

La microbiologie des laits crus, aller au-delà du sanitaire

LEVASSEUR A., DESMASURES N., DALMASSO M., CRETENET M.

Université de Caen Normandie, Université de Rouen Normandie, ABTE UR 4651, Aliments Bioprocédés Toxicologie Environnements, Normandie Univ, 14000 Caen, France

RESUME

Les communautés microbiennes des laits crus sont riches et diverses. La qualité microbiologique des laits crus telle qu'évaluée aujourd'hui est étroitement liée à la qualité hygiénique et sanitaire et dépendante des technologies fromagères associées. Cependant les laits crus, par les communautés microbiennes qu'ils véhiculent, ont des intérêts technologiques et sensoriels reconnus. Ces bénéfices peuvent être vus comme des services fournis. En effet, les services écosystémiques sont des bénéfices que les sociétés humaines peuvent tirer de leur environnement et, ici, de l'élevage à toutes échelles qu'il est intéressant d'étudier voire de valoriser à l'échelle d'une filière.

L'objectif de cette étude est de déterminer si les communautés microbiennes des laits crus peuvent servir d'indicateurs des services écosystémiques de support et de production. Une approche par processus écosystémiques a été adoptée et la filière AOP fromagère de Normandie a été sélectionnée comme modèle pour cette étude.

A partir des près de 520 exploitations engagées en AOP fromagère de Normandie, 30 ont été sélectionnées comme représentatives d'une typologie à 6 classes basée sur les surfaces agricoles et leurs usages. Huit processus écosystémiques (réservoir de biodiversité microbienne, fourniture de diversité fonctionnelle, coagulation-acidification, production d'arômes, coloration du fromage protéolyse, compétition microbienne et réservoir de potentiel probiotique) et les indicateurs associés ont été définis pour l'étude des laits crus de ces 30 exploitations.

L'approche mise en œuvre montre qu'il est possible de proposer des représentations différentes de la variabilité et de la diversité des communautés microbiennes des laits crus qui pourront mieux lier processus écosystémiques et indices mis en œuvre. Les indicateurs des processus écosystémiques amènent des éléments d'évaluation de la qualité des laits crus autres que sanitaires. Cette démarche permettra à la filière de s'approprier les notions de services écosystémiques appliqués au lait cru.

Raw milk microbiology, beyond sanitary concerns.

LEVASSEUR A., DESMASURES N., DALMASSO M., CRETENET M.

Université de Caen Normandie, Université de Rouen Normandie, ABTE UR 4651, Aliments Bioprocédés Toxicologie Environnements, Normandie Univ, 14000 Caen, France

SUMMARY

Microbial communities in raw milk are rich and diverse. The microbiological quality of raw milks as assessed today is closely linked to hygiene and sanitary quality, and depends on the associated cheese-making technologies. However, because of the microbial communities they carry, raw milks have recognized technological and sensory benefits. These benefits can be seen as services provided. Indeed, ecosystem services are benefits that human societies can derive from their environment, and in this case from livestock farming, on all scales, and which it is interesting to study and valorize on a sector-wide scale.

The aim of this study is to determine whether microbial communities in raw milks can be used as indicators of ecosystem support and production services. An ecosystem process approach was adopted, and the Normandy PDO cheese chain was selected as the model for this study.

From the nearly 520 farms involved in the Normandy cheese PDO, 30 were selected as representative of a 6-class typology based on agricultural areas and their uses. Eight ecosystem processes (reservoir of microbial biodiversity, supply of functional diversity, coagulation-acidification, flavor production, cheese coloring, proteolysis, microbial competition and reservoir of probiotic potential) and their associated indicators were identified.

This approach shows that it is possible to propose different representations of the variability and diversity of microbial communities in raw milks, which can better link ecosystem processes and the indices used. Ecosystem process indicators can be used to assess the quality of raw milk in ways other than sanitary. This approach will enable the industry to appropriate the notions of ecosystem services applied to raw milk.

INTRODUCTION

La flore microbienne des laits crus est riche et diverse avec plus de 780 genres décrits (Li et al., 2018). La composition de cette flore est influencée tant en diversité qu'en quantité par les pratiques mises en place par les éleveurs que ce soit pendant la traite, lors de la conservation du lait ou de la gestion du troupeau (Coorevits et al., 2008; Mallet et al., 2012; Michel et al., 2001; Vacheyrou et al., 2011) mais également par les conditions météorologiques (Vekariya et al., 2024). La qualité microbiologique des laits crus est principalement évaluée au travers de critères d'hygiène notamment dans le cadre du

paiement du lait. Variables selon les pays et l'usage attendu des laits, les critères les plus communs sont la concentration en « germes totaux » et tout ou partie des bactéries coliformes (*E. coli*, coliformes totaux, coliformes thermotolérants) (Murphy et Boor, 2000). Lorsque les laits sont destinés à la fabrication de produits laitiers au lait cru, des critères de sécurité sanitaire peuvent être introduits (recherche de *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*...). Peu d'études proposent de tenir compte des microorganismes d'intérêt technologique (Ferrocino et al., 2022; Focardi, 2022) dans l'évaluation de la qualité des laits crus alors qu'ils contribuent à la qualité des fromages (Montel et al., 2014). Certaines études ont également montré que les

laits crus sont, directement ou par certains microorganismes qu'ils véhiculent, source de bienfaits liés à la santé tels que le renforcement du système immunitaire et la réduction des risques de maladies chroniques (asthme, allergies, dermatites, obésité, etc.) (Vuitton et al., 2019).

En France, dans le cadre du projet FlorAcQ, la diversité des microorganismes dans des laits destinés à la transformation fromagère AOP au lait cru a été prise en considération dans l'objectif d'accompagner les producteurs de lait dans leurs pratiques afin de favoriser des équilibres microbiens favorables à la production fromagère. Un Indice Relatif (IR FlorAcQ) a été défini pour étudier la proportion de cinq groupes microbiens déterminants majeurs de ces équilibres (bactéries lactiques, bactéries d'affinage, levures, moisissures et bactéries à Gram négatif présûmés), relativement à leur somme (Monsailler, 2017).

La notion de service écosystémique est principalement associée aux méso-écosystèmes pour décrire les bénéfices que les sociétés peuvent tirer des écosystèmes (M. E. A., 2005), comme c'est le cas pour les prairies, alors que les micro-écosystèmes comme les laits crus pourraient fournir eux aussi des bénéfices aux sociétés.

Notre hypothèse est que les communautés microbiennes des laits crus (CML) peuvent être utilisées en tant que bioindicateur (Djemiel et al., 2022), puisque leur réponse en termes de présence/absence, d'abondance, d'activités/fonctions, ou de comportement fournit des informations sur l'état des écosystèmes laits crus.

L'objectif de notre étude qui s'insère dans le projet ANR cAnOPee est de créer et d'évaluer des indices à partir d'indicateurs microbiens de services écosystémiques rendus par une filière modèle, la filière fromagère AOP normande, en ciblant des services de production et de support associés aux laits crus.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. DEFINITION DE PROCESSUS ECOSYSTEMIQUES ET D'INDICES ET MOYENS DE MESURE ASSOCIES

Un processus écosystémique peut être défini comme les (inter-)actions et activités dont la résultante est ce qui se produit dans un écosystème et qui conduit potentiellement à la fourniture de services (Krohs et Zimmer, 2023). Afin d'évaluer les potentiels services associés à la filière fromagère AOP choisie comme modèle, différents processus auxquels sont associées les communautés microbiennes des laits crus (CML) ont été sélectionnés et évalués. La réflexion a été centrée sur les services support et de production. Le service de production regroupe la qualité et la quantité des bénéfices matériels que les sociétés peuvent extraire de l'environnement (M. E. A., 2005). De la même manière que le service de production du bois pour le chauffage ou la menuiserie, il est particulièrement présent dans le cas de l'écosystème laitier pour la production fromagère. Le service support, entretenant les autres services notamment en assurant la conservation de la biodiversité ou la formation du sol (M. E. A., 2005), est également présent dans l'étude de la biodiversité microbienne des laits crus.

1.2. SELECTION DES EXPLOITATIONS DE L'AOP.

La filière AOP fromagère de Normandie étudiée est organisée autour de 4 fromages AOP à pâte molle : Camembert de Normandie, Livarot, Pont-l'Évêque et Neufchâtel, Le Pont-l'Évêque et le Camembert de Normandie sont produits dans une grande partie de la Basse Normandie, le Livarot est restreint à l'est du Calvados et de l'Orne et le Neufchâtel, à l'est de la Seine-Maritime. Dans cette filière, trente fermes ont été sélectionnées pour représenter, sur la base d'une typologie réalisée en amont (Surface Agricole Utile, Surface en prairie permanente, temporaire, en culture de vente, structure parcellaire), 470 exploitations en AOP. Plus précisément,

sachant que plusieurs exploitations avaient le label de plusieurs AOP et sur la base des données de 2020, 387 exploitations (82%) étaient labélisées en AOP Camembert de Normandie, 306 (65%) en Pont l'Évêque, 72 (15%) en Livarot et 39 (8%) en Neufchâtel.

1.3. COLLECTE DU LAIT

Un litre de lait cru a été collecté dans chacune des 30 exploitations sur la période avril-juillet 2024. Pour celles équipées d'une salle de traite, avec livraison du lait à une fromagerie, le lait a été collecté dans le tank de réfrigération en fin de seconde traite. Pour celles équipées de robot(s), le lait a été collecté dans le tank de sorte à se rapprocher d'un lait de deux traites. Dans ces deux cas, il a été collecté avec une louche stérile par le trou d'homme (chaque fois que possible) ou par la vanne de vidange préalablement désinfectée à l'éthanol (quand le lait était non accessible) et placé dans une bouteille stérile d'un litre. Pour les exploitations avec transformation fromagère fermière, le lait a été collecté sur deux traites successives en récupérant 500 mL à la sortie du lactoduc tout au long de chaque traite afin de ne pas récupérer du laitensemencé en ferments. Les échantillons de lait ont été conservés à 4°C avant analyse réalisée sous 20 h.

1.4. RELEVÉ DES PRATIQUES DES ELEVEURS

Lors de la collecte du lait, une enquête a été réalisée concernant les pratiques des éleveurs tant d'un point de vue gestion du troupeau (logement, alimentation) que gestion de la traite et du nettoyage en allant jusqu'aux paramètres de stockage du lait. En particulier, plusieurs questions portaient sur les techniques de préparation des trayons avant branchement de la griffe de traite en incluant le recensement des produits utilisés. Ces données ont été collectées pendant la traite lors du prélèvement de lait en questionnant l'éleveur (pour ce qui n'était pas observable pendant la traite). Sinon elles ont été collectées en observant les pratiques (propreté des vaches, méthodes de préparation des trayons, stockage du lait...) et en suivant le processus de nettoyage de la machine à traire (relevés de température et mesures de pH).

1.5. EVALUATION DU PROCESSUS D'ACIDIFICATION-COAGULATION

Le processus d'acidification-coagulation du lait a été déterminé dès retour au laboratoire. Trois fractions de 50 mL des laits crus collectés ont été incubées au bain marie à 30°C pendant 30 heures avec un suivi par minute de l'acidification à l'aide d'un iCINAC (AMS Alliance). En fin d'incubation, la coagulation (liquide vs coagulation) a été déterminée.

1.6. EVALUATION DE LA DIVERSITE MICROBIENNE QUANTITATIVE ET QUALITATIVE

Pour chaque processus écosystémique retenu, un ou plusieurs groupes microbiens ont été sélectionnés en se basant sur la bibliographie et les connaissances et savoir-faire en production fromagère. Les milieux ont ensuite été sélectionnés et soumis à des tests préliminaires de validation de sorte à cibler les groupes microbiens souhaités. Pour chaque milieu, les ensemencements ont été réalisés en dupliqua. Pour trois milieux, cinq colonies par dupliqua de la première dilution comptable ont été prélevées pour confirmation via une identification par spectrométrie de masse en utilisant un RUO Biotyper (Bruker).

2. RESULTATS

2.1. PROCESSUS SELECTIONNES

Travaillant sur la filière fromagère AOP normande comme modèle, les processus écosystémiques des laits crus ont ciblé des services de production très principalement (Tableau 1).

Tableau 1 Services fournis à la filière AOP Fromagère de Normandie par les laits crus, processus écosystémiques et indicateurs associés. S = support, P = Production

Service	Processus écosystémique	Indicateur	Exemple d'indices
S	Réservoir de biodiversité microbienne	Concentration et diversité des bactéries et champignons microscopiques	Shannon, Richesse spécifique Proportion d'un groupe microbien
P	Fourniture de diversité fonctionnelle	Concentration de groupes microbiens	Pourcentage relatif des bactéries lactiques
P	Acidification/ Coagulation	Concentration de bactéries lactiques Cinétique d'acidification Coagulation lait	Vitesse d'acidification des CML, Concentration de lactocoques
P	Production d'arômes	Concentration de groupes microbiens Nature et diversité de COV*	Pourcentage relatif des bactéries d'affinage Nombre de COV détectés
P	Coloration du fromage	Couleur du lait Production de pigment par les bactéries d'affinage	Concentration de bactéries d'affinage pigmentées
P	Protéolyse	Activité caséolytique de groupes microbiens Profil peptidique générés par CML	Pourcentage relatif de levures caséolytiques Nombre de peptides détectés
P	Compétition microbienne	Activité antibactérienne Croissance à 10°C	Score d'inhibition Concentration en psychrotrophes
P	Réservoir de potentiel probiotique	Modulation immunitaire Activité antioxydante	Production d'interleukines

* Composés Organiques Volatils.

2.2. SELECTION DES MILIEUX ET CONDITIONS DE CULTURE

Pour conduire les évaluations de processus basées sur des dénombrements et identifications de groupes microbiens, neuf milieux ont été sélectionnés. Ils permettent de dénombrer les bactéries lactiques, dont les lactocoques, les bactéries d'affinage, les levures, les moisissures, les bactéries à Gram négatif, les microorganismes protéolytiques, les bactéries métabolisant le citrate, les microorganismes psychrotrophes et les microorganismes totaux (Tableau 2). Les groupes microbiens dénombrés sont des groupes présumés. Les milieux retenus permettent également d'évaluer des activités associées aux isolats, telle l'aptitude à dégrader les caséines, à produire des pigments caroténoïdes et à métaboliser le citrate.

Tableau 2 Milieux de cultures sélectionnés et groupes microbiens cibles associés aux processus sélectionnés. Les milieux pour lesquels une confirmation au RUO Biotyper est associée sont inscrits en gras.

Processus sélectionné	Milieu	Conditions d'incubation	Groupe microbien présumé
Acidification/ Coagulation Réservoir de potentiel probiotique	CASO Agar	30°C, 2j, sous 5% CO₂	Bactéries lactiques mésophiles
Acidification/ Coagulation Réservoir de potentiel probiotique	PCA PBC	30°C, 2-3j	Lactocoques
Production d'arômes Coloration du fromage Protéolyse Réservoir de potentiel probiotique	CRBM avec lait	25°C, 5 j+ Ambiant, 3-5j	Bactéries d'affinage dont protéolytique
Production d'arômes Protéolyse	OGA	25°C, 5 j	Levures et Moisissures
Production d'arômes	Nickels-Leesment	25°C, 5j	Bactéries citrate +
Production d'arômes Protéolyse Réservoir de potentiel probiotique	PCAi lait	30°C, 2j	Bactéries à Gram négatif dont protéolytiques
Protéolyse	Gélose au lait	30°C, 3-4j	Flore protéolytique
Compétition microbienne	PCA	10°C, 7j	Flore psychrotrophe
Réservoir de biodiversité microbienne	TSA-YE	30°C, 4j	Flore aérobie mésophile

2.3. EXPLOITATIONS SELECTIONNEES

Parmi les exploitations sélectionnées, 25 des exploitations (83% de l'échantillon) étaient labélisées en AOP Camembert de Normandie, 18 (60%) en Pont l'évêque, 5 (17%) en Livarot et 3 (10%) en Neufchâtel ce qui correspond environ à la population globale des exploitations de la filière (respectivement 82%, 65%, 15%, 8%). Concernant les caractéristiques globales des exploitations, l'échantillon comptait des troupeaux de 91±33 vaches en lactation avec 63% des exploitations ayant entre 50 et 99 vaches. Cet échantillon est représentatif des effectifs recensés sur l'ensemble de la filière laitière AOP de Normandie. Enfin, concernant les méthodes de traite et de production, trois étaient en système robot de traite et les 27 autres étaient en système salle de traite avec une traite bijournalière. Parmi ces 27 exploitations, deux produisaient leur fromage elles même (exploitation fermière). Les autres, incluant les exploitations équipées de robot de traite, livraient leur lait à une fromagerie. Ces pratiques sont représentatives des pratiques actuelles parmi les exploitations engagées en AOP fromages de Normandie avec 8-10% des exploitations équipées de robot (donnée estimée par l'association de gestion des ODG laitiers normands) et entre 1,5 et 5,5% de producteurs fermiers selon l'AOP, principalement représentés parmi les exploitations en Neufchâtel (d'après les données officielles du rapport annuel de l'INAO).

2.4. EVALUATION DE LA PERTINENCE DES PROCESSUS SELECTIONNES POUR UNE PREUVE DE CONCEPT

2.4.1. Sélection de deux exploitations exemples

La première exploitation (AOP_39) a une activité centrée sur la production de fromage AOP sans maïs ensilage avec 98% de la SAU en prairie permanente. La seconde exploitation (AOP_241) produit des cultures de vente (moins de 20% de la SAU), se caractérise par une production de maïs ensilage proche de la moyenne de l'échantillon (21% de la surface fourragère principale) et une absence de prairie permanente. Les deux exploitations ont une surface de prairie équivalente (respectivement 96 et 93 ha) proche de la moyenne de l'échantillon (90 ha) et un cheptel 100% Normand comme 43% des exploitations de l'échantillon. En termes de pratiques, les deux exploitations préparent les trayons de manière similaire (pré-trempage, essuyage à l'aide d'une lingette individuelle) mais en utilisant des produits différents. Les fermes ont été choisies pour leur pertinence d'illustration plutôt que pour leurs contrastes.

2.4.2. Cinétique d'acidification du lait cru de deux exploitations

Sur 30 heures à 30°C, les cinétiques d'acidification des laits crus sont très différentes sur les exploitations choisies comme l'illustre la figure 1. Ces différences peuvent conduire à l'absence de coagulation à 30 heures dans le cas de l'exploitation 241, alors que la coagulation est observable dès 20 heures pour l'exploitation 241. Les résultats obtenus illustrent également le caractère reproductible sur trois répliquas des cinétiques d'acidification.

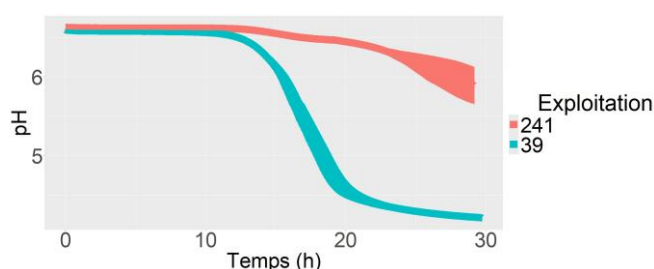


Figure 1 Cinétiques moyennes d'acidification du lait cru de deux AOP de Normandie. L'épaisseur des lignes représente l'écart type sur 3 répliquas.

2.4.3. Diversité microbienne sur deux exploitations

Les milieux de culture utilisés sont appropriés à la description de la diversité et des différences de niveaux de populations au sein des communautés microbiennes des laits crus (figure 2). Qu'il s'agisse de la charge globale des laits en flore aérobie mésophile, ou de la concentration en bactéries lactiques, levures et flore psychrotrophe, les deux exemples ci-dessous montrent des variations de 1 à 2 log pour des laits collectés au même stade.

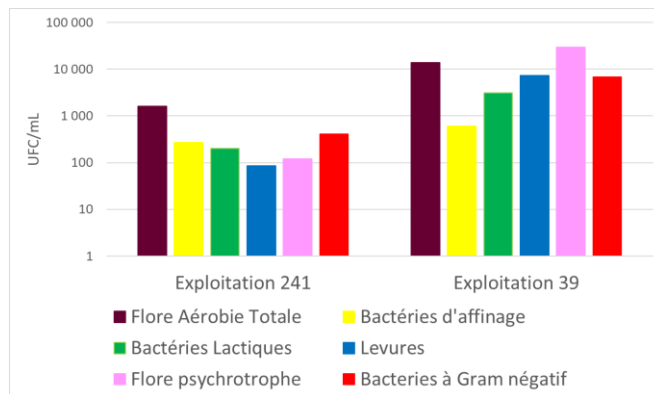


Figure 2 Concentrations de groupes microbiens dans le lait cru de deux exploitations AOP de Normandie.

2.4.4. Représentations de la diversité fonctionnelle des laits crus de deux exploitations

Les mesures de la diversité fonctionnelle des laits crus ont été adaptées de l'IR FlorAcQ, en prenant en compte les spécificités des productions fromagères AOP de Normandie. Les milieux utilisés pour dénominer les groupes microbiens d'intérêt ont été modifiés (Tableau 1) en ajoutant du lait pour certains (OGA, CRBM, PCAi) ou en changeant de milieu sélectif (CASO Agar au lieu de MRSi pour les bactéries lactiques) ou de conditions d'incubation (sous 5% de CO₂ pour les bactéries lactiques au lieu d'une incubation en aérobiose). Le groupe des moisissures a été supprimé en raison d'une proportion trop faible de ce dernier par rapport aux autres groupes dans les laits observés.

L'utilisation de la représentation en IR (figure 3) permet de visualiser des différences dans les équilibres microbiens de différents laits crus. Dans cette représentation, les bactéries d'affinage et les bactéries lactiques dominent les groupes d'intérêt technologique pour l'exploitation 241, et les levures dominent dans le cas de l'exploitation 39.

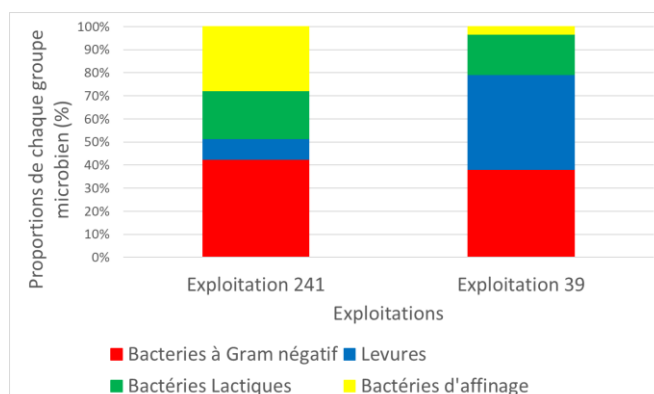


Figure 3 Proportions des quatre groupes microbiens du profil IR FlorAcQ dans le lait cru de deux exploitations AOP de Normandie.

Les lactocoques sont les principales bactéries lactiques associées à l'acidification du lait lors de la fabrication des fromages AOP de Normandie. En utilisant comme indicateur leur concentration à la place de celle, plus générale, des bactéries lactiques mésophiles, la représentation de la diversité fonctionnelle peut rester similaire (exploitation 241) mais aussi être largement modifiée (exploitation 39) (Figure 4). De même, il est possible d'utiliser comme indicateur la concentration de la flore psychrotrophe en remplacement de celle des bactéries à Gram négatif. La représentation de la diversité fonctionnelle peut être alors fortement modifiée, avec des proportions en flore psychrotrophe différentes entre les deux exploitations (15% vs 70%) alors que les proportions de bactéries à Gram négatif étaient similaires (de l'ordre de 40%) (Figure 5).

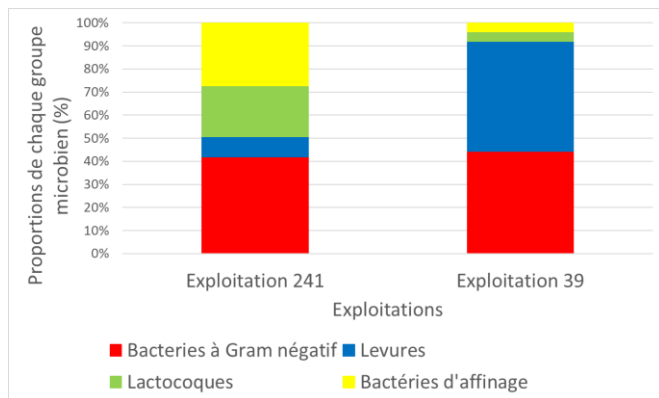


Figure 4 Représentation de la diversité fonctionnelle dans le lait cru de deux exploitations AOP de Normandie en utilisant la concentration en lactocoques à la place de celle, plus générale, des bactéries lactiques du profil IR FloAcQ.

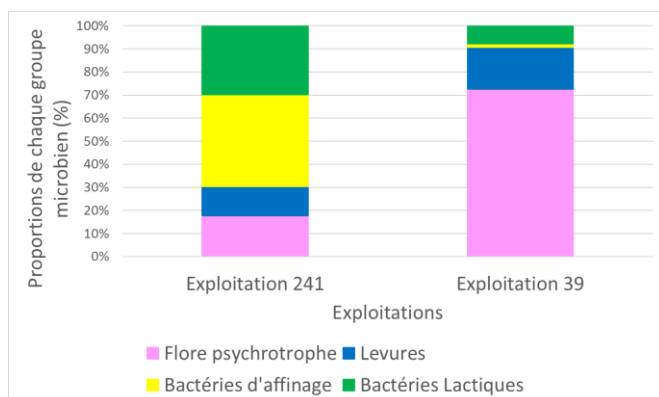


Figure 5 Représentation de la diversité fonctionnelle dans le lait cru de deux exploitations AOP de Normandie en utilisant la concentration en flore psychrotrophe.

3. DISCUSSION

L'approche par processus permet d'envisager de nouvelles représentations de la variabilité et de la diversité des CML. L'information obtenue est très différente en fonction des indicateurs sélectionnés mêmes si certains ciblent le même processus écosystémique, comme c'est le cas des pourcentages relatifs de bactéries lactiques et de lactocoques. Il est donc important de tester une grande diversité d'indices pour retenir les plus opérationnels pour la filière.

L'une des méthodes principales pour déterminer des indicateurs reste l'utilisation de milieux de culture, qui permettent de quantifier ou détecter des groupes microbiens présumés. Les avantages de cette méthode sont une relative facilité de mise en œuvre, et le socle commun de connaissances existant les concernant. Cependant des mesures de microorganismes présumés peuvent cacher de grandes variations. Pour une même quantité dénombrée sur un milieu de culture donné, la nature des microorganismes s'y développant peut être très différente. Nos essais préliminaires ont montré que, lorsque les lactocoques sont majoritaires dans la population de bactéries lactiques dans un lait cru, elles sont bien retrouvées sur le milieu CASO agar ou des milieux équivalents. En revanche, s'ils sont minoritaires, suivant les conditions d'incubation, les bactéries retrouvées sont soit des bactéries d'affinage soit d'autres genres de bactéries lactiques. L'identification des colonies par spectrométrie de masse, comme nous l'utilisons dans ces travaux, permet de mieux lier les indices aux processus ou de créer d'autres indices plus précis. Dans un second temps, la diversité microbienne des laits crus sera déterminée par approche omique (métagénomique) pour compléter les données obtenues par dénombrements et travailler sur d'autres indices (ex : indice de Shannon). Bien que de nombreux facteurs interviennent dans la construction de l'écosystème lait cru et

de ses communautés microbiennes, il sera important par la suite d'étudier le lien entre les indices obtenus et les pratiques mises en œuvre dans les exploitations suivies. Les observations réalisées lors de la traite mettent d'ores-et-déjà en avant une grande diversité de pratiques des exploitations.

CONCLUSION

L'approche des processus écosystémiques des laits crus amène des éléments d'évaluation de leur qualité à l'aide d'indicateurs autres que sanitaires. Ces mesures pourraient permettre d'introduire la notion d'équilibre microbien et d'indicateurs « positifs » en prenant en compte des pratiques des producteurs de lait qui pourraient être associés à des services support et de production. Cette démarche permettra à la filière de s'approprier les notions de services écosystémiques appliqués au lait cru et de disposer de données inédites permettant d'évaluer ses contributions potentielles à la préservation des écosystèmes et de leur diversité.

Le projet cANOpee est soutenu par l'ANR (ANR-22-CE32-0003) et par la Région Normandie (financement doctorant 50%).

Coorevits, A., De Jonghe, V., Vandroemme, J., Reekmans, R., Heyrman, J., Messens, W., De Vos, P., et Heyndrickx, M. 2008. *Systematic and Applied Microbiology* 31(2): 126–140.

Djemiel, C., Dequiedt, S., Karimi, B., Cottin, A., Horrigue, W., Bailly, A., Boutaleb, A., Sadet-Bourgeteau, S., Maron, P.-A., Chemidlin Prévost-Bouré, N., Ranjard, L., et Terrat, S. 2022. *Frontiers in Microbiology* 13: 889788.

Ferrocino, I., Rantsiou, K., et Cocolin, L. 2022. *Current Opinion in Biotechnology* 73: 164–170.

Focardi, S. 2022. *Corpus Journal of Dairy and Veterinary Science (CJDVS)* 3(3): 1–9.

Krohs, U., et Zimmer, M. 2023. *Ecology and Evolution* 13(9): e10458.

Li, N., Wang, Y., You, C., Ren, J., Chen, W., Zheng, H., et Liu, Z. 2018. *Scientific Reports* 8(1): 2371.

M. E. A. (Éd.) 2005. (Vol. 5). Washington, DC: Island Press.

Mallet, A., Guéguen, M., Kauffmann, F., Chesneau, C., Sesboué, A., et Desmasures, N. 2012. *International Dairy Journal* 27(1): 13–21.

Michel, V., Hauwuy, A., et Chamba, J.-F. 2001. *Le Lait* 81(5): 575–592.

Monsailler, F. 2017, October. *FloAcQ: Accompagner les producteurs de lait engagés dans des filières sous signe de qualité et d'origine pour gérer la flore microbienne des laits crus.*

Murphy, S. C., et Boor, K. 2000. *Dairy Food Environ. Sanit.* 20: 606–611.

Vacheyrou, M., Normand, A.-C., Guyot, P., Cassagne, C., Piarroux, R., et Bouton, Y. 2011. *International Journal of Food Microbiology* 146(3): 253–262.

Vekariya, Y., Deep, A., Kathiriya, M., et Tellabati, R. 2024. *Asian Research Journal of Agriculture* 17(2): 116–122.

Vuitton, D. A., Divaret-Chauveau, A., Dalphin, M.-L., Laplante, J.-J., von Mutius, E., et Dalphin, J.-C. 2019. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine* 203(7): 618–630.