

# ➤ Deep fooding and microbe learning!

**Marie Champomier Vergès**

Université Paris Saclay, Micalis Institute, INRAE, Jouy en Josas, France.

- **Des microbes et des hommes**

- Perspective anthropologique
- On mange des microbes ? oui et depuis très longtemps!
- A l'origine d'aliments particuliers
- Les aliments fermentés : héritage culturel/culinaire
- Diversité et culture depuis la nuit des temps
- Industrialisation
- Nouvelles tendances actuelles autour des aliments et boissons fermentés
- Transition : animal vs végétal
- Home made/ # homme made
- Une augmentation de la consommation de microbes ces dernières années
- Durabilité et santé

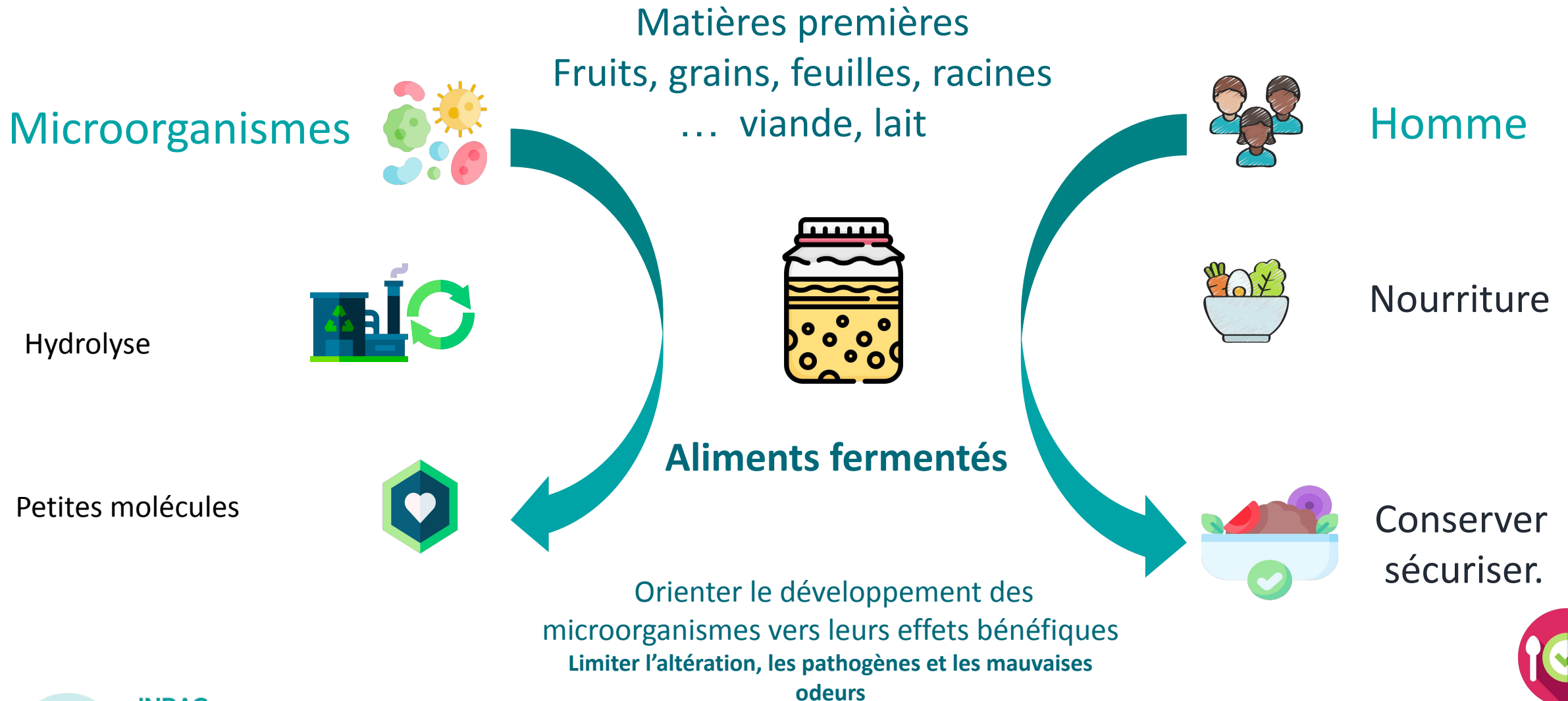


## • La transformation par la fermentation

- Définition fermentation (dict Robert)
  1. Transformation (d'une substance organique) sous l'influence d'enzymes produites par des micro-organismes.
  2. Au figuré : agitation fiévreuse (des esprits).
- Fervere : bouillir
- Sucre/acide/éthanol
- Le produit final est modifié d'un point de vue biochimique
- Différences organoleptiques (matière première/produit fermenté)
- Ingestion des micro-organismes vivants et de leurs métabolites

Ni cru, ni cuit

# • Elaboration des aliments fermentés : un processus naturel



- Fermentation et ressources naturelles



20 à 40% de la production d'aliments

Aliments fermentés à base de végétaux/céréales : Asie/Afrique



# • Les aliments fermentés dans le monde



INRAE

Deep fooding and microbe learning.  
FermentIA/Centrale Supelec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

Tamang JP, *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2020. 19:184-217. doi: 10.1111/1541-4337.12520.

- **Les raisons du succès/des facteurs de popularité?**

- Stabilité et conservation

Fermenter c'est stabiliser un aliment, limiter son altération le protéger des bactéries pathogènes

Equilibre entre conservation et altération

Les aliments fermentés existaient avant la chaîne du froid...

- Diversité des aliments

Modification du goût, saveur nouvelles

Propriétés organoleptiques

Hédonisme (boissons alcoolisées) /anthropologie (évolution/éthanol)

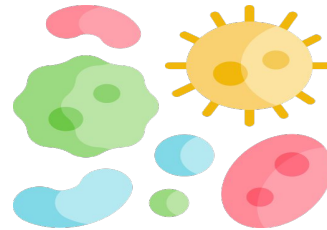


- **Les effets de la fermentation sur les qualités des aliments**

## **Propriétés organoleptiques**

Couleur/aspect/flaveur/texture

*Diversification alimentaire  
Réorientation des régimes*



*Bactéries levures champignons*

## **Propriétés fonctionnelles**

Probiotiques  
Effets santé

## **Sécurité sanitaire**

Inhibition des pathogènes  
Inhibition de l'altération

*Durée de vie  
Réduction pertes & gaspillages*

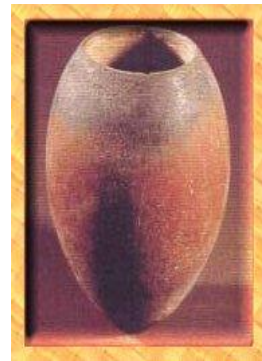
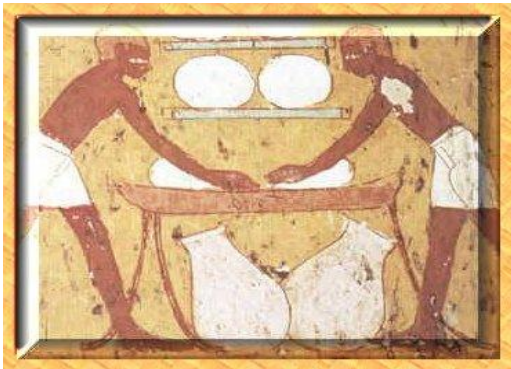
## **Propriétés nutritionnelles**

Vitamines, (B12, K, ..?)  
Suppression des activités anti  
nutritionnelles



# • Une consommation attestée depuis très longtemps

Premières traces archéologiques... 8000 à 10 000



- "Pain et bière"<sup>ans</sup> expression retrouvée dans hiéroglyphes tombes  
"Investigation of Ancient Egyptian Baking and Brewing Methods by Correlative Microscopy" *Samuel S, 1996 Science DOI:10.1126/science.273.5274.488*

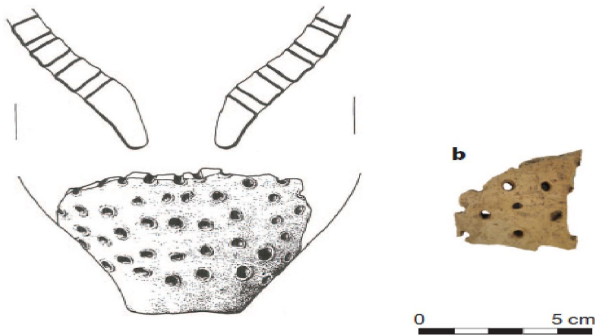
- Earliest evidence for cheese making in the sixth millenium BC in northern Europe

*Analyses des lipides sur des tessons de potterie*

*Salque et al., Nature 2013 Jan 24;493(7433):522-5. doi: 10.1038/nature11698*

- Evidence protéomique de traces de Kéfir de lait sur une momie de l'âge de bronze en Chine, 4000 ans

*Yang et al J of archeological science 2014 45 178-186*



0 5 cm



Etape critique qui a sans doute rendu le lait moins périssable et plus digeste pour les fermiers de la préhistoire...

- **Comment s'est ancrée cette habitude alimentaire ?**

Etude récente sur les primates

- Une stratégie nutritionnelle qui permet d'augmenter la période de consommation des fruits, mais aussi leur qualité nutritionnelle, dégradation de toxines, nouveaux nutriments
- Adaptation changement climatique/stress nutritionnel
- Stratégie qui a été utilisée par l'homme au cours de son évolution?



INRAE

Deep fooding and microbe learning.

FermentIA/Centrale Supelec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

Amato et al 2021 Jul;175(3):513-530. doi: 10.1002/ajpa.24257.

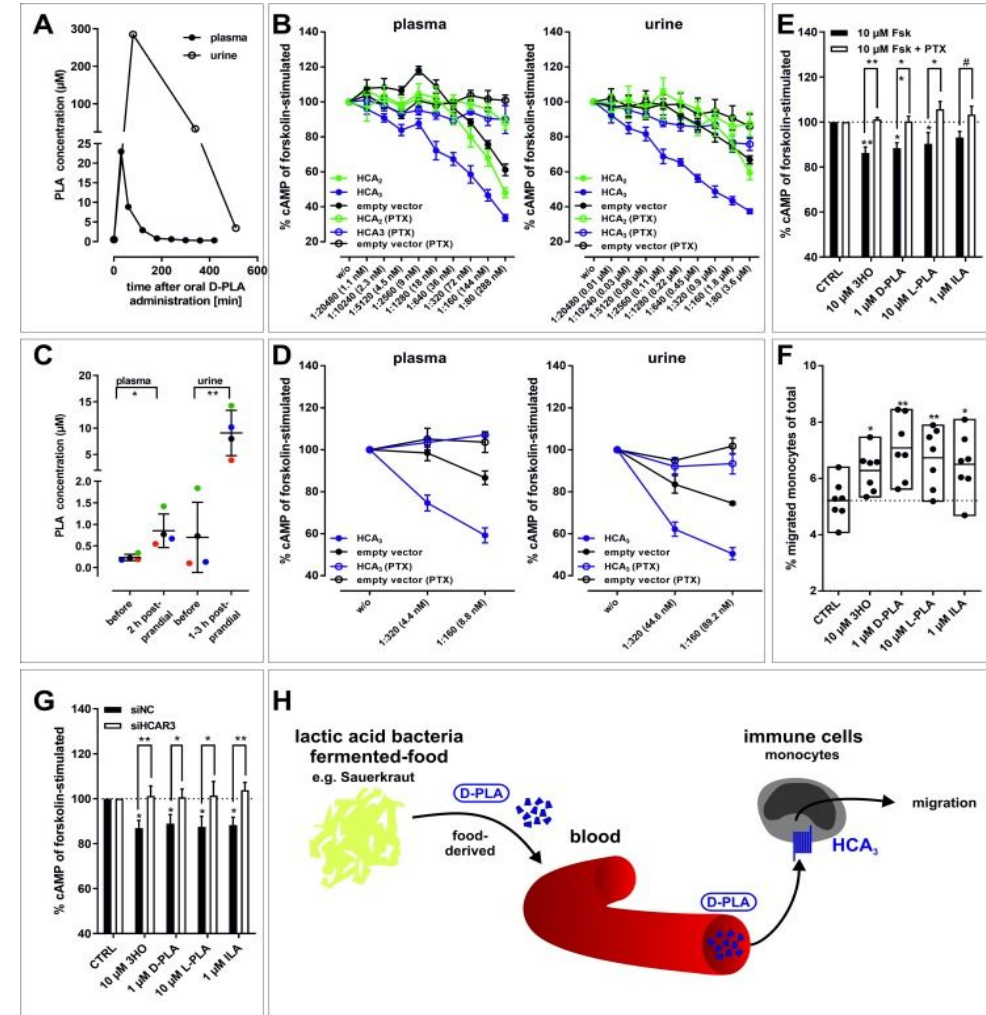
p. 10

- **Evolution homme/microbe**  
**Une longue relation entre l'Homme et les aliments fermentés**
- Consommation éthanol au travers fruits fermentés est supposée avoir ancré le lien avec alcool et l'évolution des enzymes ADH
- Changements évolutifs gènes humains pour la transformation de l'éthanol /Interaction avec Lactobacilles
- Association avec les aliments fermentés pourrait remonter à la divergence hominidés/primates (10 M années)?



# ● Evolution microbes/homme

- A la différence des autres mammifères: une copie supplémentaire gène du récepteur à l'acide hydroxycarboxylique HCA3
- Interaction avec l'acide D-Phyllactique, produit par les bactéries lactiques, présent dans les aliments fermentés (choucroute)
- D-PLA métabolite antibactérien, absorbé par les cellules humaines
- Cellules immunitaires



INRAE

Deep fooding and microbe learning.

FermentIA/Centrale Supelec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

Peters et al Plos Genet 2019 MAY, 23 15(5) doi: 10.1371/journal.pgen.1008145

- Ils sont partout!



**La vie, dans les conditions mêmes extrêmes**  
**La matière noire microbienne**  
**99 % viables mais non cultivables**



**INRAE**

Deep fooding and microbe learning.

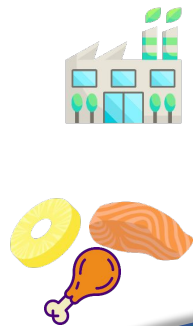
FermentIA/Centrale Supélec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

# • Et dans nos aliments?

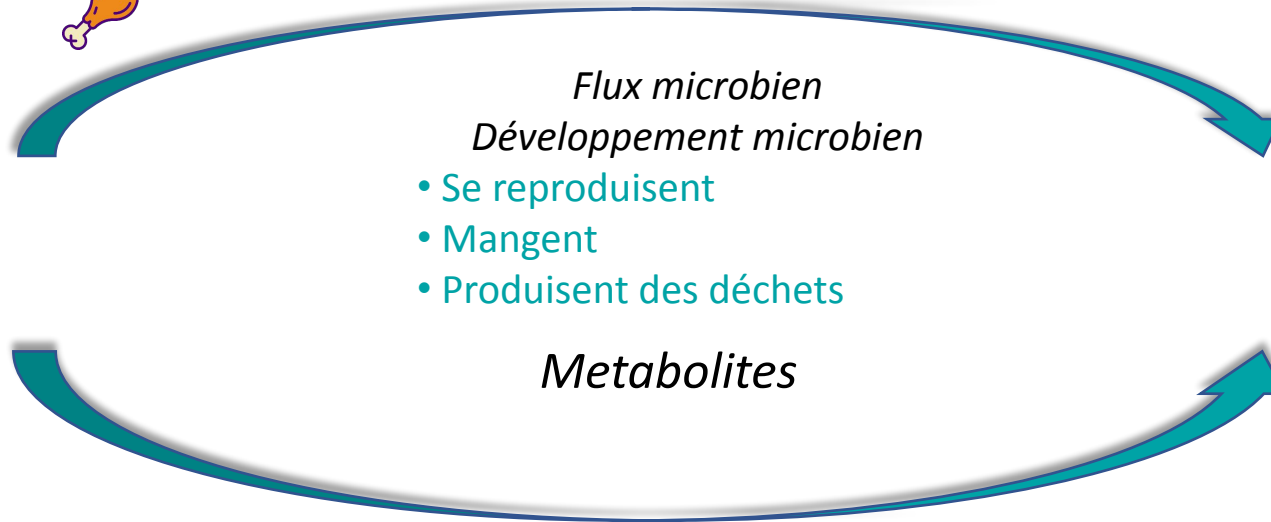
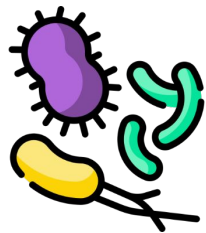
récolte



Procédés/transformation



Consommation



Flux microbien  
Développement microbien

- Se reproduisent
- Mangent
- Produisent des déchets

Metabolites



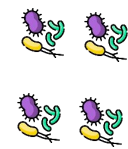
un chemin étroit



Perception du consommateur



Analyse du microbiologiste

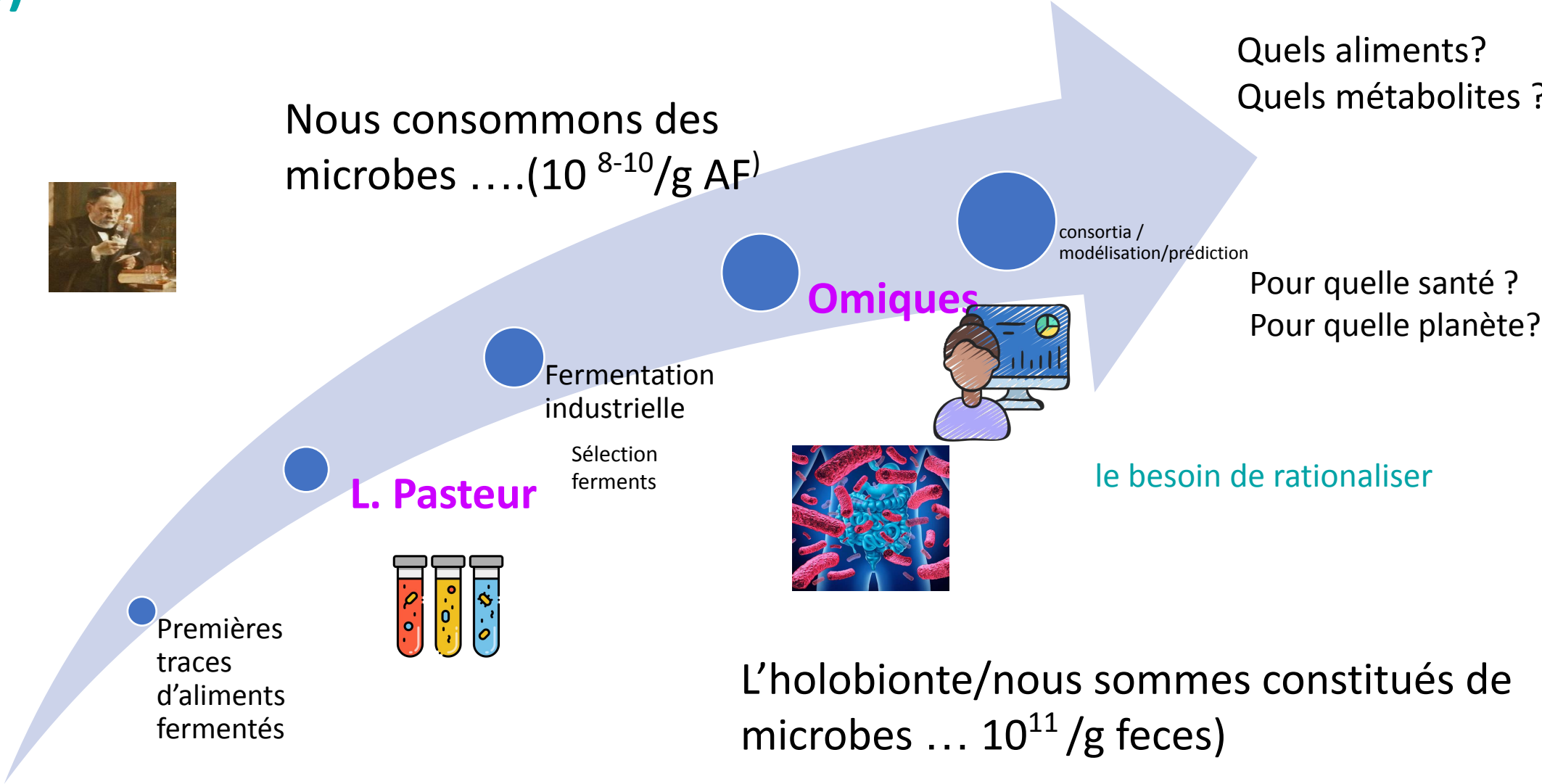


# • Altération? Conservation? Fermentation?

- Acceptabilité des aliments
- Propriétés organoleptiques
- Vision du consommateur
- Vision anthropocentrique (anthropocentrée?)
- Goût
- Héritage culturel
- Produits périssables
- Conservation
- Une évolution naturelle
- Fermentation vs altération
- Acteurs microbiens



# • Une très brève histoire ... des hommes et des microbes (des aliments)



Co-existence de deux types d'aliments fermentés dans de nombreux pays : fermentation spontanée et fermentation industrielle

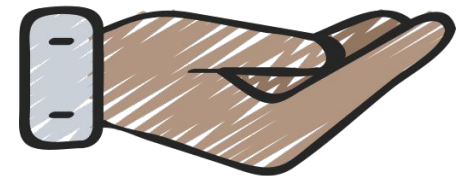
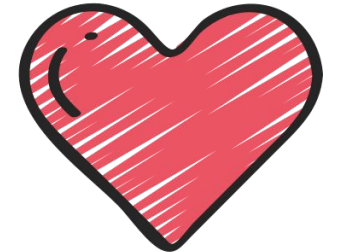
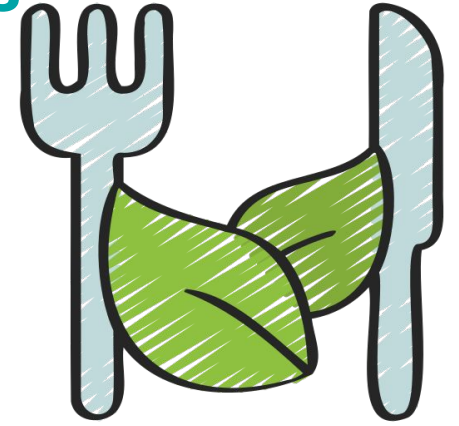


INRAE



## • Les enseignements majeurs/révolutions récentes

- Diversité des microbiotes alimentaires consommés  
Nous mangeons plus de microbes qu'attendu  
Microbes vivants  
Pas seulement les aliments fermentés, crus aussi
- Notre intestin et son microbiote : holobionte  
Perte de diversité depuis dernières décades  
Augmentation maladies chroniques



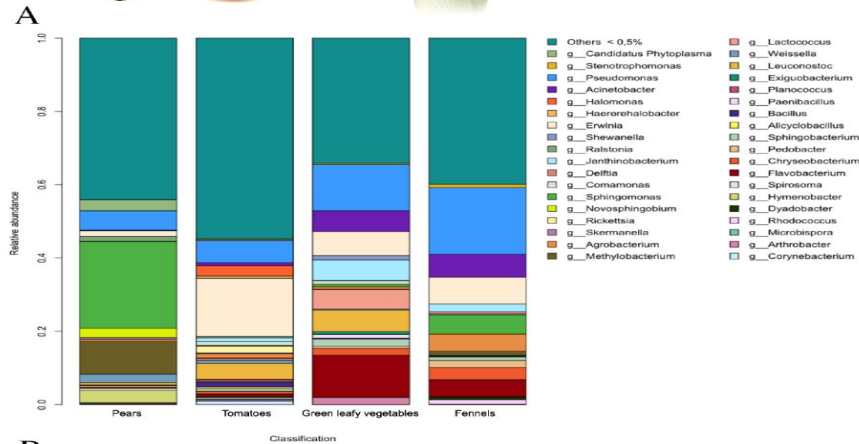
- **Enjeux à venir**

- Ramener de la diversité à notre microbiote intestinal?
- Diversifier notre alimentation face aux enjeux climatiques?
- La diversité microbienne insoupçonnée des aliments
- La diversité des fonctions : l'univers des possibles

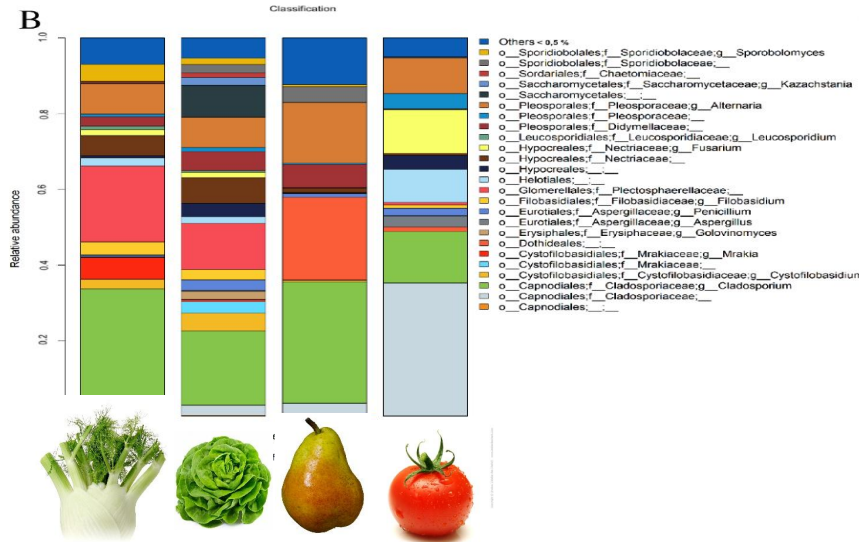


Rationaliser

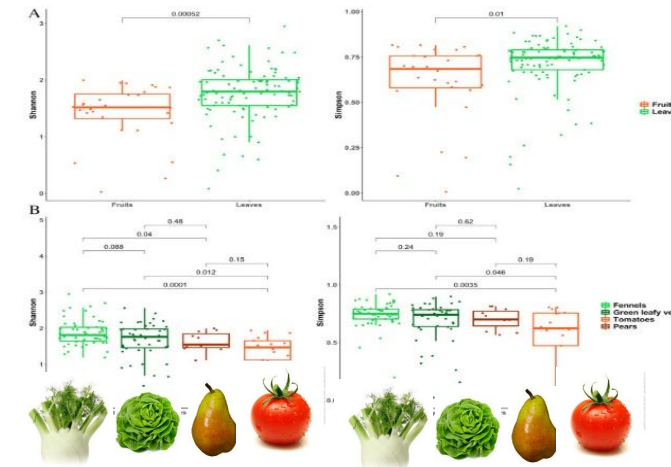
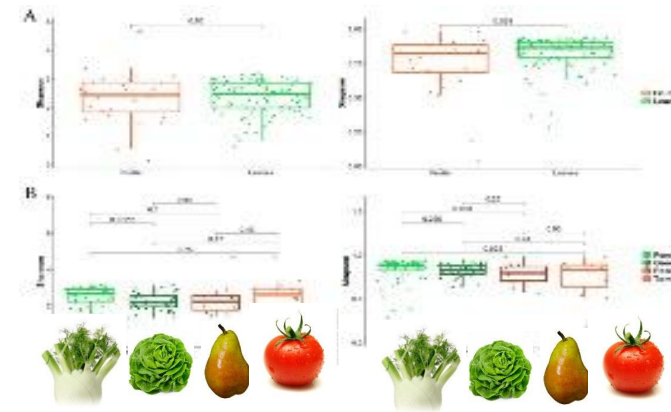
# Diversité microbienne des fruits et légumes



BACTERIA



FUNGI



- Des communautés microbiennes (bactéries/levures) spécifiques de chaque produit
- Plus de diversité sur les feuilles

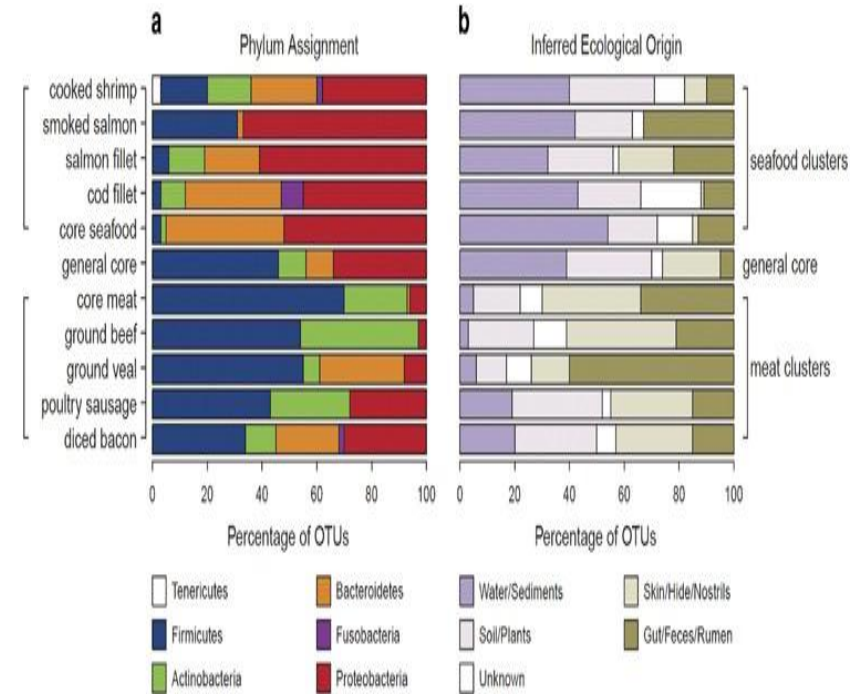
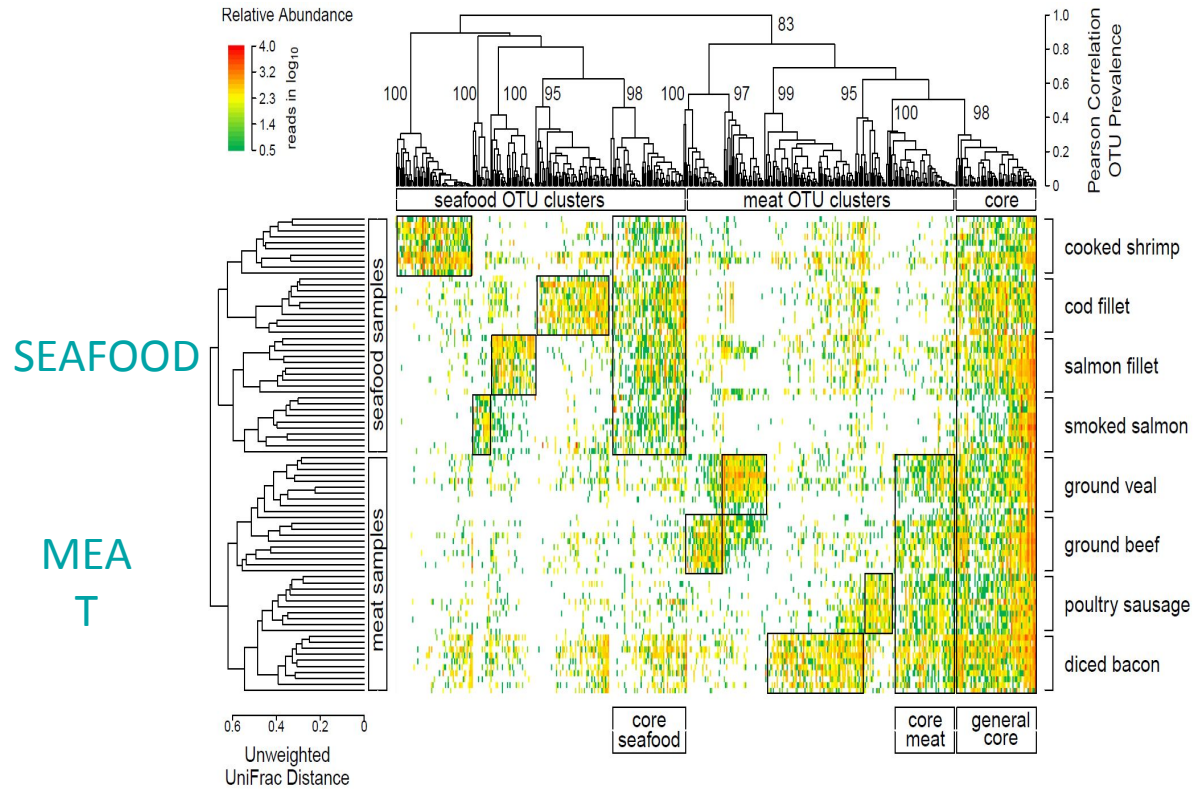


INRAE

Deep fooding and microbe learning.

FermentIA/Centrale Supelec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

# Diversité microbienne des produits animaux



Signature microbienne?

Origine écologique du microbiote alimentaire

- **Diversité microbienne des aliments fermentés**

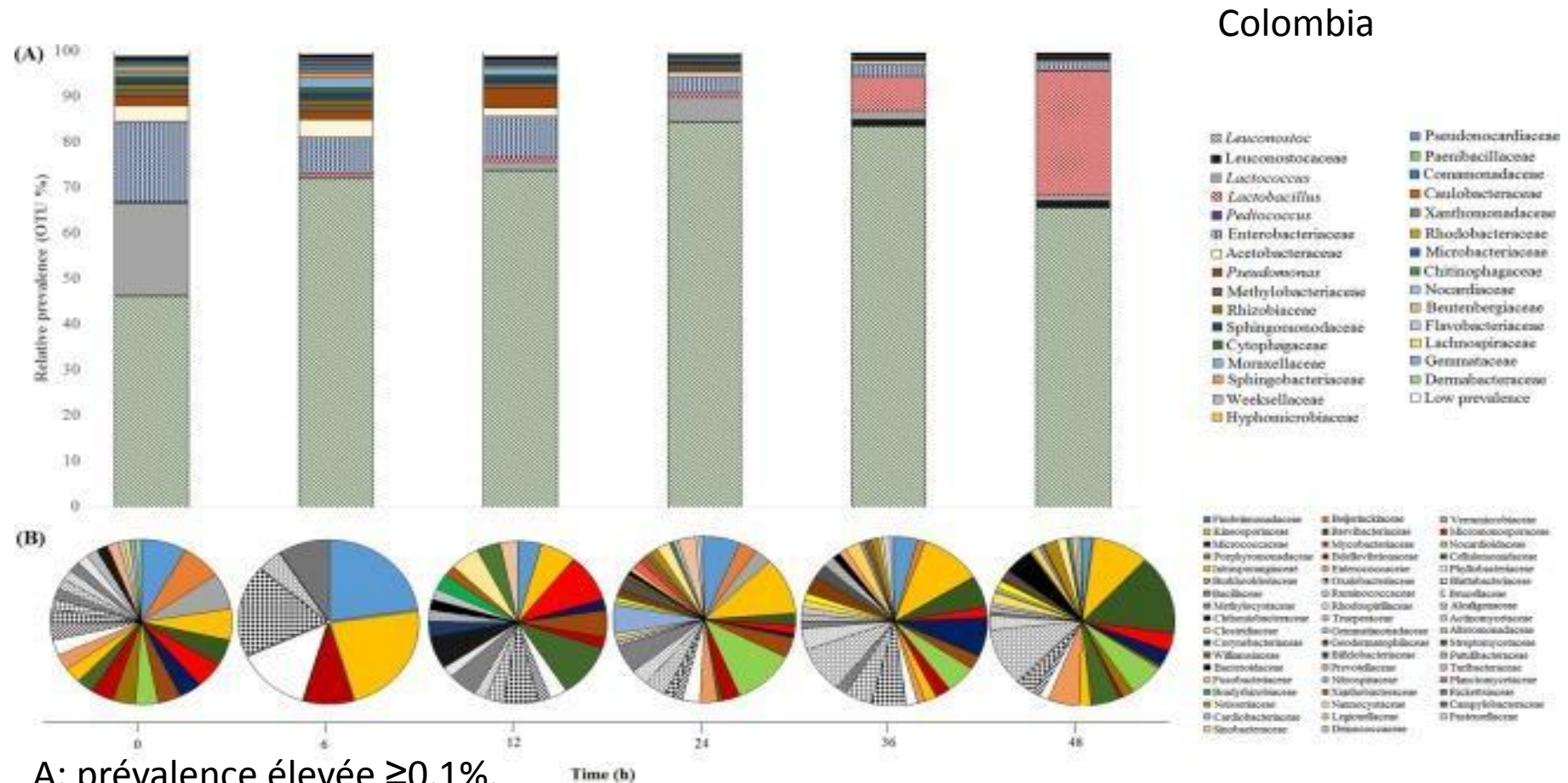


## Le café

- Différents types de fermentation : humide ou sèche
- Fermentation des fruits
- Bactéries pectinolytiques (*Erwinia*) dégradation de la pectine et libération du grain
- Bactéries (*Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*) fermentent glucides
- Développement arôme (lors de la torréfaction)



- Evolution durant la fermentation



A: prévalence élevée  $\geq 0.1\%$ .

B : prevalence  $< 0.1\%$ .

16S et 18S



INRAE

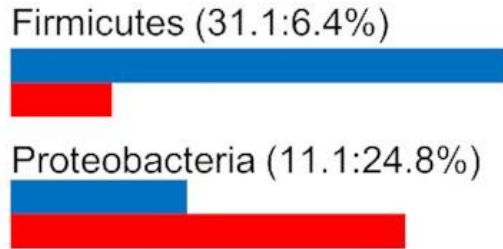
Deep fooding and microbe learning.

FermentIA/Centrale Supelec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

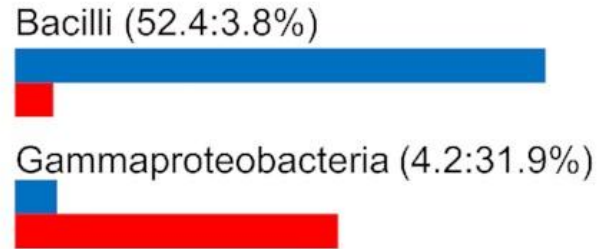
De Oliveira et al , Scientific reports 2019 doi: 10.1038/s41598-019-45002-8

- **Différences entre Robusta et Arabica**

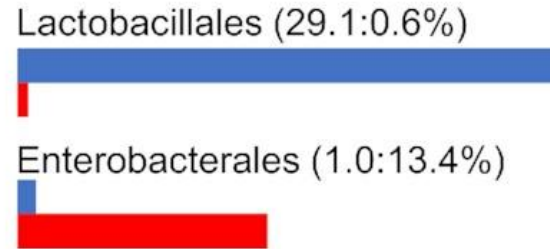
### Phylum



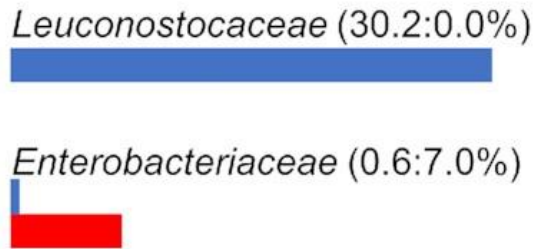
### Class



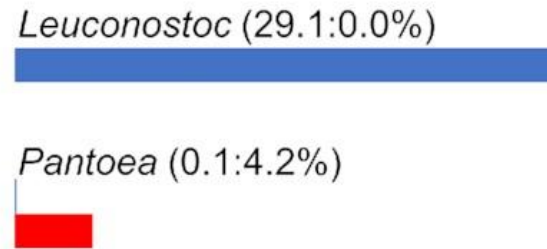
### Order



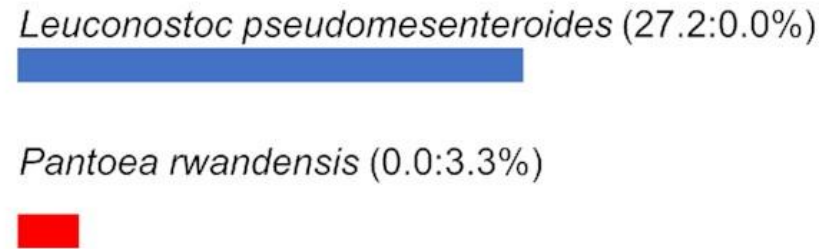
### Family



### Genus



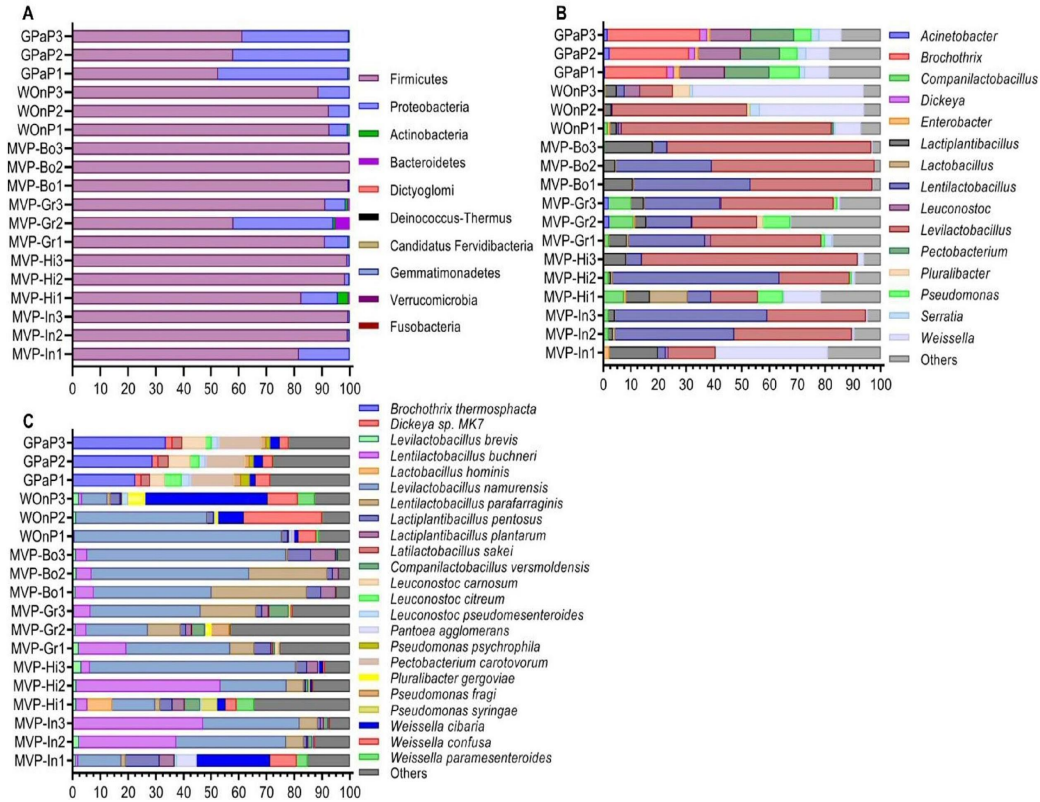
### Species



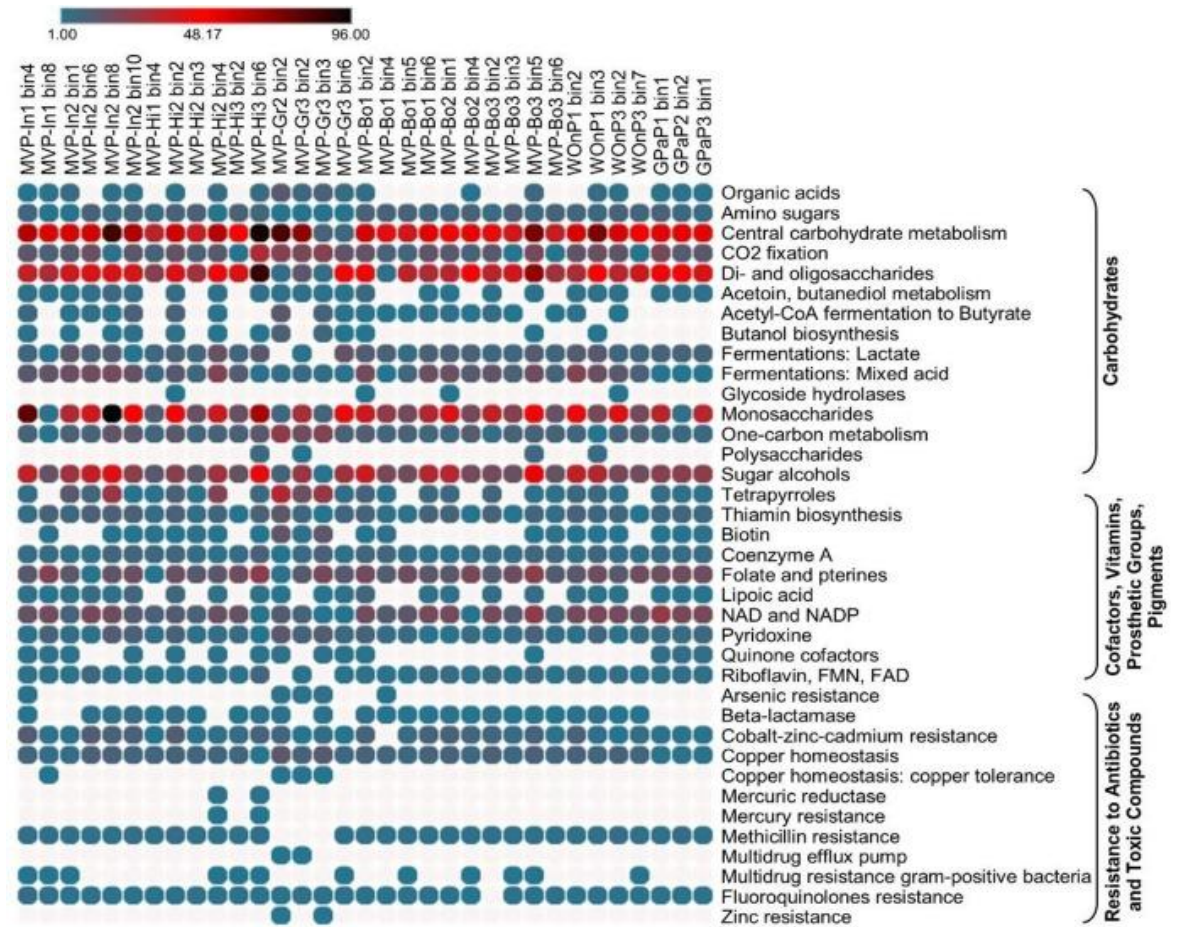
Red : robusta  
Blue : arabica



# ● La diversité dans les aliments fermentés végétaux



Pickles



Analyse fonctionnelle

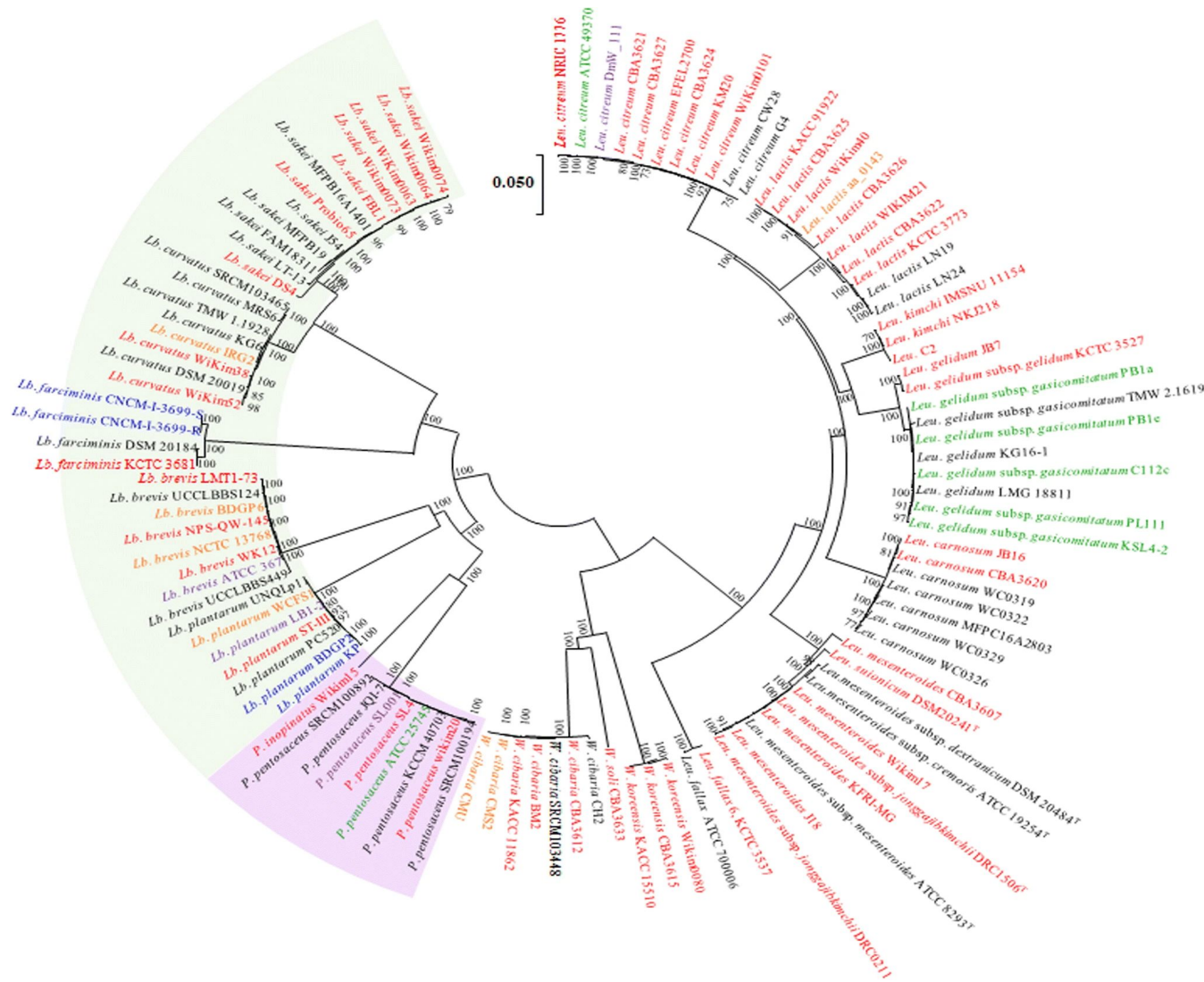
INRAE

Deep fooding and microbe learning.

FermentIA/Centrale Supelec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès



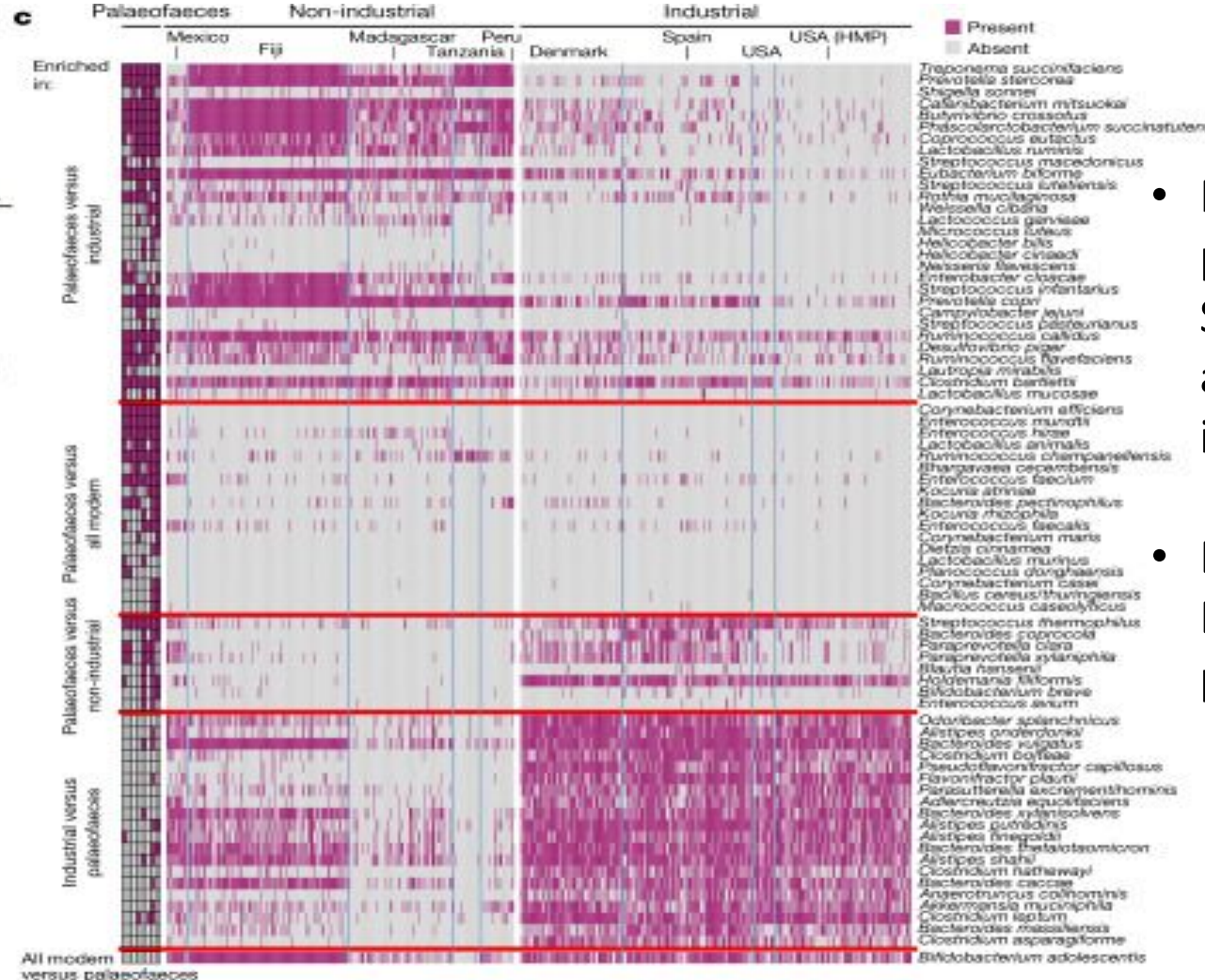
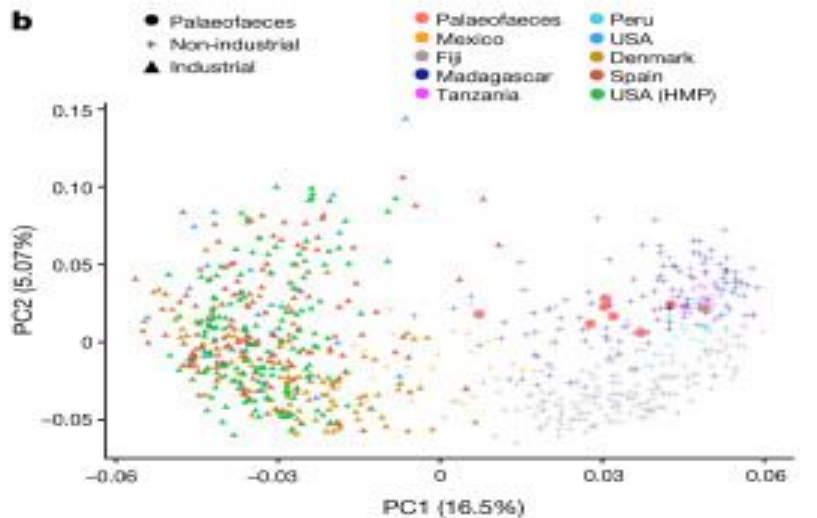
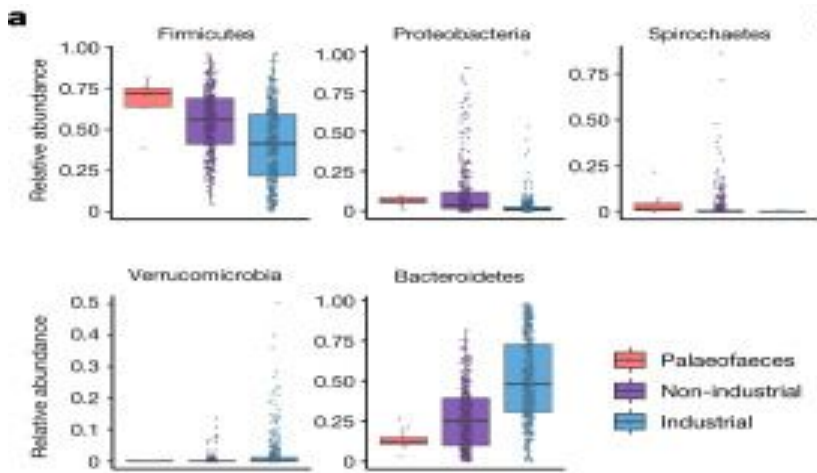
# • La diversité au niveau de l'espèce



- Kimchi
- Fermentation spontanée (choux)
- Arbre phylogénétique des bactéries lactiques
- Grande diversité de souches



- Paleo faeces ressemblent plus au microbiote intestinal des habitants des pays industrialisés que ceux de pays non industrialisés



- Firmicutes, proteobacteries et Spirochetes moins abondants pays industrialisés
- Enrichissement en Bacteroidetes dans pays industrialisés



INRAE de novo assembly of microbial genomes from palaeofaeces

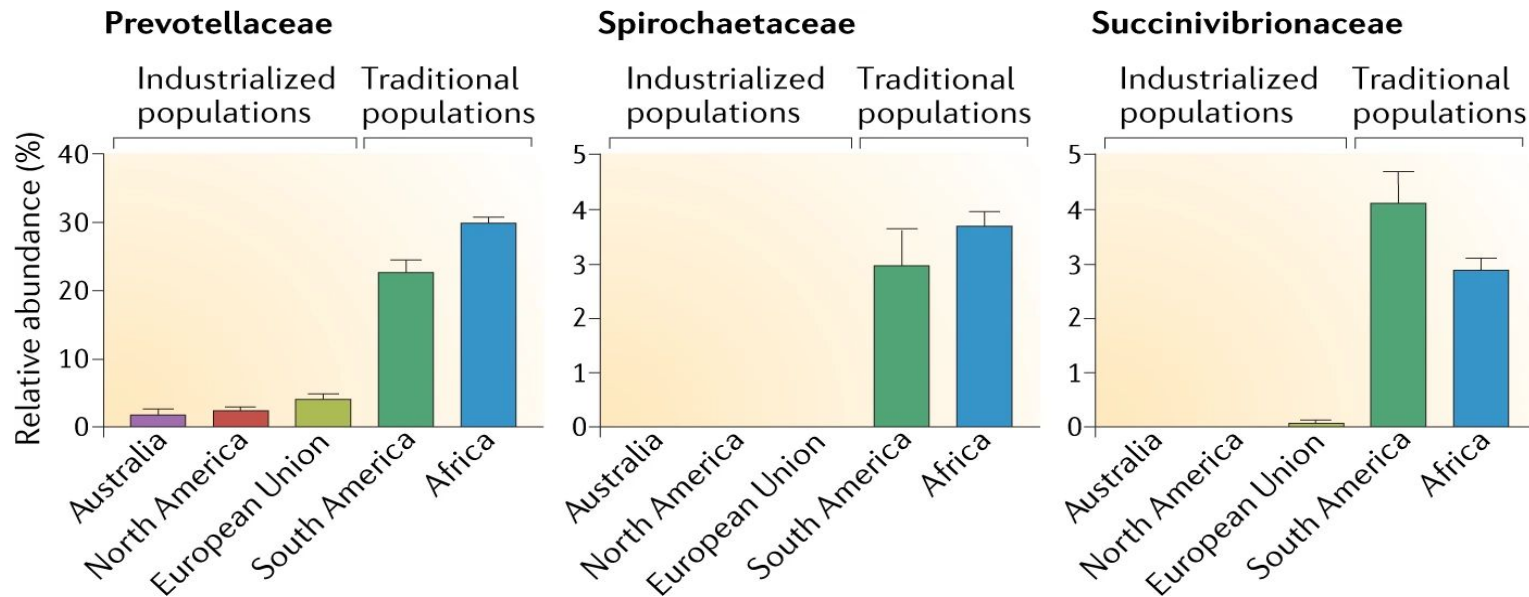
Deep fooding and microbe learning.

\_Wibowo et al AD. Nature. 2021 Jun;594(7862):234-239. doi: 10.1038/s41586-021-03532-0. Epub 2021 May 12. PMID: 33981035 p. 26

FermentIA/Centrale Supelec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

- Et pendant ce temps là ....

□ Une perte de diversité microbienne dans le microbiote intestinal des habitants des pays industrialisés



Sonnenburg ED, Sonnenburg JL. *Nat Rev Microbiol.* 2019 Jun;17(6):383-390. doi: 10.1038/s41579-019-0191-8.

□ Associé à une augmentation des maladies chroniques



## • La consommation de microbes vivants et ses effets sur la santé

- NHANES : National Health & Nutrition examination survey (2001-2018)
- Adultes à partir de 19 ans
- Estimation de la quantité de microbes ingérés (étude précédente)
- Suivi de paramètres physiologiques : pression artérielle, mesures anthropométriques, marqueurs biologiques)
- La consommation d'aliments avec des teneurs en microorganismes moyennes à hautes est associée avec une baisse de la pression artérielle, de l'IMC, du tour de taille, du taux de glucose plasmatique, de la protéine C réactive (témoin inflammation, insuliner, triglycérides, cholestérol HDL)

High > 107/g  
Medium 104 -107  
Low < 104

Consommation d'aliments à forte teneur en microorganismes associée à petits effets santé ?



INRAE

Deep fooding and microbe learning.  
FermentIA/Centrale Supélec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

Hill et al J. nutr 2023 Feb 22;S0022-3166(23)12622-8. doi: 10.1016/j.tjnut.2023.02.019

p. 28

- **Fermentation : un atout d'avenir**

## Un contexte

Changement climatique

Modification des ressources

Besoin évolution régime / diversification alimentaire

Végétal/animal

## Des enjeux

Durabilité/nutrition/santé

## Des ressources...microbiennes

Diversité

Fonctions

Production de biomasse

Production ingrédients

Usines cellulaires

**Sécurité alimentaire**

**Sécurité sanitaire**

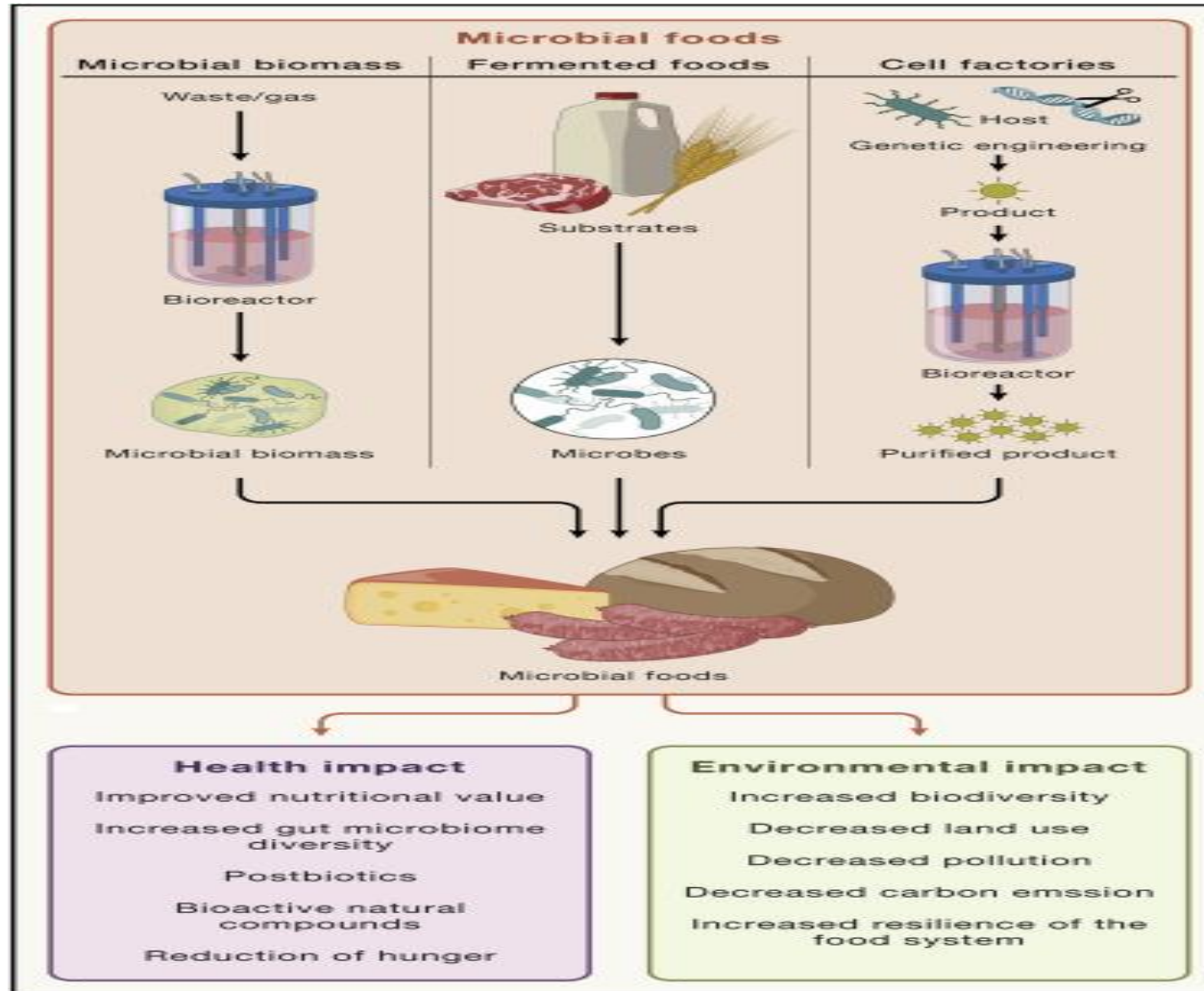


**INRAE**

Deep fooding and microbe learning.

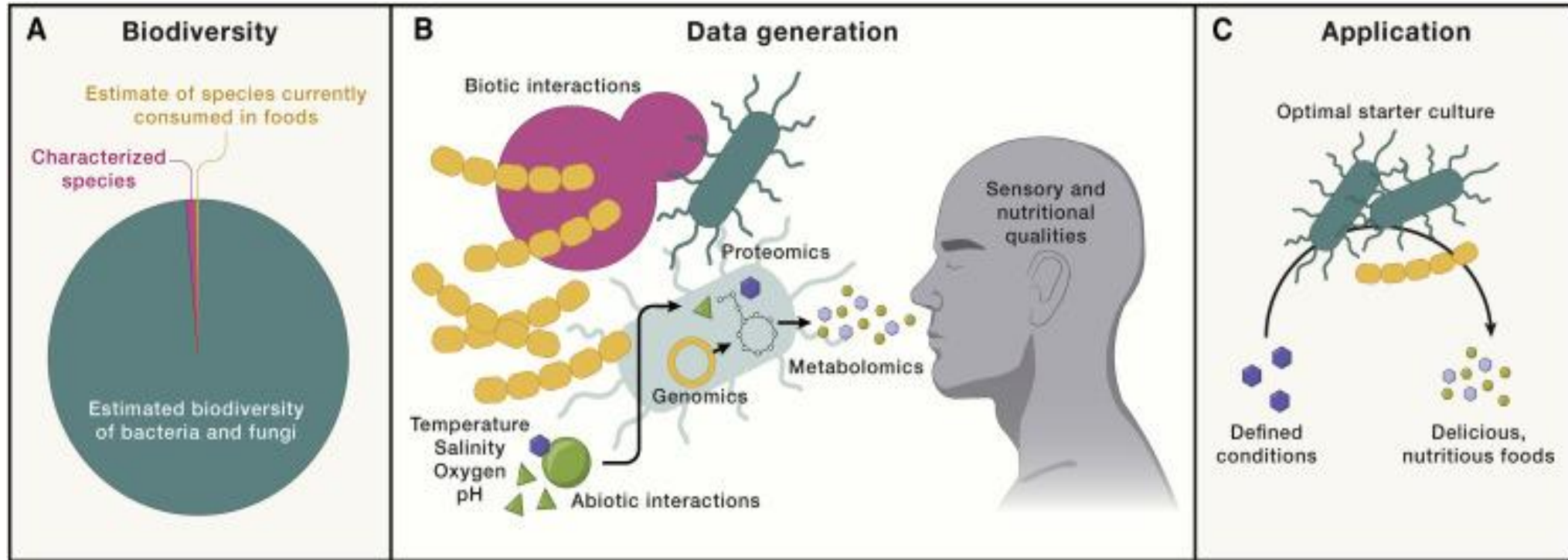
FermentIA/Centrale Supelec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

- De l'aliment fermenté traditionnel aux nouveaux aliments fermentés



3 types différents

- La révolution des omiques ? Le besoin d'exploration des données



- **Merci pour votre attention**



**INRAE**

Deep fooding and microbe learning.

FermentIA/Centrale Supélec/13 septembre 2023/ M Champomier Vergès

[marie-christine.champomier-verges@inrae.fr](mailto:marie-christine.champomier-verges@inrae.fr)