

Effets Conjoints



Face au poids de la technologie, quel est le rôle de la microflore du lait cru sur les caractéristiques sensorielles du fromage ?

Les travaux du GIS
Alpes Jura
bénéficient du
soutien financier
des membres du
GIS, et de celui de
la Région Rhône
Alpes, de l'Union
Européenne
et du ministère de
l'Agriculture

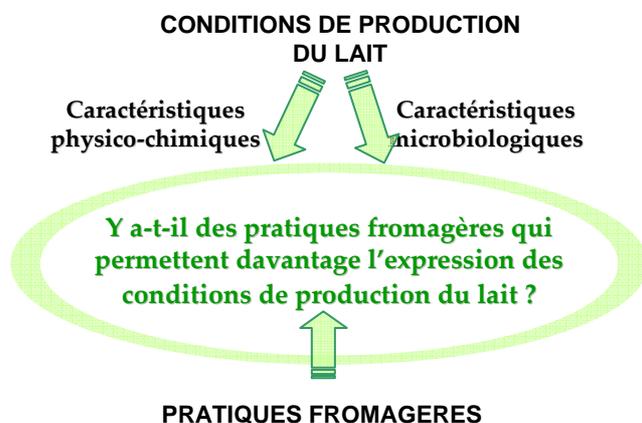
Contexte

Les effets des conditions de production du lait sur les caractéristiques sensorielles des fromages ont été largement étudiés au cours des dernières années ; ils sont liés aux caractéristiques chimiques et microbiologiques des laits crus. D'autre part, la variabilité des itinéraires techniques existants au sein d'une technologie fromagère agit sur les caractéristiques sensorielles des fromages.

Quelques études récentes suggèrent cependant que les caractéristiques des laits et les pratiques fromagères pourraient interagir pour former les caractéristiques sensorielles des fromages. Ces interactions sont peu documentées ; cette question est pourtant centrale pour les filières au lait cru qui souhaitent favoriser l'expression sensorielle des caractéristiques des laits crus.

Objectif

L'objectif de cette étude a été de préciser comment les liens entre la variabilité intra-technologie et les caractéristiques sensorielles des fromages Reblochon sont modulés par la composition des laits crus.

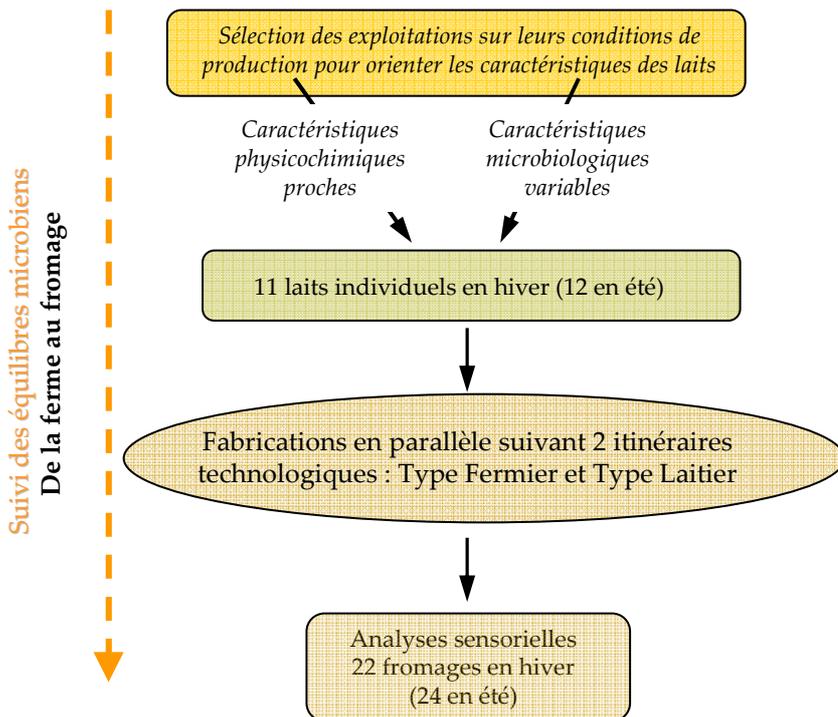


Matériel et méthode

Le dispositif

En janvier et juillet 2011, respectivement onze et douze laits, issus d'exploitations sélectionnées sur la diversité de leurs pratiques, ont été transformés en Reblochon, suivant deux itinéraires technologiques (IT) de types Fermier et Laitier, représentatifs des pratiques fromagères existantes. Les fabrications ont été réalisées en fromagerie expérimentale (Actilait, La Roche sur Foron) ; l'affinage a eu lieu dans un atelier fermier (GAEC Pré Jourdan, Saint Laurent en Faucigny) et un atelier laitier (Atelier Chabert, Cruseilles), respectivement pour les itinéraires technologiques Fermier et Laitier.

Les profils sensoriels des fromages fabriqués ont été décrits par un jury expérimenté (Les Maisons du Goût, Rennes). Les paramètres technologiques de fabrication ont été surveillés ; des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été réalisées sur les laits, les fromages en cours de fabrication et affinés.



Les analyses microbiologiques

Quatorze groupes microbiens (ci-contre) ont été dénombrés dans le lait cru et à 4 stades de fabrication, pour chaque fabrication homologuée*. Les stades d'analyse étaient « caillé à 1 jour » (J+1), « sortie séchoir », « pliage », « affiné ».

* Les fabrications ou fromages homologues sont réalisés le même jour avec le même lait par les 2 itinéraires technologiques Fermier et Laitier

Les exploitations

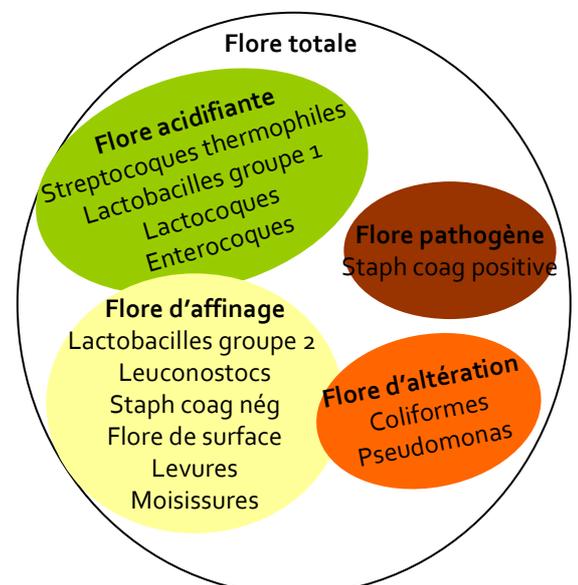
Les exploitations retenues étaient situées en Haute-Savoie, dans la zone d'appellation Reblochon et à ce titre respectaient le cahier des charges de l'AOP. Les exploitations étaient établies entre 500 et 1000 m d'altitude, leurs quotas laitiers étaient compris entre 112 et 398 000 L. Les troupeaux étaient constitués de 22 à 69 vaches laitières.



La technologie fromagère

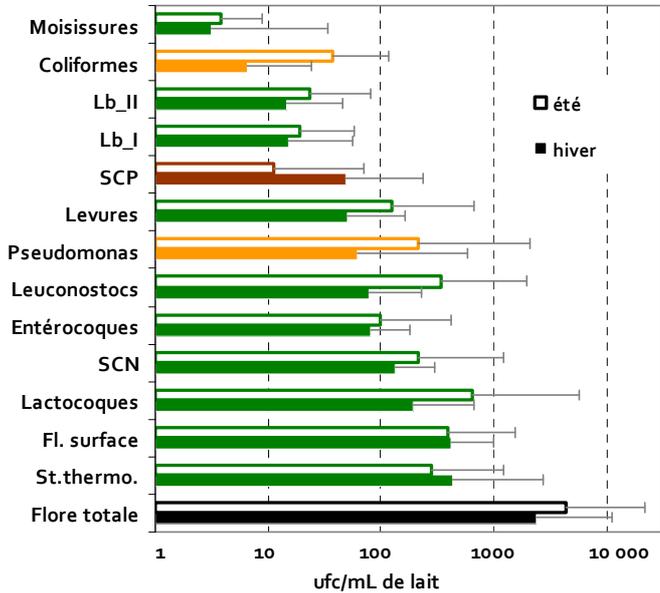
Les Itinéraires Technologiques (IT) mis en œuvre se différencient par :

- le niveau et la nature des ferments employés : uniquement des ferments lactiques et en moindre quantité en fabrication type Fermier ;
- les temps de travail en cuve, plus longs en fabrication type Fermier ;
- les conditions d'affinage, ateliers différents et durée d'affinage plus longue en fabrication type Fermier.



Composition des laits

Equilibres microbiens des laits mis en oeuvre

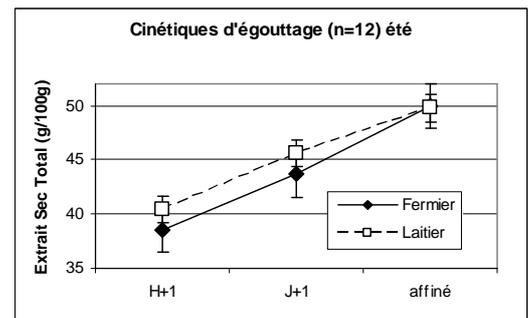
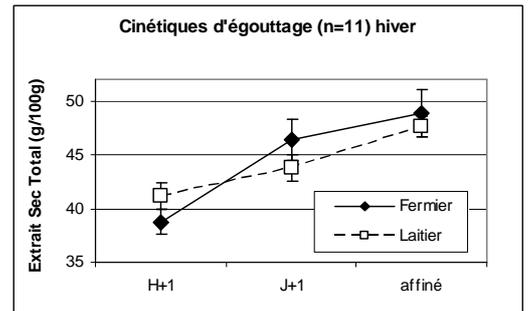
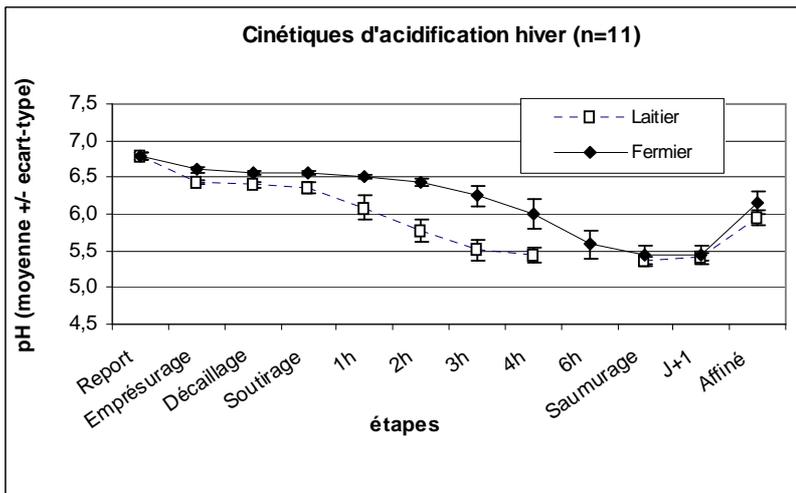


Les laits transformés en hiver et en été ont présenté des compositions physicochimiques identiques après standardisation du rapport TB/TP (tableau ci-dessous). Les différences de composition microbiologique entre les deux saisons sont minimales (graphique ci-contre). Les laits d'hiver contenaient plus de Staphylocoques à coagulase positive (SCP), moins de coliformes et moins de *Leuconostocs*.

	hiver		été	
	moyenne	écart type	moyenne	écart type
Effectif	11		12	
TB (mg/mL lait)	39,0	1,8	39,2	1,7
TP (mg/mL lait)	33,5	1,2	33,7	1,4
Cellules (x1000/mL)	92,7	0,0	132,6	0,0
Urée (mg/L)	284	72	252	41
Lactose (g/100g)	4,3	0,3	4,4	0,2

Lb_I : Lactobacilles du groupe I; *Lb_II* : Lactobacilles du groupe II; *SCP* et *SCN* : Staphylocoques à coagulase positive et négative, respectivement; *St. Thermo* : Streptocoques thermophiles; *FL. surface* : flore de surface. Barres d'erreur : écarts-types de l'échantillon. Noir : flore totale; vert : flore d'intérêt technologique; rouge : flore potentiellement pathogène; orange : flore d'altération.

Conformément à ce qui était attendu selon les itinéraires technologiques, les cinétiques d'acidification (graphique ci-dessous à gauche) montrent que la diminution de pH est plus rapide en technologie de type Laitier. Les pH atteints après 1 jour (j+1) et en fromage affiné sont en revanche similaires. Les itinéraires technologiques, et les cinétiques d'acidification observées ont été identiques en été.

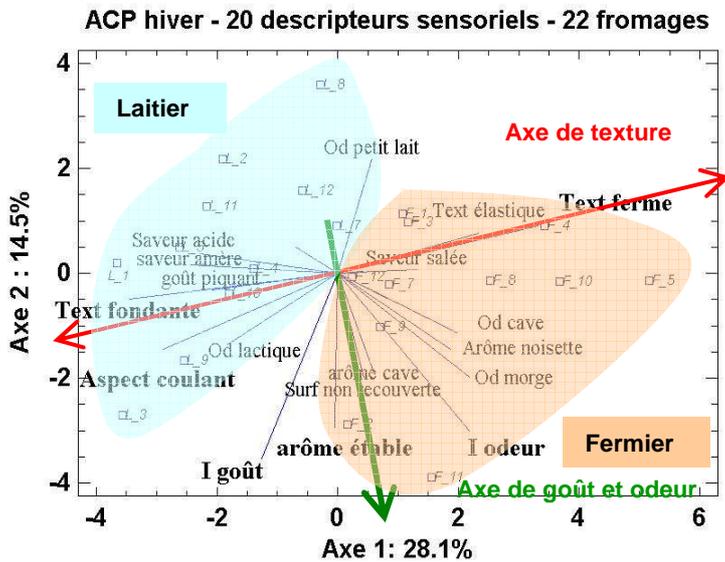


Quelle que soit la saison (graphiques ci-contre), l'égouttage a été plus rapide en Laitier qu'en Fermier (fromages plus secs 1h après moulage (H+1)). A J+1 en été, les caillés Laitiers étaient plus secs que les Fermiers, au contraire des caillés en hiver, où les Fermiers étaient plus secs. En revanche, en fin d'affinage, il n'y a pas de différence d'extrait sec entre fromages Fermiers et Laitiers, en été comme en hiver.

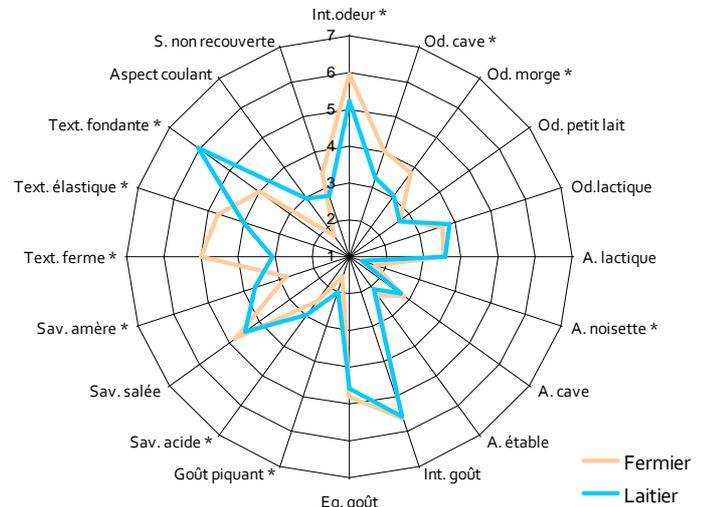
Abréviations des étapes de fabrication :
H+1: 1h après soutirage,
J+1: 24h après soutirage.

Les variations intra-technologie influent sur les caractéristiques sensorielles du fromage

En été comme en hiver les fromages se distinguent dans un premier temps par la technologie de fabrication, les fromages Laitiers et Fermiers étant bien séparés sur les Analyses en Composantes Principales (ACP). Les descripteurs sensoriels les plus discriminants sont les critères de texture sur l'axe 1 ainsi que l'intensité du goût et de l'odeur sur le deuxième axe.

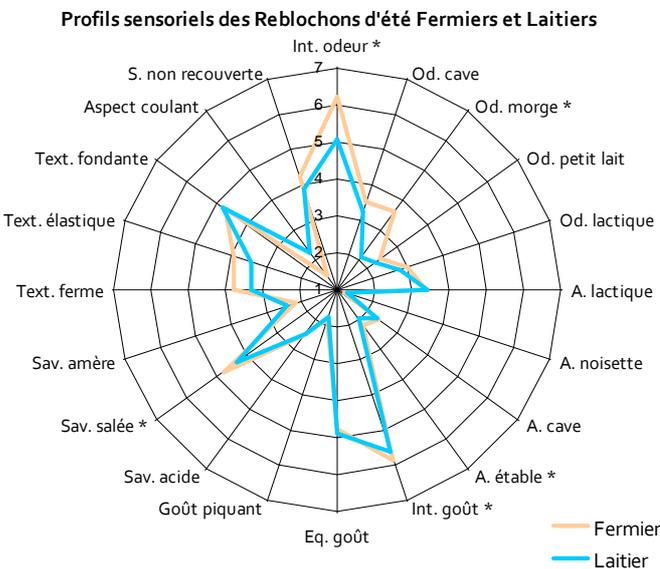


Profils sensoriels des Reblochons d'hiver Fermiers et Laitiers



En hiver, les fromages fermiers et laitiers se différencient par des critères de texture et de goût, odeur, saveur. Les fromages Fermiers sont plus fermes, plus élastiques, alors que les fromages Laitiers sont plus fondants et d'aspect plus coulant. Les fromages Fermiers présentent également une odeur plus prononcée, notamment de morge, et plus d'arôme noisette.

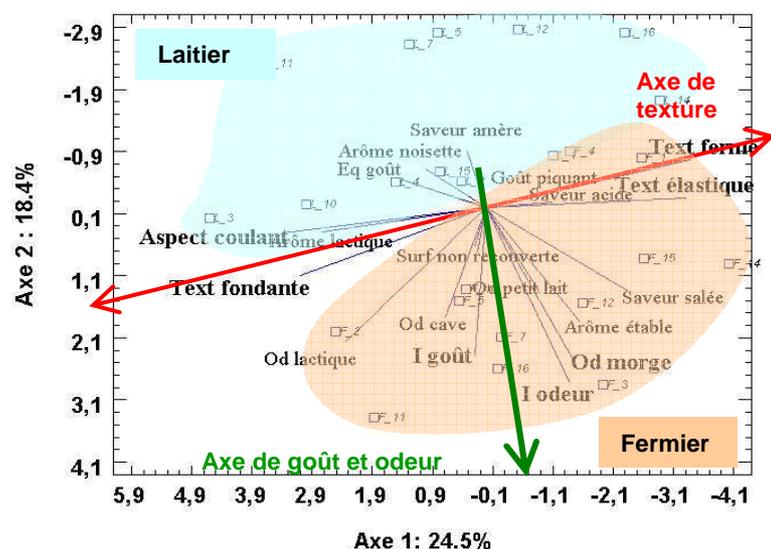
Les fromages Laitiers en revanche ont été jugés plus acides, plus amers et plus piquants (les descripteurs notés significativement différents pour les deux types de fromages sont marqués d'une étoile sur les diagrammes en radar ci-dessus et ci-contre).



En été, les fromages Fermiers ont plus d'odeur, surtout de morge. Ils ont aussi une plus forte intensité de goût, plus d'arôme d'étable et sont jugés plus salés que les fromages Laitiers (diagramme en radar ci-dessus).

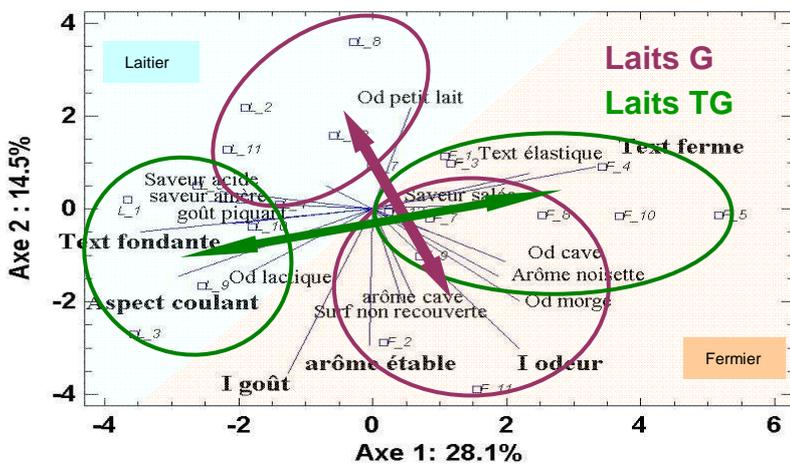
Nous avons ainsi confirmé que l'itinéraire technologique influence sur les caractéristiques sensorielles des fromages, de façon similaire en été et en hiver. En revanche, indépendamment de la saison, il apparaît qu'aucun des deux itinéraires technologiques testés ne favorise ici une plus grande diversité sensorielle des fromages.

ACP été - 20 descripteurs sensoriels - 24 fromages

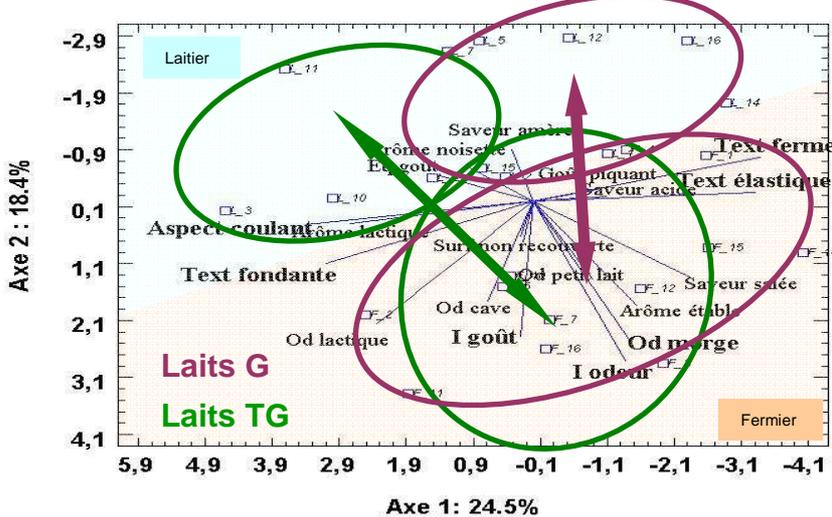


Des différences existent selon les laits mis en fabrication ...

ACP hiver - 20 descripteurs sensoriels - 22 fromages



ACP été - 20 descripteurs sensoriels - 24 fromages



Nous avons identifié, sur les ACP ci-contre, des groupes de laits qui, lorsqu'ils sont travaillés suivant des itinéraires technologiques Fermier et Laitier conduit à des fromages qui diffèrent :

- soit simultanément par des critères de texture, de goût, d'odeur, d'arôme (dits laits TG)
- soit sur des critères de goût, d'odeur, d'arôme mais pas ou peu sur des critères de texture (dits laits G)

On a pu vérifier cette hypothèse en formant des groupes par Classification Hiérarchique Ascendante (CAH), à partir des différences de notes obtenues entre fromages Fermiers et Laitiers pour chaque lait et chaque descripteur. Ces groupes T et TG sont représentés sur les ACP ci-contre.

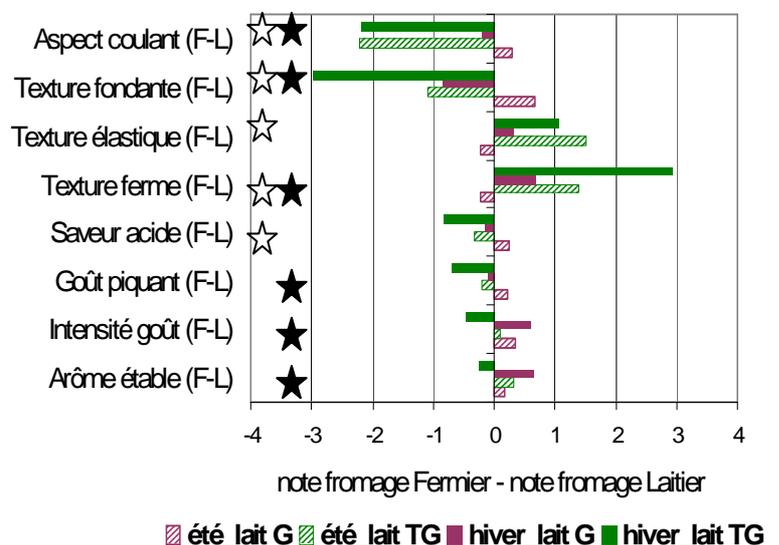
Les graphiques en bâtons ci-dessous montrent les écarts Fermiers – Laitiers des caractéristiques sensorielles qui différencient les 2 groupes, selon la saison.

Écarts sensoriels entre fromages Fermiers et Laitiers, différents suivant le groupe de lait (G vs TG)

Les différences de texture entre fromages Fermiers et Laitiers sont globalement plus prononcées en hiver, pour les laits du groupe TG par rapport aux laits G (figure ci-contre). Ces différences sont de sens opposé dans les 2 groupes de laits en été : par exemple les fromages G Fermiers sont plus fondants que les Laitiers G; à l'inverse les fromages TG Fermiers sont moins fondants que les Laitiers.

Légende : différences significatives ($\alpha=5\%$) entre laits G et TG,

★ en hiver
☆ en été



... associées à des différences de composition microbiologique

Les différences entre groupes de laits observées pour les écarts sensoriels entre fromages Fermiers et Laitiers peuvent être mises en relation avec des différences de composition microbiologique initiale et entre Fermier et Laitier en cours de fabrication

Le tableau ci-dessous indique que les laits G, en été comme en hiver, présentent des niveaux plus élevés de Lactobacilles homo-fermentaires du groupe I (Lb_I), et de *Leuconostocs*. En été, les niveaux de levures et de *Pseudomonas* sont également plus élevés dans les laits G. (tableau ci-dessous)

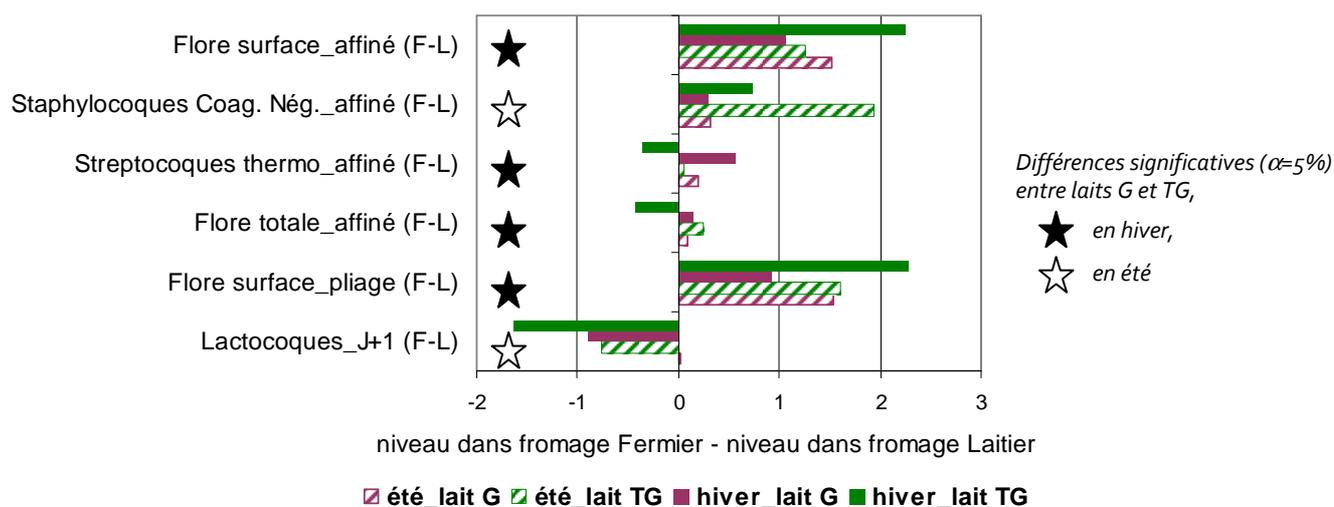
	hiver					été				
	Laits TG	ec. type	Laits G	ec. type	sign.	Laits TG	ec. type	Laits G	ec. type	sign.
FMAR	3050	7	1735	3	NS	1705	2	8342	6	NS
Lb_I	7	2	40	3	**	9	2	32	3	*
Lb_II	12	3	19	4	NS	13	5	34	3	NS
Levures	37	3	72	4	NS	35	6	307	3	*
Leuconostocs	49	2	138	3	+	122	3	701	7	+
Pseudomonas	24	2	195	18	NS	31	2	875	7	**

Niveaux de flores moyens, par groupe de lait (G et TG) et par saison, exprimés en ufc/mL de lait.

FMAR : Flore totale ou Flore Mésophile Aérobie Revivable; Lb_I : Lactobacilles du groupe I; Lb_II : Lactobacilles du groupe II; ec. type : écart-type de l'échantillon. Seuils de significativité (sign.) : ** : $\alpha < 1\%$; * : $\alpha < 5\%$; + : $\alpha < 10\%$; NS: non significatif.

On observe également qu'en cours de fabrication, des différences entre laits G et TG apparaissent, concernant les écarts de niveaux de flores microbiennes entre fromages Fermiers et Laitiers. Ces différences portent sur des stades et des microflore différentes suivant la saison (figure ci-dessous). Lorsqu'il existe une différence significative, les écarts Fermiers-Laitiers sont amplifiés dans les fabrications issues des laits TG par rapport aux laits G, ou inversés.

Écarts de niveaux de microflore entre fromages Fermiers et Laitiers, différents suivant le groupe de lait (G vs TG)



Ces résultats indiquent que pour des laits globalement moins chargés, les écarts sensoriels entre les fromages Fermiers et Laitiers sont amplifiés, suggérant dans ce cas un renforcement de l'influence de la technologie sur les caractéristiques sensorielles des fromages. En corollaire, les laits globalement plus chargés seraient moins sensibles aux variations des paramètres technologiques, et permettraient de ce fait une meilleure valorisation des conditions de production du lait.

En bref

Les compositions microbiennes initiales des deux groupes de laits diffèrent notamment par le niveau de Lactobacilles homo-fermentaires du groupe I (Lb_I), niveau moindre dans les laits TG. De façon globale, les laits TG contiennent de plus faibles niveaux de flores que les laits G. Les Lb_I sont des bactéries lactiques, homo-fermentaires strictes et thermophiles, qui dégradent le lactose du lait en acide lactique et participent ainsi à l'acidification du caillé, après le développement des Streptocoques thermophiles. Les ferments thermophiles utilisés dans les fabrications de type Fermier et de type Laitier contiennent des Lb_I (*Lb delbrueckii*).

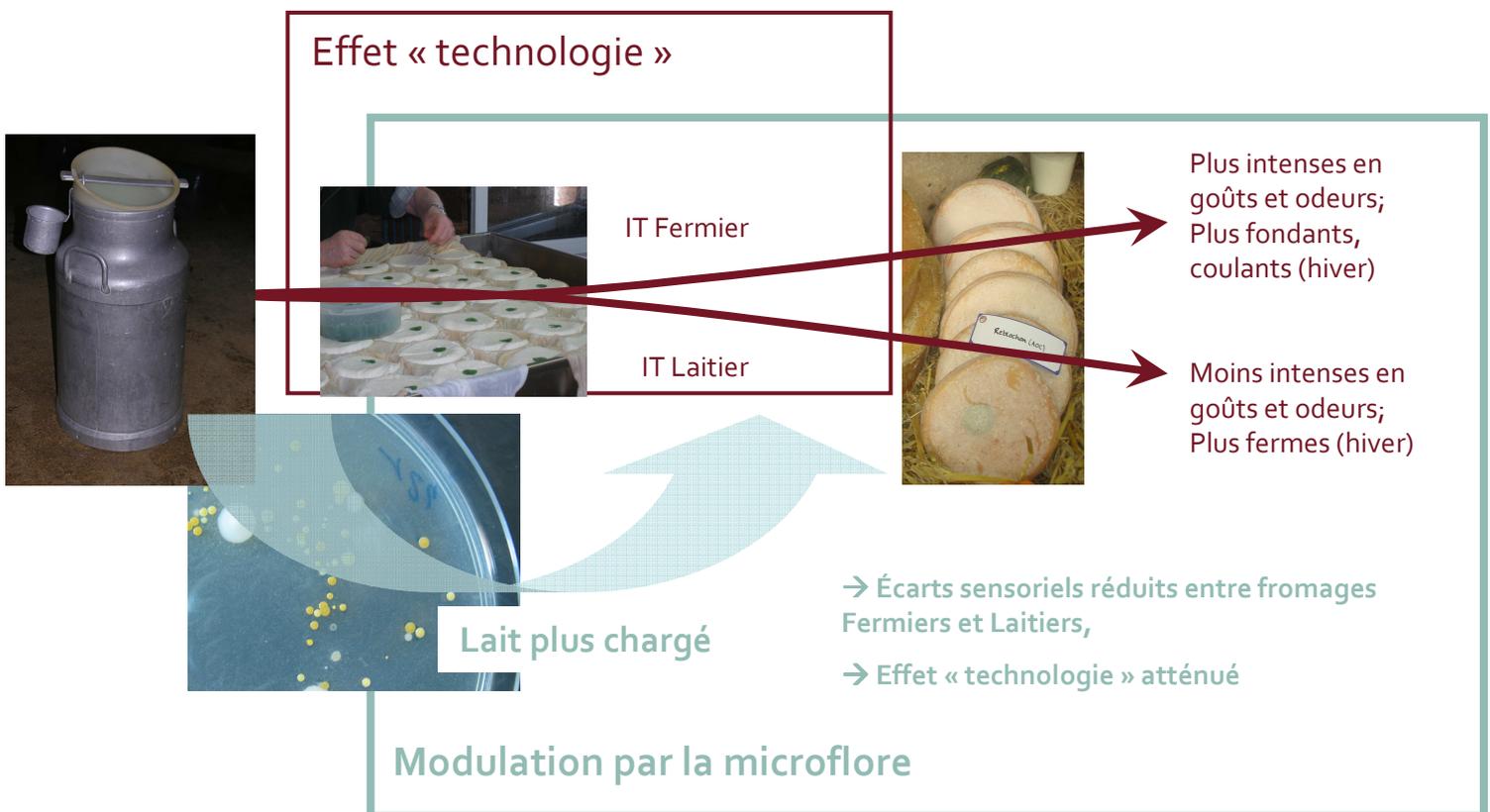
Les laits du groupe TG aboutissent à des fromages homologues Fermier et Laitier plus différenciés que les laits du groupe G, surtout sur des critères de texture.

Certains écarts de niveaux de microflores en cours et en fin d'affinage entre fromages homologues (F-L) sont également amplifiés dans les fabrications à partir de laits TG, en particulier les niveaux de flore d'affinage (Flore de surface et SCN) des fromages affinés.

On peut former l'hypothèse que les microflores, notamment les Lb_I, apportées par le lait cru en nombre plus important dans les laits G permettent de réduire les écarts entre les deux technologies, en relativisant le rôle des paramètres technologiques (et des Lb_I exogènes). La figure ci-dessous schématise cette hypothèse.

Vus les très faibles niveaux de Lb_I apportés par le lait cru (moins de 2 log d'ufc/mL) et ceux apportés par les ferments (5 à 6 log d'ufc/mL selon la technologie), la modulation de l'effet de la technologie par les microflores du lait cru ne peut raisonnablement pas être attribuée à la seule présence accrue des Lb_I, mais plutôt à l'écosystème complet.

A côté de ces observations communes aux deux saisons, il existe aussi des différences de composition des laits et d'évolution en cours de fabrication, qui varient suivant la saison. Les différences saisonnières observées peuvent être liées aux conditions de production, qui influent sur la composition microbiologique des laits, et/ou aux conditions de transformation (affinage).



Pour conclure

L'étude a indiqué qu'au sein d'une même technologie fromagère – ici dans le cas du Reblochon - aucun des deux itinéraires technologiques testés (type Fermier F vs Laitier L) ne favorise une plus grande diversité sensorielle des fromages. En revanche les itinéraires technologiques influencent les caractéristiques sensorielles des fromages, dans la même façon en hiver et en été.

Les résultats suggèrent également que l'effet de la technologie sur les caractéristiques sensorielles des fromages serait modulé par la composition initiale du lait, par l'évolution des écosystèmes microbiens en cours de fabrication mais aussi par la saison (via une modification des laits ou des conditions de fabrication/affinage). Ainsi les laits globalement plus riches en flores donnent les fromages Fermiers et Laitiers les moins différenciés. L'influence de la technologie sur les caractéristiques sensorielles des fromages affinés semble moindre lorsque le lait est plus riche en microflore indigène. Ces laits plus riches en flore naturelle permettraient donc de mieux valoriser les conditions de production du lait, le « lien au terroir », en relativisant l'influence de la technologie sur les caractéristiques sensorielles des fromages.

En conclusion, les liens mis en évidence dans la présente étude entre microflore du lait cru, technologie et profil sensoriel des fromages soulignent l'importance de raisonner le choix des paramètres technologiques en fonction des caractéristiques des laits crus (et en amont des conditions de production) et selon les objectifs sensoriels visés, pour valoriser la diversité sensorielle des fromages au lait cru sous signe de qualité.

Cette étude a été menée en étroite collaboration avec Actilait, le Syndicat du Reblochon, et le Contrôle laitier de Haute Savoie ainsi que les centres INRA de Theix et de Poligny, VetAgroSup, et le Centre Technique des Fromages Comtois.



Tous nos remerciements vont également aux producteurs de lait qui ont participé à cette étude.

Perspectives

Le dispositif expérimental mis en place ne permet pas – et n'a pas pour vocation – d'aller plus loin dans l'interprétation des phénomènes observés, ceux-ci étant multifactoriels et la taille de l'échantillon faible.

Des travaux supplémentaires et ambitieux devront être mis en place pour élucider les phénomènes microbiens et physico-chimiques se succédant dans l'élaboration de la diversité sensorielle des fromages.

Ces travaux sont complémentaires de ceux, actuellement en cours, visant à outiller et accompagner la gestion et la préservation des écosystèmes microbiens de la ferme et du lait par les pratiques des producteurs.

Les membres signataires de la convention du GIS Alpes Jura : Actilait, l'Aftalp (Association des Fromages Traditionnels des Alpes savoyardes), l'ARDAR Jura (Association régionale de développement agricole et rural), l'IRSTEA (précédemment Cemagref), les Conseils Généraux de l'Isère, de la Savoie et de la Haute Savoie, les Chambres d'Agriculture Savoie Mont Blanc 73&74, de l'Isère, du Doubs, du Jura et de l'Ain, les Chambres Régionales d'Agriculture de Rhône Alpes et de Franche Comté, l'INRA, les Parcs naturels régionaux des Bauges, de Chartreuse, du Haut-Jura et du Vercors, le Suaci Alpes du Nord et l'Université de Savoie.

Pour en savoir plus...

Convert T., 2011. *Study on the combined effects of i) milk production conditions and ii) cheese making process, on sensorial characteristics of Reblochon PDO cheese. Présentation affichée, 10th INTERNATIONAL Meeting on Mountain cheese 14-15 september 2011 dronero (cn), italy*

Convert T., Agabriel C., Juvet T., Mathieu B., Martin B., Hauwuy A., 2012. *La composition microbiologique des laits crus module l'influence du type de fabrication (fermière vs laitière) sur les caractéristiques sensorielles du fromage Reblochon. Accepté pour présentation affichée, 3R, 5-6 déc. 2012.*

Contact :

Tiphaine Convert
tconvert@suacigis.com
www.suacigis.com

© photo :
Chambres d'Agriculture de
Rhône Alpes/ T. Convert/ Pôle
AOP Massif Central/ J. Ledoux