

---

# Approche multi-échelles des services rendus par une filière laitière sous signe de qualité : contribution de nouveaux indicateurs

Michaël Bermond<sup>1</sup>, Annette Morvan-Bertrand<sup>2</sup>, Solène Chevalier<sup>3</sup>, Marina Cretenet<sup>4</sup>, Marion Dalmasso<sup>4</sup>, Daniel Delahaye<sup>\*5</sup>, Benoit Foligne<sup>6</sup>, Nassima Hassani<sup>7</sup>, Servane Lemauviel-Lavenant<sup>\*2</sup>, Antoine Levasseur<sup>8</sup>, Maxime Marie<sup>\*9</sup>, Eloïse Modric<sup>10</sup>, Jean-François Odoux<sup>11</sup>, Céline Pacary<sup>10</sup>, Marie-Pascale Prud'homme<sup>2</sup>, Romain Reulier<sup>12,13</sup>, Juliette Sénécal<sup>2</sup>, Hugo Weber<sup>6</sup>, and Nathalie Desmasures<sup>\*14</sup>

<sup>1</sup>Espaces et Sociétés (ESO) – Université de Caen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>2</sup>Ecophysiologie Végétale, Agronomie et Nutritions NCS (EVA) – Université de Caen Normandie, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement – Esplanade de la Paix CS 14032, 14032 Caen cedex 5, France

<sup>3</sup>Espaces et Sociétés (ESO) – Université de Caen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>4</sup>Aliments Bioprocédés Toxicologie Environnements (ABTE) – Université de Caen Normandie – France

<sup>5</sup>Identité et Différenciation de l'Espace, de l'Environnement et des Sociétés – Université de Caen Normandie, Université Le Havre Normandie, Université de Rouen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut de Recherche Interdisciplinaire Homme et Société – France

<sup>6</sup>Institute for Translational Research in Inflammation - U 1286 (INFINITE) – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Université de Lille, Centre Hospitalier Régional Universitaire [CHU Lille] – Infinite (Ex-Liric) - Faculté de Médecine - Pôle Recherche, 4ème étage - 1 place de Verdun - 59045 LILLE CEDEX, France

<sup>7</sup>Identité et Différenciation de l'Espace, de l'Environnement et des Sociétés (IDEES) – Université de Caen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>8</sup>Aliments Bioprocédés Toxicologie Environnements (ABTE) – Université de Caen Normandie – IUT Grand Ouest Normandie Campus 2Boulevard Maréchal Juin CS1403214032 CAEN Cedex, France

<sup>9</sup>Espaces et Sociétés – Université de Caen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>10</sup>Association de Gestion des ODG laitiers normands – Aucune – France

<sup>11</sup>Ecophysiologie Végétale, Agronomie et Nutritions NCS – Université de Caen Normandie, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement – France

<sup>12</sup>UNICAEN – Université de Caen – France

<sup>13</sup>UMR CNRS 6266 IDEES – CNRS UMR IDEES – France

<sup>14</sup>ABTE – Normandie Univ, UNICAEN – France

---

## Résumé

\*Intervenant

La production durable d'aliments sains intégrant la réduction de son empreinte écologique est l'un des enjeux majeurs de l'agroécologie. Pour amorcer la transition vers ce nouveau modèle tout en assurant leur pérennité, les filières agroalimentaires doivent s'appuyer sur des indicateurs adaptés pour atteindre un équilibre entre rentabilité économique, attentes sociétales, préservation de l'environnement et conservation des savoir-faire.

Alors que son impact environnemental est de plus en plus questionné, l'élevage rend de nombreux " services ", entendus ici comme l'ensemble des apports positifs à la société depuis l'échelle de l'exploitation jusqu'à celle du territoire. Dans les filières sous Appellation d'Origine Protégée (AOP), l'élevage laitier contribue à la vitalité du tissu économique et social des territoires, par les emplois qu'il génère mais aussi par les services rendus, comme le maintien de prairies permanentes, essentiel pour la régulation des flux hydrologiques dans les bassins versants agricoles. Les prairies abritent biodiversité microbienne, floristique et faunistique, stockent le carbone dans le sol, régulent la qualité de l'eau, assurent un service de pollinisation et la fourniture d'une alimentation de qualité (nutritive et pour la santé) pour les bovins. L'environnement des troupeaux laitiers est également une source de diversité à l'échelle des communautés microbiennes, d'intérêt technologique pour la transformation fromagère et pouvant offrir des propriétés d'intérêt pour la santé qu'il est intéressant d'explorer. Les objectifs du projet ANR cAnOPee sont :

- (1) D'analyser les services associés à la filière AOP laitière de Normandie, choisie comme modèle, des exploitations laitières aux fromages, à différentes échelles, à travers les indicateurs existants,
- (2) D'évaluer de nouveaux indicateurs, à l'aide d'indices existants ou de nouveaux et inclure les plus pertinents dans la construction de bouquets de services originaux, associés au paysage, aux prairies et aux communautés microbiennes d'intérêt laitier.

Pour cela, une approche interdisciplinaire, sur trois niveaux d'échelle a été choisie. L'objectif est ici d'en présenter les premiers résultats.

**A l'échelle des paysages : Caractérisation et typologies des exploitations laitières de la filière fromagère AOP de Normandie et étude de leur intégration territoriale.** 520 exploitations agricoles (EA) en AOP ont été étudiées, sur la base des données issues du Recensement Agricole 2020 (RA 2020), du Système d'Identification des Parcelles Foncières 2020 (RPG 2020 niveau 2), et internes des opérateurs d'AOP, et les salles de traite géolocalisées. Une première typologie a réparti les EA en 6 classes, principalement sur la base de l'assolement. A partir de cette typologie, un échantillon stratifié par bassin de production a été défini pour une sélection de 30 EA représentatives à étudier. Pour décrire la population des exploitations laitières de Normandie et identifier les spécificités des EA AOP au sein de cette dernière, une seconde typologie a été réalisée, basée sur 31 variables d'orientation productive, de structuration du collectif de travail, de conduite des surfaces fourragères et de structuration du cheptel. Une analyse factorielle multiple des correspondances et une classification ascendante hiérarchique ont permis d'identifier 15 types d'exploitations. Une importante diversité des profils a été révélée, bien que trois groupes rassemblent un nombre plus important d'EA AOP : un premier constitué d'EA très proches du modèle conventionnel hors AOP (part assez importante de céréales de vente), un second constitué d'EA orientées lait-viande un peu moins intensives que la moyenne mais un peu plus grandes (types 12 et 4) et un groupe d'EA herbagères d'assez petite dimension, proches du modèle dominant en agriculture biologique (type 8).

L'étude de la répartition spatiale des prairies AOP dans plusieurs régions agricoles de Normandie a été réalisée afin d'analyser comment elles s'insèrent dans le paysage, en tenant compte des caractéristiques physiques du territoire – telles que la géologie, l'hydrologie, le relief – qui forment ensemble un véritable " terroir paysager " pour les prairies, influençant directement la disponibilité des ressources essentielles, notamment l'eau. Pour cela, les bases de données BD topo de l'IGN, MNT 5m de l'IGN, modèle SAFRAN de Météo-France, BD Charm50 du BRGM et RPG de l'ASP ont été utilisées pour obtenir des informations sur le relief (altitude, pentes, exposition), la morphologie, le climat, l'occupation du sol, l'hydrologie

et la lithologie. Après divers géotraitements sous Systèmes d'Information Géographique et à l'aide du logiciel R, des valeurs quantitatives et qualitatives ont été calculées pour chaque parcelle de prairie afin de constituer une base de données complète. Cette analyse a permis de montrer comment les prairies AOP s'organisaient spatialement. Il s'agit le plus souvent de parcelles uniques dispersées dans le paysage agricole mais parfois elles constituent des îlots importants regroupant 15 à 20 parcelles. Cette distribution spatiale a des conséquences sur l'ampleur locale des services rendus.

Pour les deux échelles suivantes, deux campagnes de relevés de terrain, et de prélèvements divers (biomasse végétale, sol, environnements laitiers) ont eu lieu en 2024 et 2025 dans les 30 EA sélectionnées.

**Etude des Services écosystémiques associés aux prairies.** Une parcelle représentative des pratiques (histoire, paramètres pédoclimatiques, gestion) a été retenue pour chaque EA. Pour les services de support, des relevés de végétation ont été réalisés afin de déterminer la composition et la diversité floristique et fonctionnelle (sur la base de traits foliaires), ainsi que la diversité microbienne (analysée à partir de prélèvements de biomasse fraîche) Pour les services de régulation, des prélèvements de sols ont été réalisés pour l'analyse du carbone organique du sol (SOC) et du carbone labile (HWC). La régulation hydrologique a été évaluée en analysant dans chaque prairie la capacité d'infiltration, la réserve utile et le surplus hydrologique. Le service de pollinisation a été analysé sur la base des interactions plantes-pollinisateurs. Enfin, pour les services de fourniture, des prélèvements en vrac avant fauche ou pâturage de biomasses ont été analysés sur la base de leur qualité fourragère standard (digestibilité et teneur en protéines) et de leur teneur en sucres, polyols et composés phénoliques. De forts contrastes ont été relevés entre les parcelles pour les indices des premiers services analysés. La diversité floristique, la diversité microbienne de la phyllosphère, la qualité fourragère et les stocks de C du sol ne dépendent ni de la petite région agricole ni des types d'exploitations définis. Il existe une synergie entre les services de support, représentés ici par les indices de diversité floristique, et le stock de carbone organique (service de régulation). Il existe également un compromis entre le service de fourniture (i.e. la qualité nutritive) et le service de support (i.e. la diversité floristique) et le service de régulation (i.e. le stock de carbone du sol).

**Communautés microbiennes et bioindicateurs de services associés à la production de fromages AOP.** Trois compartiments ont été ciblés : trayons des vaches laitières (après préparation pour la traite), lait cru de 24 h, fromages transformés dans les ateliers associés aux EA. Les pratiques de gestion du troupeau et de traite ont été enregistrées. Pour l'étude des laits crus, 6 fonctions (réservoir de diversité microbienne, fourniture de diversité fonctionnelle, préparation de la matrice à la transformation, création d'une typicité organoleptique, résistance à la colonisation et activités biologiques liées à la santé humaines) et des indicateurs associés ont été définis. La variabilité des profils obtenus suggère que des indices associés à la diversité microbienne des laits des 30 EA (ex : Richesse, Chao, Shannon), au potentiel d'acidification (ex : vitesse maximale d'acidification, pH minimum), au potentiel d'oxydo-réduction mais peu à l'immunomodulation basale des communautés microbiennes (IL-10, IL-12), permettent de décrire et différencier des groupes de laits. Trois scores (trayon=NT, machine à traire=NMAT et global=NG) ont été établis pour qualifier l'intensité de nettoyage et de désinfection selon les pratiques pouvant influencer l'écologie microbienne des trayons et du lait. Les pratiques, variant d'une ferme à l'autre, impactent les communautés microbiennes affectant ainsi les services écosystémiques liés à la production fromagère.

En travaillant à différentes échelles d'évaluation des services, les résultats de cAnOpee quantifient l'impact d'un système agricole, parmi les autres, dans la mosaïque paysagère normande et à comprendre les effets de l'intégration territoriale des exploitations AOP sur des bouquets de services. Le projet permet d'élargir la vision des services et indicateurs, et des indices utilisés pour les décrire. La prise en compte du compartiment microbien et/ou des extraits des plantes de prairies pour la production d'indices à partir des activités technologiques et liées à la santé permet d'enrichir les bouquets de services existants ou d'en créer de nouveaux. Pour progresser vers une agriculture plus efficace et plus résiliente, les indicateurs produits

et évalués visent à formaliser la contribution potentielle de la filière à la préservation des écosystèmes et de leur diversité biologique, à améliorer la qualité des terres et des sols, et la gestion des ressources en eau, tout en tenant compte de l'impact économique pour les producteurs laitiers en fonction de leurs pratiques.

**Mots-Clés:** Services écosystémiques, paysages, prairies, laits crus, fromages AOP de Normandie