



➤ Flux microbiens de la prairie au fromage... et au-delà :
vers des approches pluridisciplinaires et systémiques
pour une santé globale

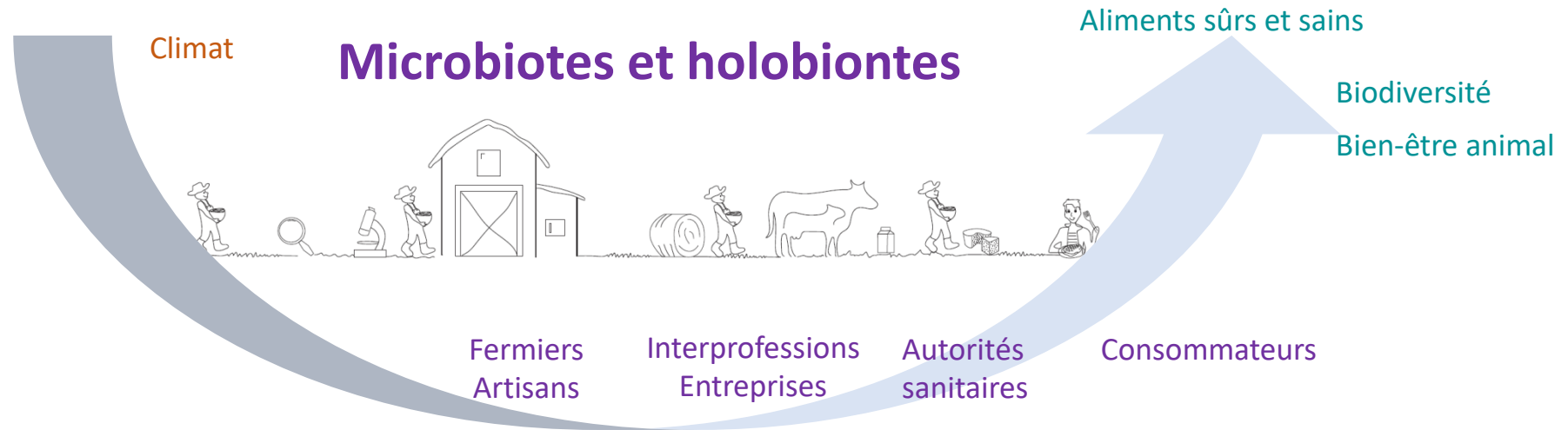
Céline Delbès, INRAE, UMR 545 Recherches sur le Fromage, Aurillac

Celine.delbes@inrae.fr



Enjeux globaux

One Quality - One Health



Fromages au lait cru :

Terroirs
Savoir-faire
Microbiotes

Potentiel des leviers microbiens ?

- Performance, durabilité des systèmes laitiers ?
- Transitions agro-écologiques des systèmes d'élevage ?

➤ Objectif

Comprendre les déterminants des microbiomes tout au long du système laitier pour des fromages au lait cru sûrs, sains et durables

➤ Deux exemples d'études

- 1/Flux microbiens et maîtrise sanitaire: projet Amont Saint-Nectaire
- 2/Flux microbiens et transitions agroécologiques des systèmes laitiers : projet TANDEM
- Perspectives



➤ 1/ Flux microbiens et maîtrise sanitaire

Qualification multifactorielle des systèmes de production de lait en AOP Saint-Nectaire fermier pour la maîtrise sanitaire

- **Stratégie:**

- **Comparer différentes fermes** présentant des **niveaux contrastés de maîtrise de la qualité sanitaire** des laits et des fromages
- **Identifier des indicateurs microbiens, biotechniques et organisationnels** associés à la prévalence des bactéries pathogènes

14 exploitations volontaires
Base de données surveillance ISN 2011-2015
198 exploitations → 95 000 données

Classe A

7 fermes

Pas d'alerte *Listeria monocytogenes* ni *Salmonella*

Classe B

7 fermes

Alertes récurrentes pour *L. monocytogenes* et sporadiques pour *Salmonella*



INRAE

UNIVERSITÉ
Clermont
Auvergne



Colloque Fromages au lait cru, 16-17 novembre 2023, Aurillac

AOP
SAINT-NECTAIRE



La Région
Auvergne-Rhône-Alpes





Enseignements de l'étude et nouveaux questionnements

- ❑ Deux classes sanitaires caractérisées chacune par un ensemble de pratiques qui reflètent la cohérence globale de l'exploitation
 - ❑ Des équilibres microbiens sous l'influence des pratiques de l'éleveur
 - ❑ Des flux intenses et multidirectionnels de microorganismes entre les différents environnements de la ferme et avec le lait
- Quelles réponses des écosystèmes microbiens aux changements de pratiques ?**
- Quelle contribution des flux microbiens pour une « qualité globale » et une valeur « santé globale » des fromages au lait cru ?**

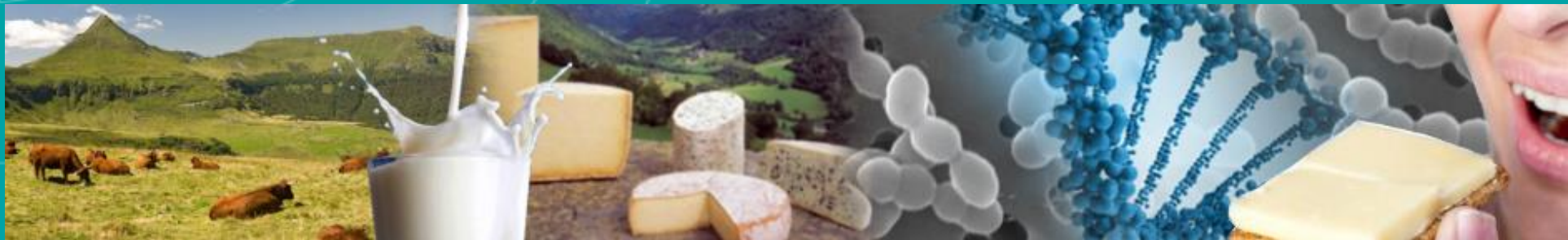
Métaprogramme INRAE HOLOFLUX

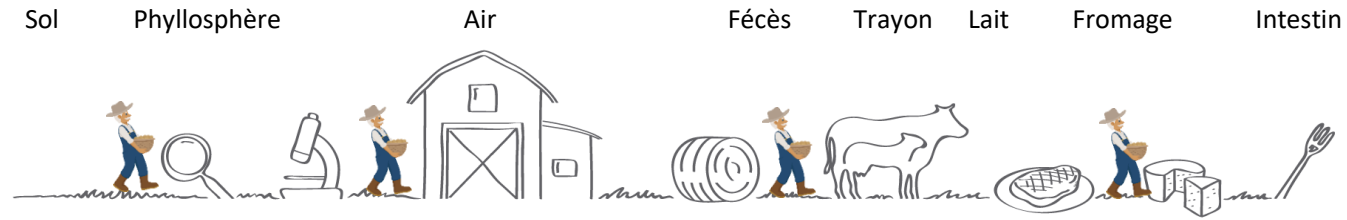
INRAE

TANDEM



LES FLUX MICROBIENS AU CŒUR DE LA TRANSITION
AGROÉCOLOGIQUE DES SYSTÈMES LAITIERS
2021 - 2023

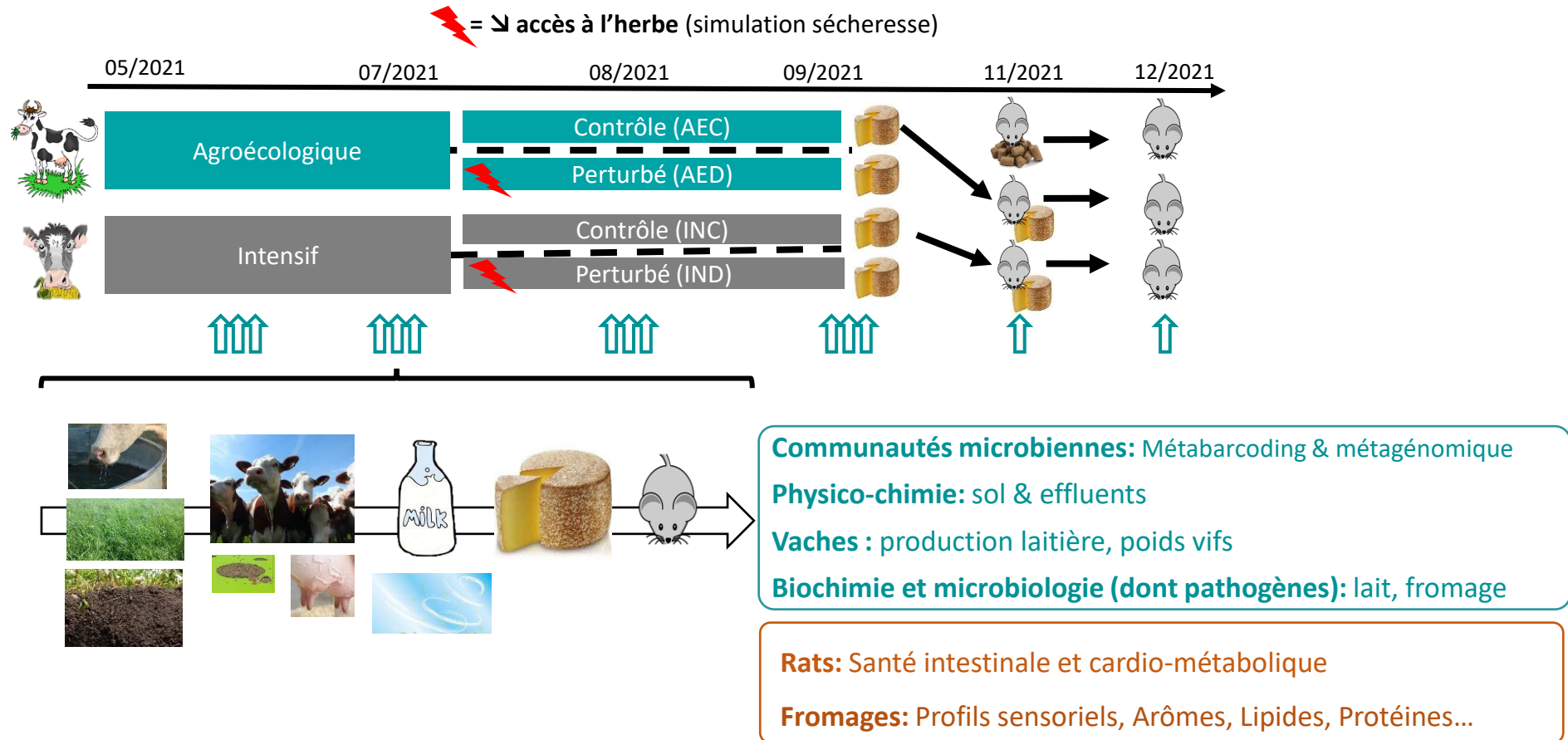




> QUESTIONS

- Comment les écosystèmes microbiens répondent-ils aux changements de pratiques associés aux transitions agroécologiques ?
- Comment les éleveurs intègrent-ils ces entités microbiennes dans leurs pratiques selon leur système d'élevage ?

- Comparaison de systèmes d'élevage « agroécologique » vs « intensif » et de leur réponse à une sécheresse simulée
- Etude en ferme expérimentale (2021-2022):



TANDEM

> Effets du système en ferme expérimentale: premières conclusions et perspectives



Impact du système sur les animaux et les propriétés biochimiques et organoleptiques du produit fini



Différence de richesse et de diversité des communautés microbiennes entre environnements, selon le système d'élevage



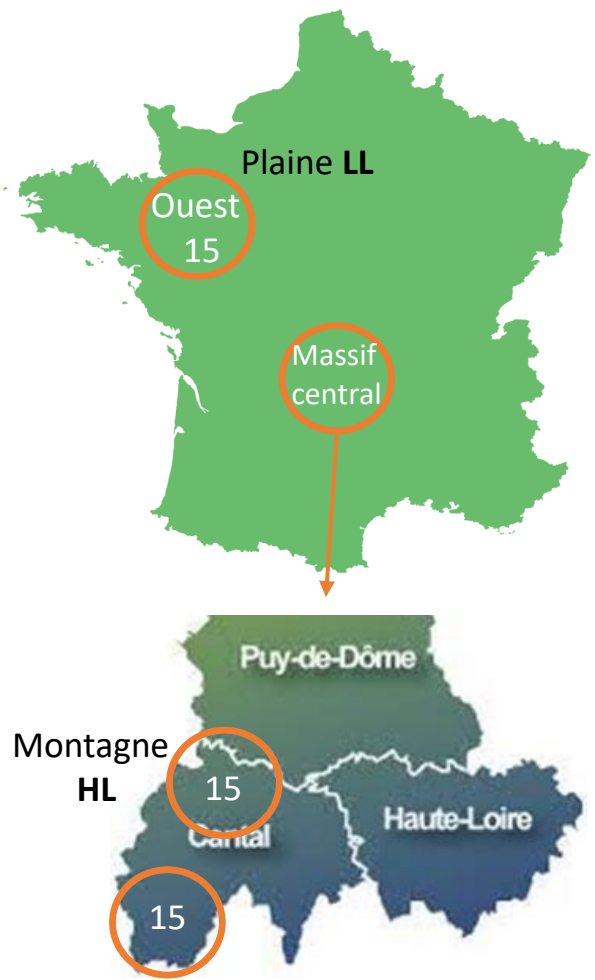
WORK IN PROGRESS

Analyse des flux microbiens à l'échelle du système, du sol à l'intestin (rat)

→ 2 approches :

- À l'échelle des genres et espèces (metabarcoding)
- À l'échelle intra-espèce (gènes, souches, par métagénomique)

Etude terrain : caractériser les flux microbiens dans des fermes commerciales et au regard des relations éleveurs-microbes



Trois typologies d'intensivité des pratiques

Agroécologie
AE

Intermédiaire
BW

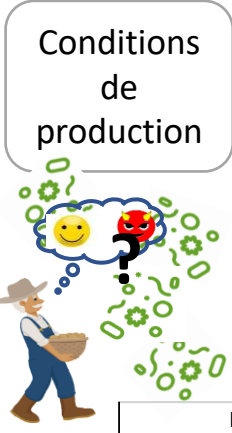
Intensif
IN

45 exploitations sélectionnées (30 INTAQT)



Prélèvements Enquête Entretien socio-anthropologique

- Zones de couchage (BE)
- Trayons (TE)
- Air ambiant (AI)
- Filtre MAT (MF)
- Lait (MI)



Thèse Dorian NICOLLE (2022-2025) :
Vers un nouveau modèle des flux microbiens : Approche socio-écologique des relations entre éleveurs et microbes au sein des systèmes d'élevages laitiers bovins

Chimie
Microbiologie
Métagénétique
Métagénomique

	Mai	Juin	Juillet
	Pénéplaine PP		
		Montagne HL	
			Plaine LL

> CONCLUSIONS

Des enseignements...

- ❑ **Connaissances sur l'adaptation des écosystèmes microbiens aux systèmes d'élevage** et aux changements de pratiques, ... pour aller vers le pilotage des flux microbiens
- ❑ **Des outils transférables** à d'autres systèmes agri-alimentaires
 - Outils moléculaires et bioinformatiques pour l'étude des flux microbiens
 - Indicateurs microbiens communs avec d'autres systèmes

... et une expérience collective des approches systèmes

- ❑ Communauté **pluridisciplinaire et multi-acteurs**, des scientifiques (11 unités INRAE, 7 Départements) et experts non scientifiques (partenaires socio-économiques clés (RMT Fromages de Terroirs, GIS Filières Fromagères sous IG)
- ❑ **Co-construction** des expérimentations avec une diversité d'acteurs de la filière alimentaire (ODG CIF, ISN, Chambres d'agriculture 15 et 63), autorités (INAO) et instituts techniques (IDELE)



INRAE

UCA
UNIVERSITÉ
Clermont
Auvergne



Colloque Fromages au lait cru, 16-17 novembre 2023, Aurillac

> PERSPECTIVES

- ❑ Comprendre le rôle du microbiote dans l'adaptation des systèmes laitiers au **changement climatique** ?
- ❑ **Contribuer à l'objectivation des effets santé** des fromages au lait cru en lien avec les systèmes de production:



WORK IN PROGRESS

→ Un projet en construction pour un **AAP PEPR SAMS**

DAIRYBIOME

Les produits laitiers fermentés comme acteurs de la santé humaine et de la durabilité des systèmes de production au travers des microbiomes

- Réseau de fermes TANDEM/INTAQT
- Mécanismes des effets santé des fromages au lait cru avec des essais cliniques chez l'humain

REMERCIEMENTS

Merci pour votre attention!



Isabelle Verdier-Metz,
Cécile Bord
Christophe CHASSARD
Cécile Callon,
Béatrice Desserre,
René Lavigne,
Etienne Rifa,
Sébastien Theil

Bruno Martin, INRAE, UMR Herbivores
Matthieu Bouchon, INRAE, UE
Herbipôle
Elisa Manzocchi  **Agroscope**
Joël Bérard
Mauro Coppa

UR OPAALE
UMR
Agroécologie
UREP
UMRH
UMR MEDIS
UMRF

P. Dabert; P. Piveteau
N. Chemidlin Prévost-Bouré
J. Bloor; P. Carrère
B. Martin
E. Forano; A. Bernalier; P. Sapountzis, P. Ruiz
C. Delbès; I. Verdier-Metz; S. Theil; C. Chassard, D. Nicolle,
F. Bottin, R. Fantelli
N. Wéry; J.-J. Godon
M. Bouchon
P. Cayre
S. Mouret;
M. Mariadassou; A.-L. Abraham; G. Kon Kam King, S. Pety



- RMT Fromages de Terroirs
- Pôle Fromager AOP Massif Central
- Filières et producteurs de fromages AOP du Massif Central
- Chambres d'Agriculture 15 et 63



INRAE, métaprogramme
HOLOFLUX

- 16-IDEX-0001 (CAP 20-25)
- Infrastructures de recherche H2020 (Projet SmartCow, no. 730924)



➤ References

- Frétin M., Martin B., Rifa E., Verdier-Metz I., Pomiès D., Ferlay A., ... Delbès C. (2018). Bacterial community assembly from cow teat skin to ripened cheeses is influenced by grazing system. *Scientific Reports* 8, 200.
- Manzacchi E., Martin B., Bord C., Verdier-Metz I., Bouchon M., De Marchi M., ... Coppa M. (2021) Feeding cows with hay, silage, or fresh herbage on pasture or indoor affects sensory properties and chemical composition of milk and cheese. *Journal of Dairy Science* 104, 5285-5302.
- Martin B., Verdier-Metz I., Buchin S., Hurtaud C., Coulon J.-B. (2005) How do the nature of forages and pasture diversity influence the sensory quality of dairy livestock products? *Animal Science* 81, 205-212.
- Tornambé G., Cornu A., Verdier-Metz I., Pradel P., Kondjoyan N., Figueredo G., ... Martin B. (2008). Addition of pasture plant essential oil in milk: influence on chemical and sensory properties of milk and cheese. *Journal of Dairy Science* 91, 58-69.
- Theil S., and Rifa E. (2021) rANOMALY: Amplicon workflow for microbial community analysis. *F1000 Research* 10, 7.
- Behrendt, U., Müller, T. & Seyfarth, W. The influence of extensification in grassland management on the populations of micro-organisms in the phyllosphere of grasses. *Microbiol. Res.* **152**, 75-85 (1997).



INRAE

UCA
UNIVERSITÉ
Clermont
Auvergne

