, 14 et 21 jours de maturation selon la variante alimentaire pour 2012 (A) et 2013 (B).

Comme les figures 2A et 2B l'indiquent, la viande s'attendrit normalement, passant de $4,07 \pm 0,74$ à $2,64 \pm 0,33$ kg en moyenne des deux essais entre 2 et 21 jours de maturation, ce qui représente un gain de 35 % de tendreté. Entre 14 et 21 jours, le gain réalisé est encore de huit points. Le niveau de tendreté mesuré deux jours *post mortem*, soit $4,07$ kg, se situe déjà dans la zone qualifiée d'«intermédiaire», entre dure et tendre, avec toutefois une variabilité encore relativement importante (CV 18 %). Après 14 et 21 jours de maturation, la viande de ces animaux se situe en moyenne en dessous de 3 kg de résistance; elle peut être qualifiée de «très tendre» et correspond à l'appréciation de «pleinement satisfait» pour le consommateur suisse (Dufey *et al.* 2015).

Les variantes alimentaires n'ont aucun impact sur la cinétique de la maturation ($p > 0,05$). On peut en conclure que l'ingestion de petit-lait doux et chaud, distribué de façon restrictive ou *ad libitum*, ne pèjore ni n'améliore la tendreté de la viande. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus en analyse sensorielle.

Par contre, des différences apparaissent entre les types génétiques en 2013. La viande des croisements

PiAn et surtout PiLi, c'est-à-dire avec la race père Piémontais, est significativement plus tendre ($p < 0,05$) que celle du croisement LiRH à 2, 14 et 21 jours de maturation. Les résultats à 21 jours confirment ceux obtenus en analyse sensorielle. Les facteurs étudiés ne présentent aucune interaction significative.

Les **pertes de poids** sont des variables importantes de la qualité de la viande exprimant la capacité de rétention d'eau. Elles sont mesurées ici par les pertes d'exsudat, visibles à l'achat lorsque la viande est présentée à l'étal ou en barquette, et par les pertes occasionnées lors de contraintes physiques, telles que la mise sous vide, la congélation et la cuisson. Avec des pertes moyennes de 1,6 % pour les deux années, les pertes d'exsudat sont à un niveau très faible (tabl. 2) et ne sont pas influencées par les variantes alimentaires. Les autres pertes sont représentées dans les figures 3A et 3B. Une seule différence apparaît en 2012 pour les pertes de maturation, le groupe O ayant des pertes plus élevées que le groupe PL ($p < 0,05$). Globalement, les pertes de poids enregistrées sont très basses, en particulier les pertes de cuisson.

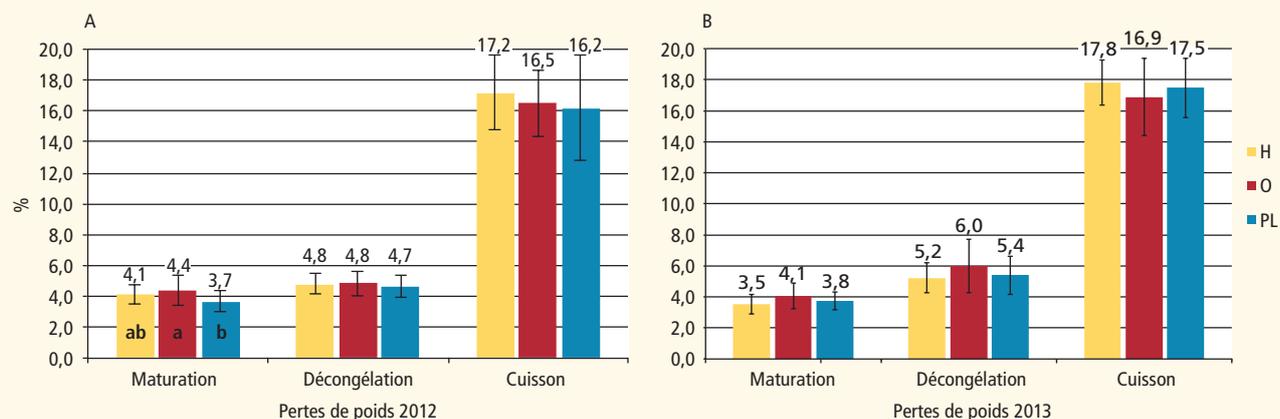


Figure 3 | Pertes de poids après maturation, décongélation et cuisson selon la variante alimentaire pour 2012 (A) et 2013 (B).

Tableau 2 | Evolution du pH *post mortem* et données biochimiques du muscle LT, pertes d'exsudat et longueur des sarcomères selon la variante alimentaire pour 2012 (A) et 2013 (B)

A Essai 2012						
	Variantes			Valeur P		
	H	O	PL	Variantes	Race	Sexe
Nombre d'animaux	16	16	13			
pH_1 h	6,19	6,18	6,19	0,971	0,041	0,797
pH_3 h	5,81	5,85	5,76	0,148	0,088	0,988
pH_5 h	5,59	5,57	5,51	0,081	0,036	0,386
pH_48 h	5,53	5,50	5,50	0,084	0,257	0,555
Lactate ($\mu\text{moles/g}$)	99,7b	100,7b	103,6a	0,018	0,892	0,517
GR ($\mu\text{moles/g}$)	5,9	7,2	5,9	0,535	0,283	0,017
PG ($\mu\text{moles/g}$)	131,0	138,2	138,0	0,150	0,442	0,038
Pertes d'exsudat	1,76	2,03	1,66	0,118	0,044	0,486
Sarcomères longueur (μm)	1,94a	1,86ab	1,81b	0,009	0,076	0,169

B Essai 2013						
	Variantes			Valeur P		
	H	O	PL	Variantes	Race	Sexe
Nombre d'animaux	16	16	14			
pH_1 h	6,20	6,18	6,16	0,300	0,009	0,080
pH_3 h	5,80	5,79	5,79	0,946	0,307	0,647
pH_5 h	5,65	5,62	5,59	0,318	0,611	0,336
pH_48 h	5,47	5,48	5,47	0,918	0,610	0,592
Lactate ($\mu\text{moles/g}$)	91,0b	91,0b	94,5a	0,038	0,011	0,837
GR ($\mu\text{moles/g}$)	10,2	6,2	7,4	0,142	0,008	0,892
PG ($\mu\text{moles/g}$)	133,8	124,1	131,1	0,234	0,002	0,867
Pertes d'exsudat (%)	1,37	1,30	1,23	0,533	0,184	0,000
Sarcomères longueur (μm)	1,84	1,84	1,89	0,416	0,968	0,219

LT: *Longissimus thoracis*; H: herbe; O: herbe+orge; PL: herbe+petit-lait chaud; GR: Glycogène résiduel; PG: Potentiel glycolytique.

Ces résultats sont cohérents avec les **mesures du pH** dans le muscle LT (tabl. 2) qui ne présentent pas de différences significatives entre les variantes alimentaires. Par contre, le faible niveau de pertes surprend puisque l'abaissement du pH est très rapide, se situant vers 5,8 déjà à 3 h *post mortem* et signifiant que la rigidité cadavérique s'est déjà installée. Elle n'a pourtant pas influencé négativement la capacité de rétention d'eau.

Des **données biochimiques** du muscle LT sont présentées dans les tableaux 2A et 2B. La teneur en lactate, résultant de l'utilisation anaérobie du glycogène *post mortem*, est la plus élevée lorsque les animaux consomment du petit-lait sans toutefois modifier le glycogène résiduel (GR) et surtout le pH à 48 heures (pH final). La présence en plus grande quantité de lactate, ou d'acide lactique, n'a pas altéré la flaveur, puisque la note d'acide donnée par le panel d'analyse sensorielle ne diffère pas des autres groupes. L'apport supplémentaire d'énergie dans la ration, sous la forme d'orge ou de petit-lait, n'a pas donné lieu à une augmentation du potentiel glycolytique (PG). Le PG moyen de 133 $\mu\text{moles/g}$ est à un niveau moyen (Immonen *et al.* 2000) mais suffisant et n'a engendré aucun cas de défaut de qualité DCB (*dark cutting beef*).

La **longueur des sarcomères** donne une indication sur l'état de contraction des myofibrilles. En 2012, elle est de 7 % inférieure dans le groupe PL à celle du groupe H (tabl. 2A), soit légèrement plus contractée, sans pour autant que les pertes d'exsudat et la tendreté, mesurée par le panel ou par la force de cisaillement, n'en soient altérées.

Pour l'ensemble des variables du tableau 2, l'impact des races est plus marqué que celui des variantes alimentaires. En 2012, pour le groupe génétique Angus, le pH s'abaisse moins rapidement que chez les autres groupes génétiques et les pertes d'exsudat sont significativement moindres. En 2013, les groupes génétiques LiRH et LiAn ont un profil du métabolisme énergétique dans le muscle différent, ayant des taux de lactate, de glycogène résiduel et au final un PG inférieurs aux animaux issus de croisements avec la race Piémontais respectivement de 4 %, 53 % et 14 %. En 2012, les femelles, et surtout les femelles Angus (interaction race x sexe $p < 0,05$), ont des valeurs inférieures par rapport aux mâles castrés pour les variables GR et PG. La race Angus n'étant plus présente en 2013, ces différences se sont estompées.

Sur l'ensemble des **acides gras** analysés dans le muscle LT, seuls ceux présentant un intérêt particulier

Tableau 3 | Teneur en graisse intramusculaire (GIM) et en acides gras d'intérêt (en % AGT) du muscle LT en fonction des variantes alimentaires pour 2012 (A) et 2013 (B)

A Essai 2012						
	Variantes			Valeur P		
	H	O	PL	Variantes	Race	Sexe
Nombre d'animaux	16	16	13			
GIM (g/100 g muscle)	2,2	2,5	2,4	0,731	0,000	0,191
C18:2 n-6	3,6	3,6	3,1	0,630	0,006	0,024
C18:3 n-3	2,0	1,6	1,7	0,167	0,002	0,013
LC-AGPI	1,8	1,4	1,6	0,448	0,001	0,021
AGS	47,8	48,4	47,1	0,086	0,000	0,005
AGMI	41,4	41,9	43,4	0,186	0,015	0,000
AGPI	10,8	9,7	9,5	0,547	0,009	0,017
n-6	5,9	6,0	5,4	0,742	0,009	0,030
n-3	4,3	3,5	3,7	0,210	0,002	0,012
n-6 / n-3	1,38b	1,74a	1,44b	0,000	0,132	0,590
α-tocophérol (mg/100 g muscle)	2,71	2,68	2,69	0,991	0,017	0,000

B Essai 2013						
	Variantes			Valeur P		
	H	O	PL	Variantes	Race	Sexe
Nombre d'animaux	16	16	14			
GIM (g/100 g muscle)	2,3	2,7	2,4	0,532	0,000	0,074
C18:2 n-6	4,5	3,7	3,5	0,339	0,002	0,299
C18:3 n-3	2,3	1,6	1,8	0,060	0,002	0,424
LC-AGPI	1,4	2,0	1,4	0,070	0,256	0,019
AGS	48,7	48,3	47,6	0,472	0,103	0,116
AGMI	39,4	42,3	42,3	0,060	0,024	0,056
AGPI	11,9	9,4	10,1	0,274	0,003	0,416
n-6	7,0	5,8	5,9	0,370	0,002	0,300
n-3	4,6	3,3	3,9	0,130	0,005	0,455
n-6 / n-3	1,6	1,5	1,5	0,908	0,887	0,471
α-tocophérol (mg/100 g muscle)	2,97	2,45	2,88	0,107	0,001	0,100

LT: *Longissimus thoracis*; AGT: acides gras totaux; H: herbe; O: herbe+orge; PL: herbe+petit-lait chaud; LC-AGPI: acides gras polyinsaturés à longue chaîne; AGS: acides gras saturés; AGMI: acides gras monoinsaturés; AGPI: acides gras polyinsaturés; n-6: acides gras famille des omégas 6; n-3: acides gras famille des omégas 3.

pour la nutrition humaine sont indiqués ici en pourcentage des acides gras totaux (% AGT) et figurent dans les tableaux 3A et 3B.

Globalement, les variantes alimentaires ne modifient pas la composition en acides gras d'intérêt de la graisse intramusculaire (GIM) du muscle LT. L'apport de petit-lait dans une ration à base d'herbage (PL) entraîne de légères différences par rapport au groupe H qui sont cohérentes entre les deux années, avec plus d'acides gras monoinsaturés (AGMI) et moins d'acides gras saturés (AGS) et polyinsaturés (AGPI), mais qui ne sont pas significatives. La seule différence significative apparaît dans le rapport n-6 / n-3, où le groupe O présente un rapport supérieur aux deux autres variantes alimentaires mais seulement pour l'année 2012. Le rapport n-6/n-3 se situe pour l'ensemble des groupes à un niveau extrêmement bas et favorable, puisque selon les recommandations de l'OMS ce rapport ne devrait pas dépasser la valeur de 4.

Par contre, les effets des groupes génétiques et du sexe sont beaucoup plus marqués que celui des variantes

alimentaires. Ces différences s'expliquent en grande partie par le niveau de GIM dans le muscle LT, en particulier chez les groupes génétiques. Dans le 1^{er} essai, les Angus ont en moyenne 4,1% de GIM contre respectivement 2,1, 1,8 et 1,4 pour les groupes LiAn, LiRH et Li. Dans le 2^e essai, avec 3,9%, les LiAn ont significativement plus de GIM que les autres avec respectivement 2,4, 2,1 et 1,4% pour les PiAn, LiRH et PiLi. Ces taux de GIM reflètent parfaitement le niveau de précocité d'abattage des races pures, de la plus précoce (Angus) à la plus tardive (Piémontais). Globalement, plus la quantité de GIM est faible, comme pour les Li et surtout les PiLi, plus la proportion de lipides membranaires sera importante par rapport aux lipides neutres ou graisse de réserve qui se forme plus tard. Or, les lipides membranaires sont beaucoup plus riches en acides gras polyinsaturés.

Pour les acides gras d'intérêt, l'effet sexe est surtout marqué dans le 1^{er} essai où les femelles, à l'exception des AGMI, ont significativement moins d'acides gras linoléiques (C18 :2 n-6), linoléiques (C18 :3 n-3), d'acides

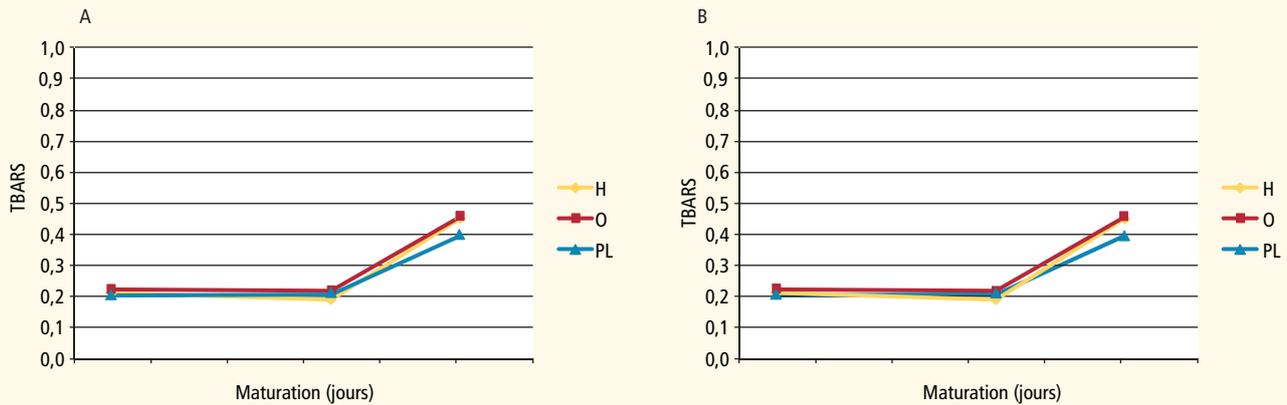


Figure 4 | Evolution de l'oxydation (TBARS) durant la maturation (2 à 21 jours) dans le muscle LT en fonction des variantes alimentaires pour 2012 (A) et 2013 (B).

gras polyinsaturés à longue chaîne (LC-AGPI), d'AGS et d'AGPI ainsi que moins d'acides gras oméga 6 (n-6) et oméga 3 (n-3). Les différences liées au sexe vont dans le même sens dans le 2^e essai mais ne sont pas significatives en raison d'une part de différences plus faibles mais d'autre part du croisement PiAn qui a systématiquement des résultats inverses, même si aucune interaction n'est significative à $p < 0,05$.

La **résistance à l'oxydation** est principalement liée à la quantité et la qualité des graisses. Elle est exprimée sur les figures 4A et 4B par la valeur TBARS (ensemble des substances qui réagissent à l'acide thiobarbiturique).

La résistance à l'oxydation est excellente pour l'ensemble des régimes alimentaires du projet. Elle n'est influencée ni par un apport d'énergie supplémentaire sous forme de petit-lait ou d'orge ni par les groupes

génétiques. La principale raison de cette résistance à l'oxydation est la présence de vitamine E ou α -tocophérol dans l'herbe ingérée, un antioxydant très puissant et qui s'accumule par la suite dans le muscle. Les variantes alimentaires, toutes à base d'herbages, n'en modifient pas les teneurs (tabl. 3A et 3B).

Après trois semaines de maturation, une oxydation se développe. Toutefois, la limite à partir de laquelle le consommateur est en mesure de percevoir des saveurs rances ou des déviations de goût liées aux phénomènes d'oxydation se situe entre 0,5 et à 1,0 TBARS (Tarladgis *et al.* 1960), niveau qui n'est atteint par aucun traitement après 21 jours.

Les acides gras dans la viande peuvent être utilisés comme marqueurs de l'alimentation ou «**biomarqueurs**», permettant une traçabilité analytique de la

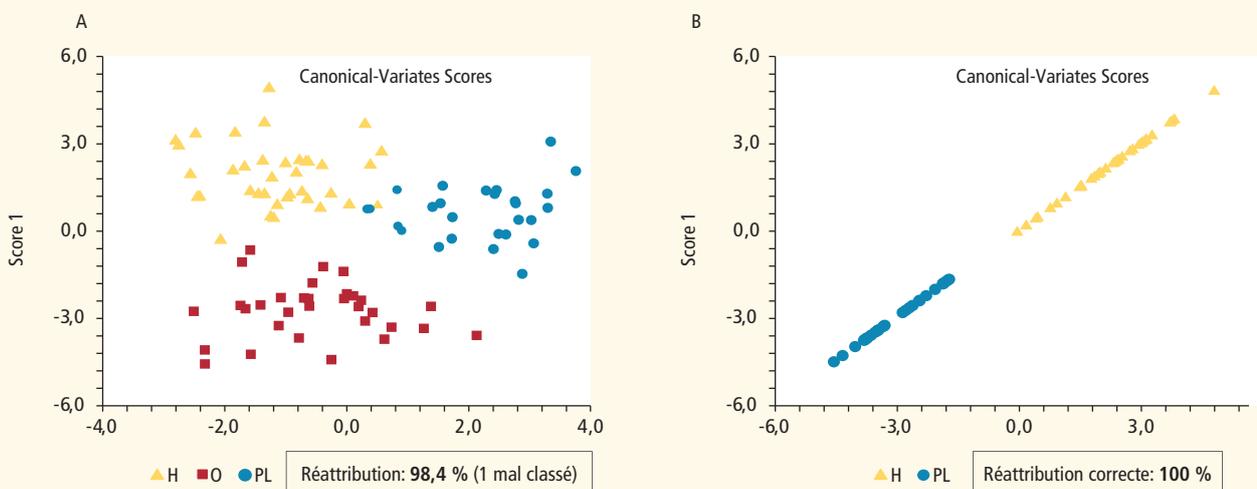


Figure 5 | Traçabilité à l'aide d'acides gras biomarqueurs: analyse factorielle discriminante et graphiques des individus en fonction des trois variantes alimentaires (A) ou réduite aux animaux ayant consommé ou non du petit-lait en plus des herbages (B).

viande. Dans le contexte du projet LACTOBEEF, la question principale était: peut-on démontrer qu'une viande provient d'un animal ayant consommé du petit-lait durant la période d'estivage? Pour y répondre, la mise en valeur des données s'est faite en ne tenant compte que de la variante alimentaire, c'est-à-dire sans considérer les effets des groupes génétiques, des années et du sexe. Les résultats sont illustrés dans les figures 5A et 5B.

L'alimentation laisse une empreinte suffisante dans la viande pour distinguer les trois groupes expérimentaux. Elle a toutefois nécessité l'introduction de 23 variables (acides gras) dans l'analyse factorielle discriminante, pour obtenir au final une réattribution correcte à 98,4% (fig. 5A). Seul un animal du groupe H a été mal classé et attribué au groupe PL. La question principale était toutefois de pouvoir faire la distinction entre des animaux estivés ayant consommé ou non du petit-lait. Dans ce cas, 19 variables ont été nécessaires pour obtenir au final un taux de réattribution correcte de 100% (fig. 5B), ce qui signifie que sur les 64 échantillons de viande, l'appartenance à un groupe donné, soit le groupe H ou le groupe PL, a été identifiée correctement dans tous les cas.

Ce résultat est légèrement moins bon que ceux obtenus auparavant dans de précédents essais. Pour ces derniers, une reconnaissance à 100% du régime alimentaire ou même du lieu de production était obtenue par l'introduction «seulement» d'une dizaine de variables (Dufey 2013). L'incorporation dans la ration d'un petit-lait issu d'un lait produit sur des prairies voisines à celles de l'essai, augmente la difficulté de la traçabilité du

produit. Néanmoins, il faut souligner que le modèle statistique est très robuste, puisque la reconnaissance du régime alimentaire englobe les variabilités liées à la présence de six races ou croisements, de deux sexes, femelles et mâles castrés, et le tout réalisé sur deux saisons (2012 et 2013).

Le thème de la rémanence, c'est-à-dire dans ce cas de figure, le maintien de cette «empreinte ou marque de l'alimentation» dans la viande lors d'un changement de la composition de la ration, doit encore faire l'objet d'investigations. On pense en particulier au passage à un régime de finition après la désalpe s'il s'avère nécessaire.

Conclusions

Le petit-lait ou lactosérum chaud issu directement de la fabrication de fromage d'alpage, même ingéré en grande quantité, n'altère pas les qualités sensorielles et physico-chimiques de la viande.

En complément à une ration à base d'herbages, l'ingestion de petit-lait ou d'orge ne modifie que faiblement la composition en acides gras d'intérêt de la viande. Par contre, l'impact du groupe génétique sur ces acides gras est très marqué. La consommation de petit-lait par des bovins laisse une empreinte suffisante dans la viande pour qu'une traçabilité analytique soit possible par le biais de certains acides gras, traçabilité qui donne de très bons résultats. ■

Riassunto

Consumo di siero di latte sugli alpeggi da parte dei bovini da carne e qualità della carne
 Il siero di latte è presente in grandi quantità nelle zone di produzione di formaggio d'alpe e rappresenta una fonte energetica da valorizzare. Il presente studio si era posto l'obiettivo di confrontare la qualità della carne proveniente da 96 bovini da carne che hanno consumato o meno questo sottoprodotto. La metà degli animali, dal peso vivo medio di 480 kg, era giovenche e l'altra metà bovini di razze o incroci di razze da carne diverse. Gli animali sono stati ingrassati durante 95 giorni in media montagna durante due prove e suddivisi in tre varianti sperimentali: pascolo con erba (E), pascolo con erba con apporto energetico sotto forma di orzo (O) o di siero di latte caldo non scremato (SL) fornito in quantità limitata (2012) o a volontà (2013). Fornito per 25 o 33 litri in media al giorno e per animale, il siero di latte non altera le proprietà sensoriali e fisico-chimiche della carne. La composizione degli acidi grassi rilevanti è poco modificata dalla variante alimentare. L'origine genetica ha un impatto molto più marcato sull'insieme delle variabili. La carne proveniente dagli animali che hanno consumato il siero di latte è identificabile al 100% tramite un'analisi multivariata che include alcuni acidi grassi.

Summary

Ingestion of whey on alpine pastures by beef cattle and quality of the meat
 Whey is present in large quantities in the alpine-cheese production zones, and represents a source of energy that should be utilised. The quality of the meat from 96 beef cattle which either consumed or did not consume this by-product was compared in two trials carried out 2012 and 2013. The animals, with an average live weight of 480 kg, consisted half of heifers and half of steers, belonged to different breeds or crosses of beef breeds, and were fattened for 95 days in mid-mountain areas. The animals were allocated to one of three experimental treatments: grazing (G), or grazing with an energy supplement in the form of barley (B) or warm, full-fat whey (W) distributed in a limited quantity (2012) or ad libitum (2013). Distributed at an average rate of 25 or 33 litres per day and animal, whey did not affect the sensorial and physicochemical properties of the meat. The fatty-acid profile of interest was only very slightly modified by the feeding treatment. Breed had a much more pronounced impact on the full set of variables. Meat from animals that consumed whey was 100% identifiable via a multivariate analysis including certain fatty acids.

Key words: beef cattle, meat quality, whey, mountain, traceability.

Bibliographie

- Dufey P.-A., 2015. Série LACTOBEEF: Valorisation du petit-lait sur les alpages par des bovins à viande. *Recherche Agronomique Suisse* 6, 11 – 12, 488–493.
- Dufey P.-A. & Chambaz A., 2004. Qualité de la viande de boeufs de six races à viande. *Revue suisse Agric.* 36, 6, 265–274.
- Dufey P.-A., Silacci P. & Messadene J., 2015. Relationship between shear forces, level of satisfaction and price of beefsteak in Switzerland. In: 11th Pangborn Sensory Science Symposium, Gothenburg, Sweden. 23–27 August. P2.080
- Dufey P.-A., 2013. Viande bovine suisse: utilisation des acides gras de la graisse intramusculaire comme biomarqueurs de l'alimentation et de la provenance. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung*. 36, 136–139.
- Engel E., Ferlay A., Cornu A., Chilliard Y., Agabriel C., Bielicki G. & Martin B., 2007. Relevance of isotopic and molecular biomarkers for the authentication of milk according to production zone and type of feeding of the cow. *J. Agric. Food Chem.* 55 (22), 9099–9108.
- Immonen, K., Ruusunen M., Hissa K. & Puolanne E., 2000. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Sci.* 55, 25–31.
- Larick, D. K., Hedrick H. B., Bailey M. E., Williams J. E., Hancock D. L., Garner G. B. & Morrow R. E., 1987. Flavor constituents of beef as influenced by forage- and grain-feeding. *J. Food Sci.* 52, 245–251.
- Messadene J. & Dufey P.-A., 2010. Grassy flavor in beef: a well-established notion called into question. In: 4th EuroSense - A Sense of Quality. 5–8 Sept., Ed. Eurosense, Vitoria-Gasteiz, Spain. P2.122
- Prache S., Martin B., Nozière P., Engel E., Besle J.M., Ferlay A., Micol D., Cornu A., Cassar-Malek I. & Andueza D., 2007. Authentication de l'alimentation des ruminants à partir de la composition de leurs produits et tissus. *INRA Prod. Anim.* 20 (4), 295–308.
- Priolo A., Micol D. & Agabriel J., 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research* 50, 185–200.
- Tarladgis B.G., Watts B. M. & Younathan M. T., 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 37, 44–48.