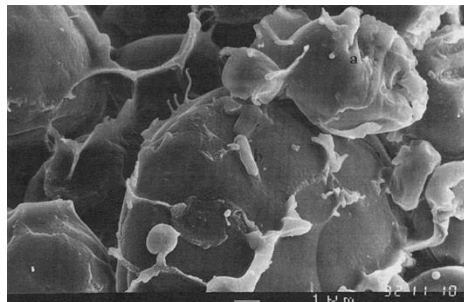
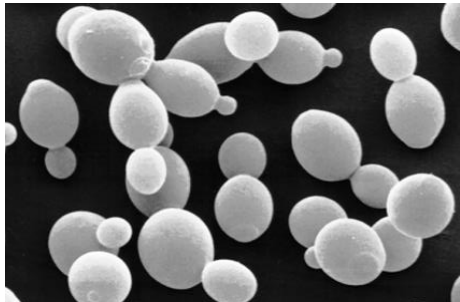


# Du pain et des levains



Conférence  
Association des Amis  
des Sciences de la Terre et du Climat  
en Pic Saint-Loup  
Saint Gély du Fesc, 19 nov. 2024

*delphine.sicard@inrae.fr*

INRAE

SupAgro  
Montpellier



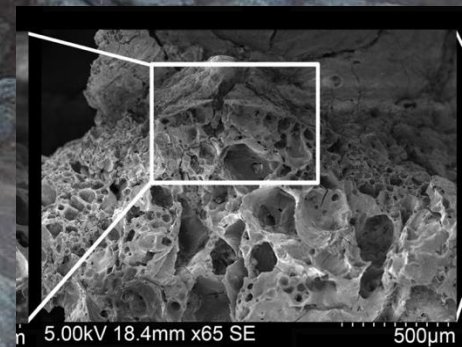








Shubayqa, Nord Jordanie  
-14 000 ans  
Natufians  
Arranz-Otaegui *et al.* 2018







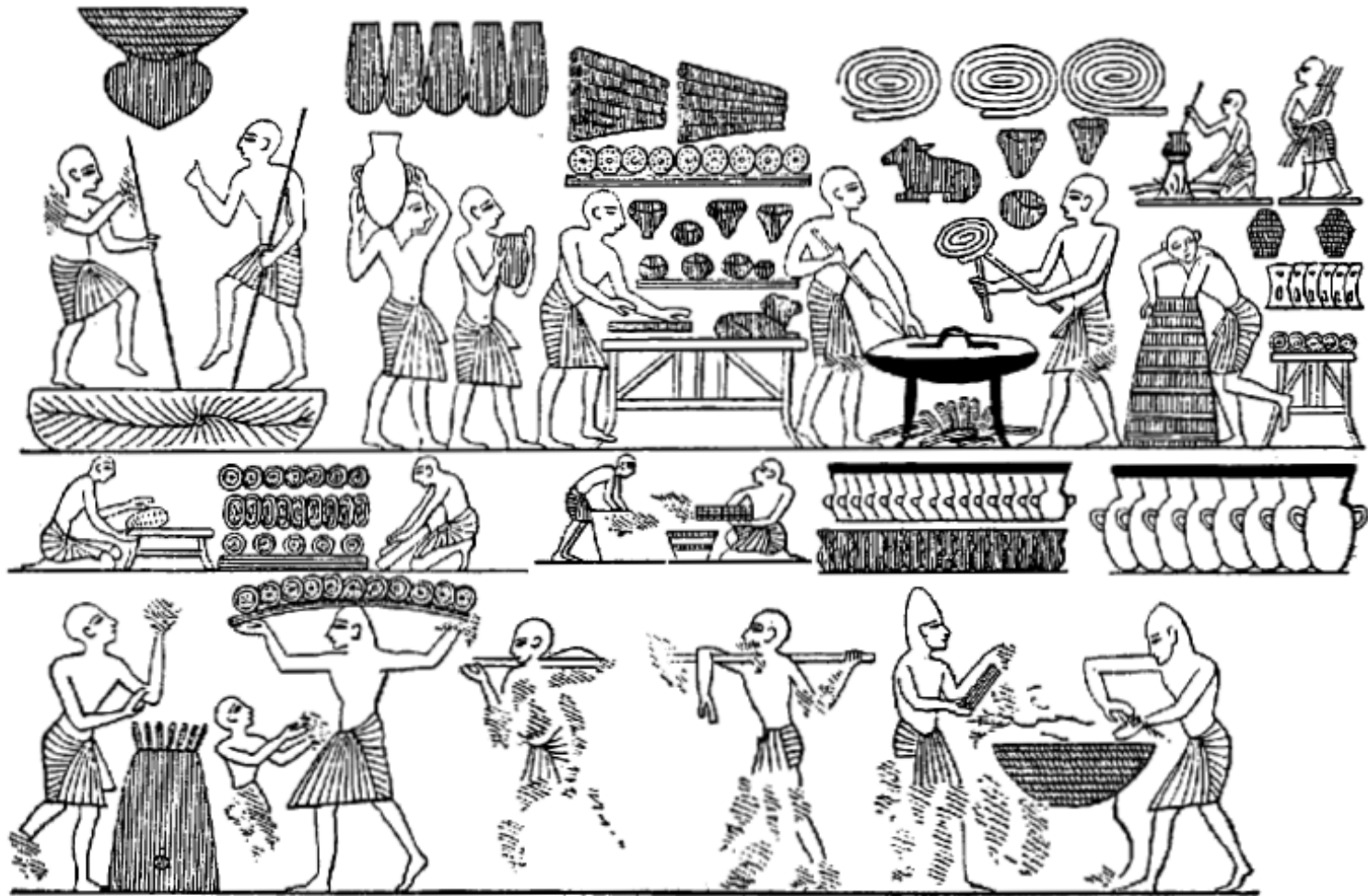
Çatalhöyük (Turquie)  
-8 600 ans

*González Carretero 2020, Gonzales Carretero et al. 2021, Turkcan 2024*

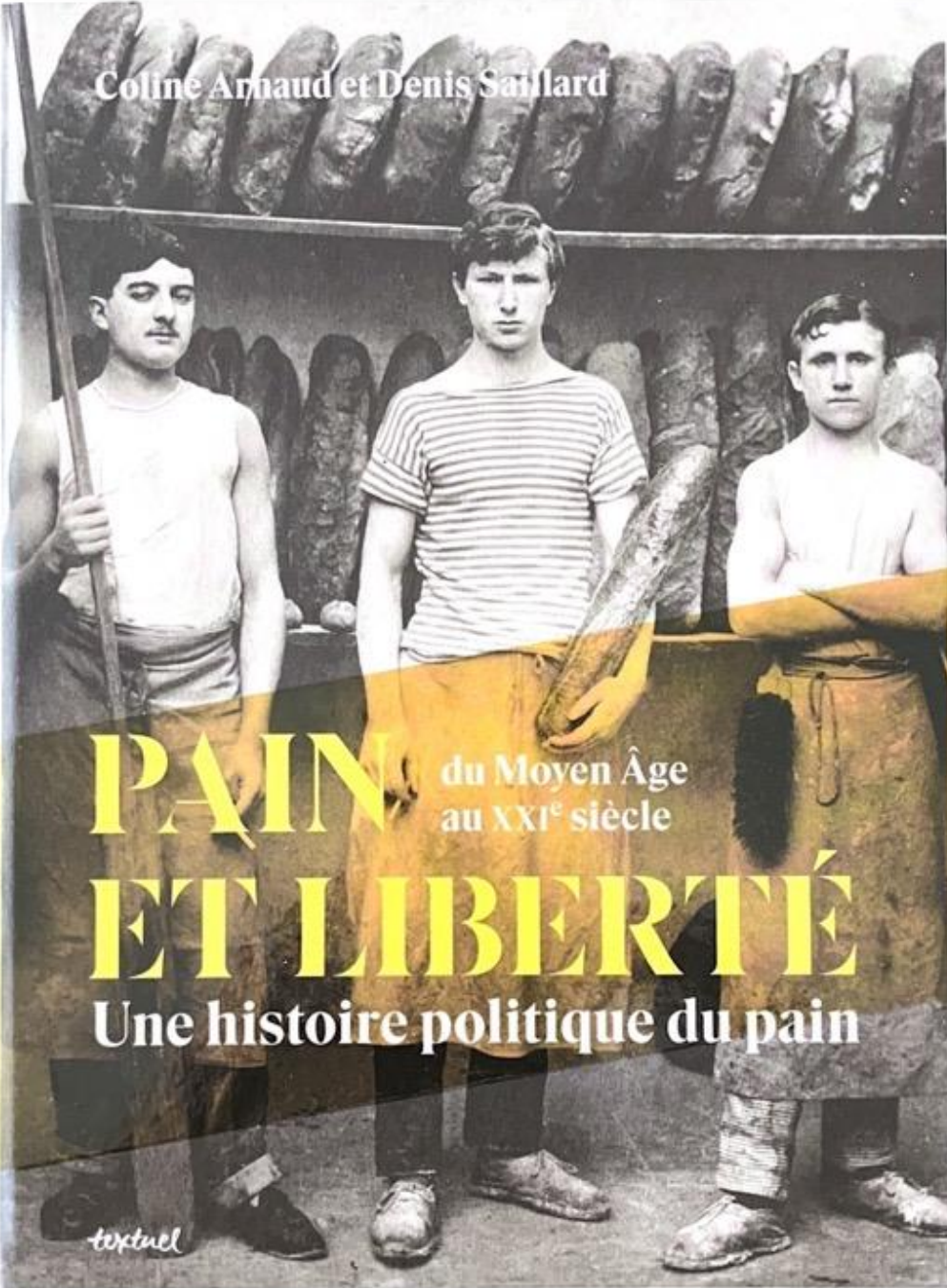




# Diversification des pains à l'âge de bronze



BREAD. *The court bakery of Ramesses III.* Various forms of bread, including loaves shaped like animals, are shown. From the tomb of Ramesses III in the Valley of the Kings, twentieth dynasty.



Coline Arnaud et Denis Saillard

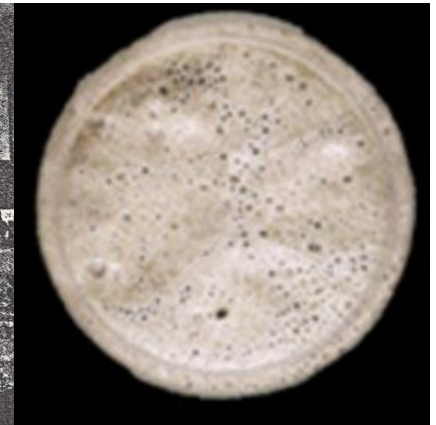
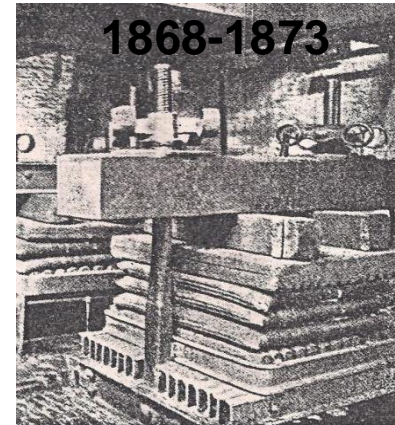
# PAIN ET LIBERTÉ

du Moyen Âge  
au XXI<sup>e</sup> siècle

Une histoire politique du pain

textuel

# Changement des pratiques boulangères avec l'industrialisation au XIX

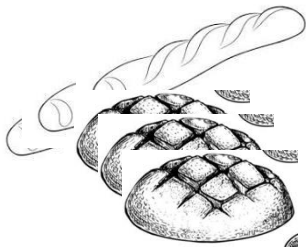
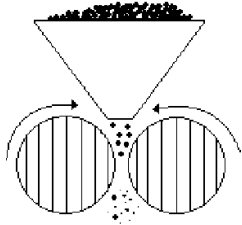




## INDUSTRIELLE



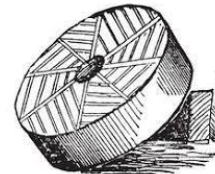
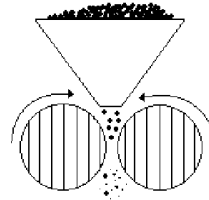
shutterstock.com - 1086723005



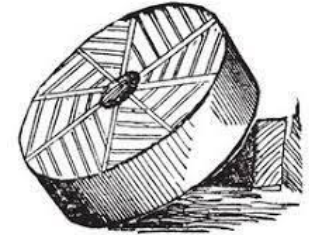
## ARTISANALE



shutterstock.com - 1086723005



## PAYSANNE





# Quelques chiffres économiques 2023

INDUSTRIELS

45%

ARTISANS

~55%

PAYSAN-BOULANGERS

quelques %

des 13 milliards d'euros de chiffre d'affaire de la boulangerie



44340 boulangeries enregistrées avec le code naf "10.71C - Boulangerie et boulangerie-pâtisserie" Sirène de l'INSEE.

## Enregistré à l'agence bio:

- 7547 transformateurs qui font du pain bio (dont des Leclerc et des Intermarchés...)
- 2883 boulangeries-pâtisseries enregistrées avec une certification Bio, soit 6,5% des boulangeries.
- 667 agriculteurs qui font du pain bio.

# Et les consommateurs ?

94g

Consommation moyenne par jour par personne (900 gr après guerre)

## Enquête IFOP

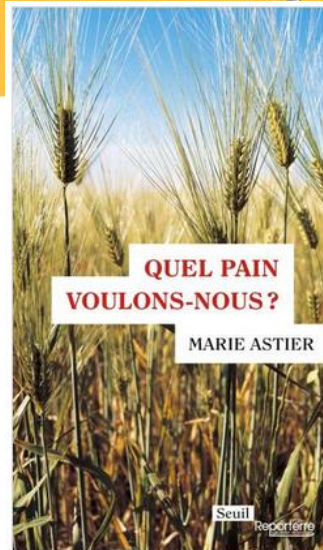
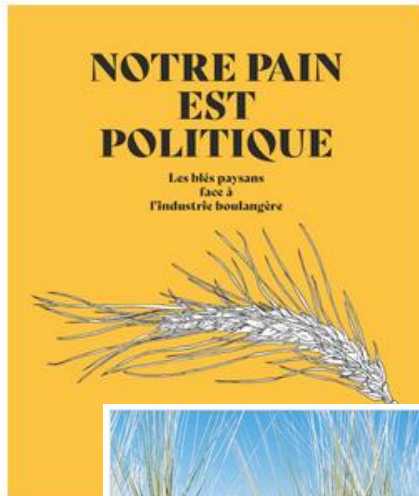
(2023, 1002 personnes >18 ans)

- 52% des répondants : la boulangerie artisanale est le lieu d'achat du pain
- 59% : un achat de pain est choisi pour sa qualité supérieure
- 97 % des Français interrogés se sentent bien accueillis en boulangerie
- Pour 85 % des Français la baguette et le pain restent les produits les plus appréciés





# Quel pain pour une plus grande durabilité de la filière boulangerie ?



Comment limiter notre empreinte écologique tout en assurant notre sécurité alimentaire ?

# Des recherches participatives sur la boulangerie au levain 2013-2024



Ferme Du grain au pain, Saint Martin de Londres

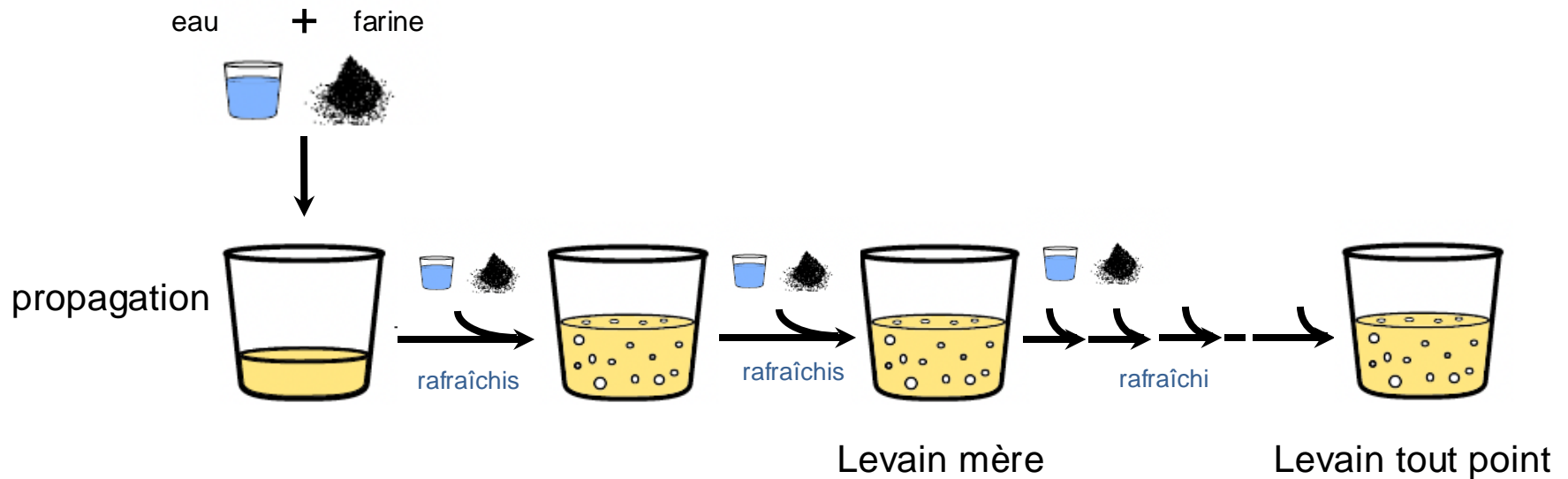


# Questions de recherche

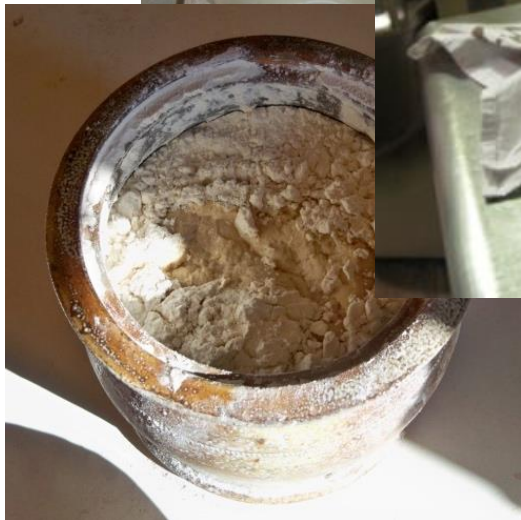
- Quelle est la biodiversité microbienne dans les filières de la boulangerie au levain ?
- Quel est l'effet du levain sur la qualité nutritionnelle et organoleptique des pains ?

# Initiation et entretien d'un levain

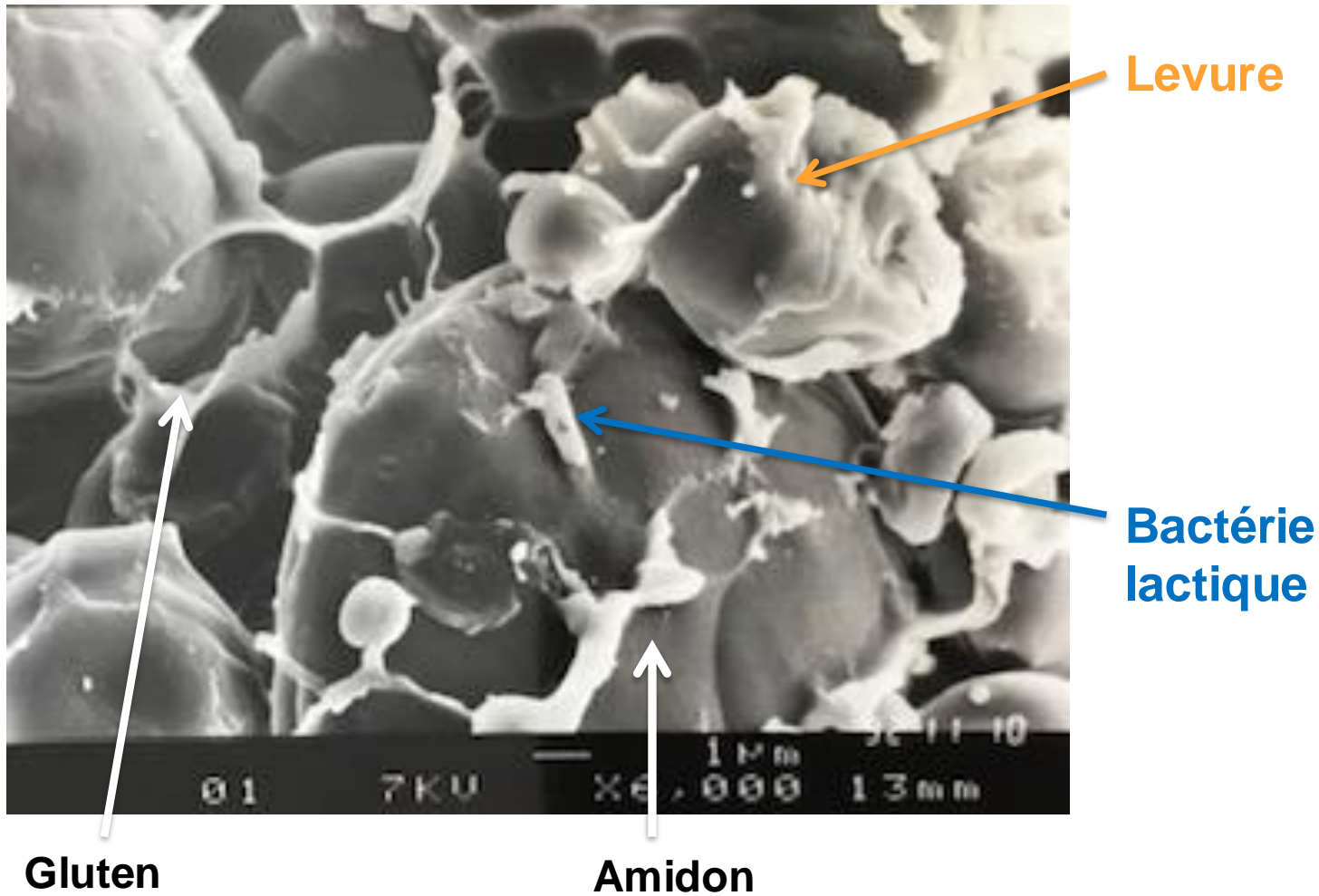
## Initiation d'un levain





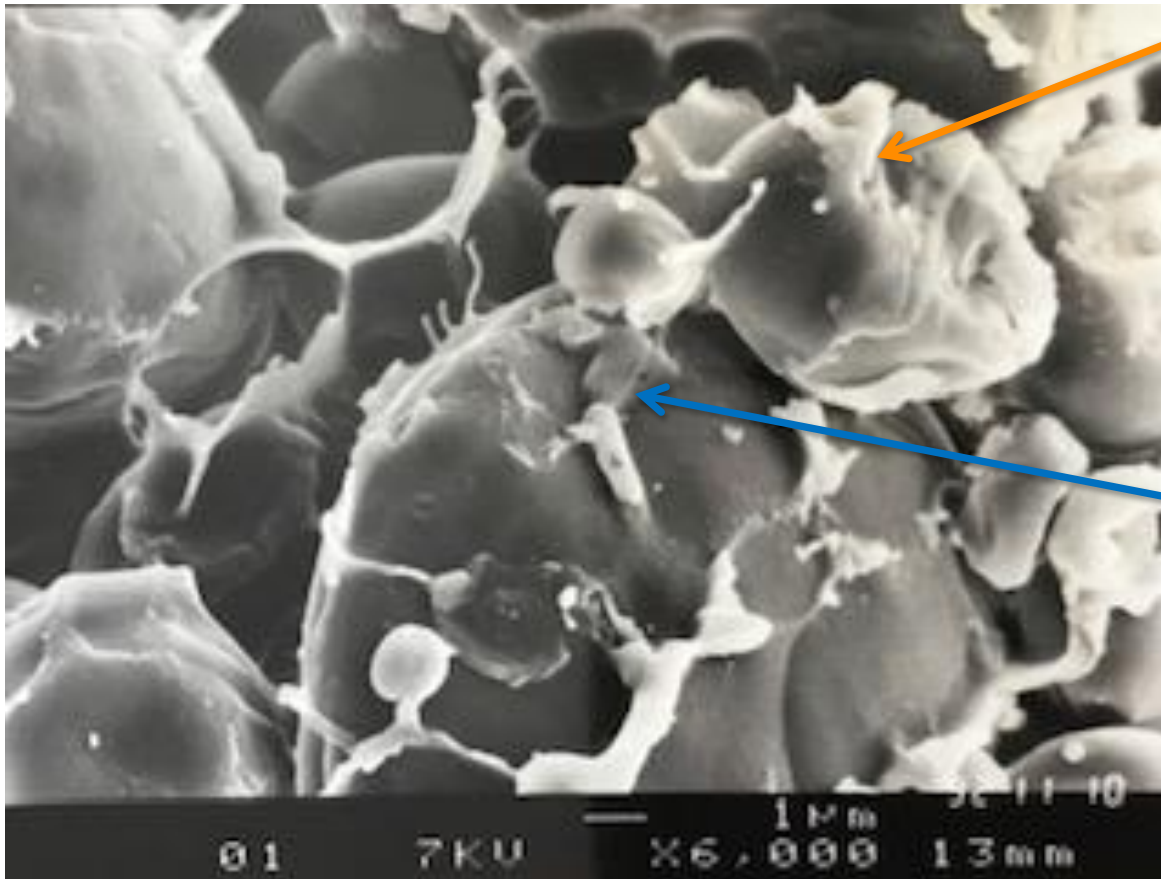


# Composition d'un levain

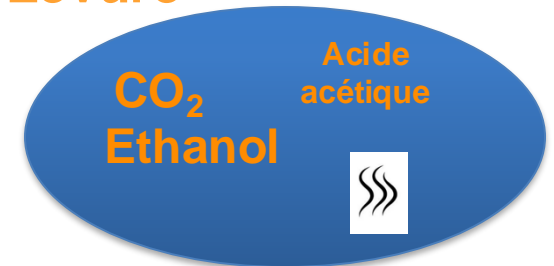




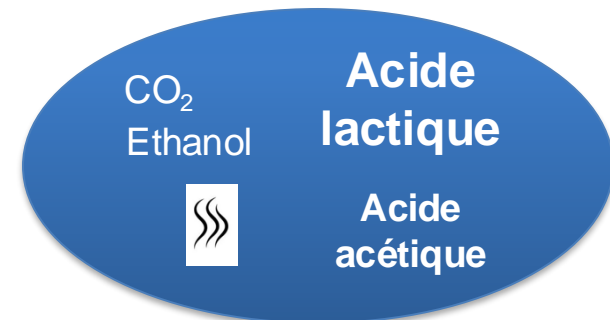
# Que font les levures et les bactéries ?



## Levure

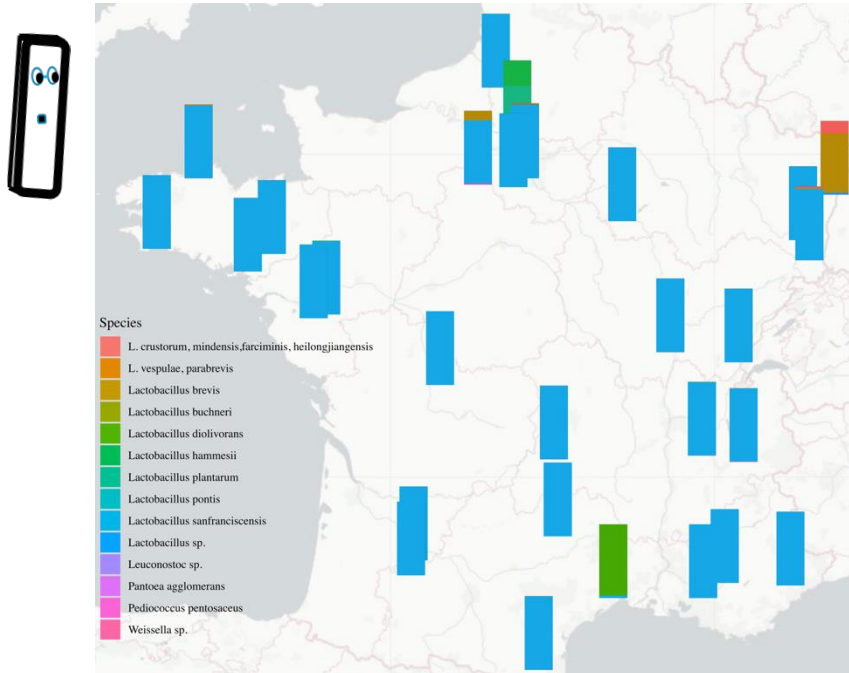


## Bactérie lactique

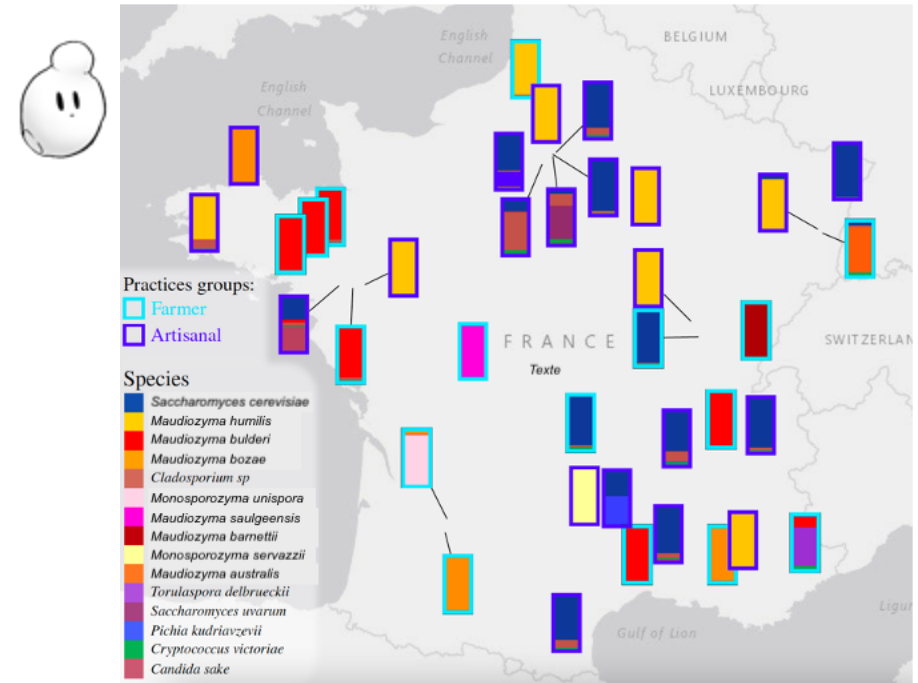


# Diversité microbienne des levains français

## Bactéries



## Levures





# Une nouvelle espèce de levure



Jacques et al., 2016

NR Dimanche  
11 février 2018

sud vienne

agriculture

## Pain : une levure unique au monde identifiée à Saulgé

Michel Perrin, paysan boulanger à Saulgé, est " inventeur " d'une levure unique au monde : la *Kazachstania saulgeensis*, maintenant référencée par l'INRA.

**A**u lieu-dit Les Plants, à Saulgé, Michel Perrin est paysan boulanger depuis une vingtaine d'années. Il est aussi un des premiers producteurs adhérents de l'association March'équitable (créée en juillet 2011, avec un magasin boulevard Gambetta à Montmorillon).

**Baptisée en référence au village de Saulgé**

« Je suis agriculteur et boulanger autodidacte, précise-t-il. Tout a commencé grâce à l'Ecomusée du Montmorillonnais, qui avait organisé une formation pour la restauration des vieux fours à pain. Ainsi, j'ai pu remonter mon vieux four des années 1850 et j'ai commencé à faire mon pain comme autrefois. Puis j'ai rencontré un autre paysan boulanger à Moulismes, qui m'a appris à faire du pain bio au levain naturel... »

Le levain est le résultat de la culture de bactéries et de levures se développant dans un simple mélange fermenté d'eau et de farine. « C'est un véritable organisme vivant que l'on élève, indique le boulanger. En 2013, j'ai été contacté par l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) qui venait de lancer un projet de recherches participatives sur la diversité des levures et des bactéries dans le levain naturel. Une quarantaine d'artisans et paysans boulangers, répartis sur toute la France, ont été mis à contribution, sous la direction

de l'enseignante chercheuse Delphine Sicard » (lire en encadré).

Chaque échantillon de levain a été dilué et homogénéisé, puis mis en culture. Les chercheurs ont ainsi isolé plus de 1500 souches de levures et de bactéries. En analysant leur ADN, les scientifiques ont mis au jour une incroyable biodiversité. « Une espèce de levure inconnue à ce jour a été découverte dans mon levain, explique Michel Perrin. Elle a été baptisée *Kazachstania saulgeensis*, en référence à la commune de Saulgé ».

La souche de levure saulgéenne est ainsi l'unique représentante de l'espèce dans le monde. La diversité des levures dans les levains est le résultat d'une alchimie complexe : la conjonction d'une multitude de facteurs relatifs au terroir, aux semences, aux outils utilisés (au fournil surtout) et à la façon de faire du boulanger.

**« Je n'achète que le sel »**

Michel cultive lui-même ses semences (issues de variétés anciennes) et fait sa farine à l'aide d'une meule en granit. « Je n'achète que le sel, souligne-t-il. Je ne sais pas si la *Kazachstania saulgeensis* donne un goût particulier à mon pain. En tout cas, les clients du March'équitable en sont accros ! ».

Cor. : Vincent Ribault

**repères**

**“ Contre la standardisation du goût ”**



Les levures : une biodiversité gastronomique insoupçonnée (photo INRA).

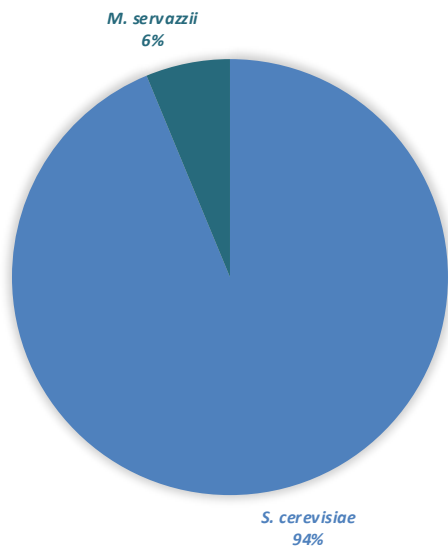
« En France, nous avons un patrimoine exceptionnel de boulangeries artisanales, souligne Delphine Sicard, responsable du projet " Bakery " à l'INRA. L'objectif de " Bakery " était de décrire scientifiquement cette richesse biologique et culturelle, mais nous ne nous attendions pas à découvrir une telle biodiversité dans les levains analysés et une telle diversité des pratiques. C'est pourquoi il est important de préserver une filière boulangère diversifiée afin de lutter contre la standardisation du goût ». Un projet Bakery 2 est à l'étude.

Michel Perrin cuit son pain dans le vieux four de sa ferme. Arrivé à l'âge de la retraite, Michel souhaite transmettre son entreprise et son savoir-faire. Contact : 06.63.47.55.43

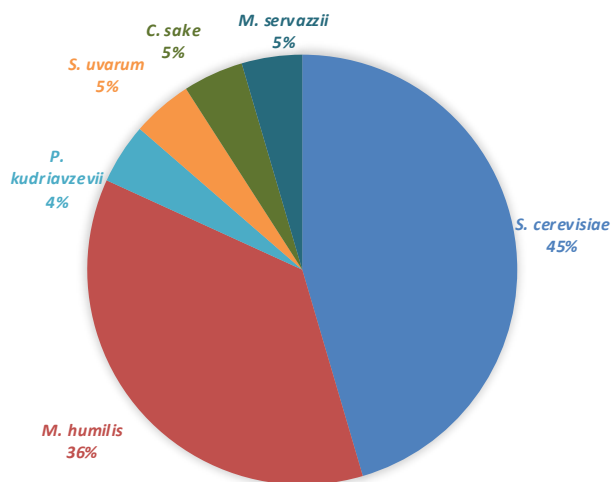
de l'enseignante chercheuse Delphine Sicard » (lire en encadré).

# Diversité des espèces de levure selon les filières en France

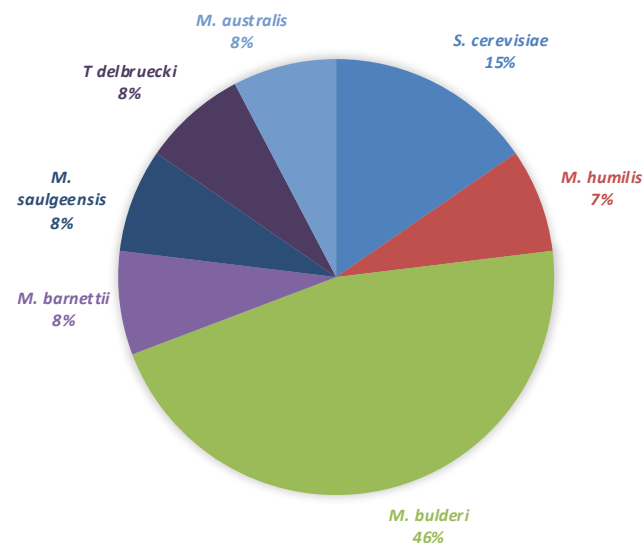
Non « bio » (n=16)



Artisanale (n=22)

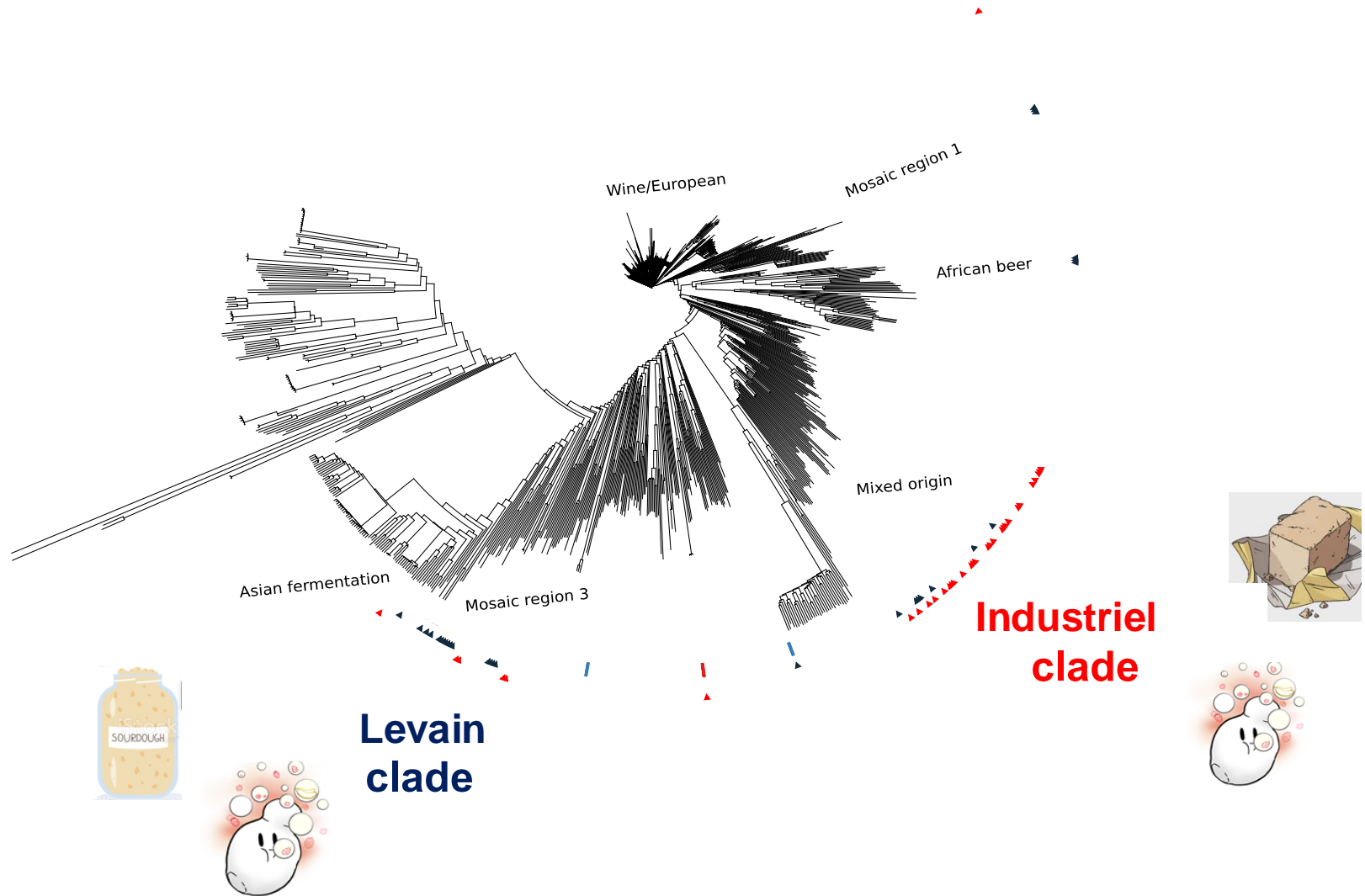


Paysanne (n=12)





# Les populations de *Saccharomyces cerevisiae* isolées des levains différents des starters industriels



Bakery  
Qualevolpain



# Une grande diversité d'espèce de levure dans la filière boulangerie au levain en France

- Les filières artisanales, paysannes à faible intrant hébergent plus de diversité que les autres
- Les filières paysannes, artisanales à faible intrant n'hébergent pas la même diversité d'espèce
- Les souches starter commerciales, utilisé aussi dans l'industrie, n'ont pas envahi les levains naturels



# Questions de recherche

- Quelle est la biodiversité microbienne dans les filières de la boulangerie au levain ?
- Quel est l'effet du levain sur la qualité nutritionnelle et organoleptique du pain ?

# Un dispositif experimental de recherche participative



8 ferments

3



CRA = *K. bulderi* (Kb) – *F. sanfranciscensis*  
 EDI = *S.cerevisiae* (Sc), *K. unispora* (Ku) – F.s.  
 STE = Sc, *T. delbrueckii* (Td) – F.s.

2 farines

2 × 3



Renan  
Barbu



*S.cerevisiae*

2



+



**Carbohydrates et  
acides  
organiques**

**Protéines**

**Minéraux**

Microwave Atomique  
 Plasma Emission  
 Spectroscopy

**Composés  
volatils**

SPME + Mass  
 Spectrometry

# Processus de panification

Pétrissage



Pointage : fermentation 1



Division



Boulage-façonnage



Apprêt : fermentation 2

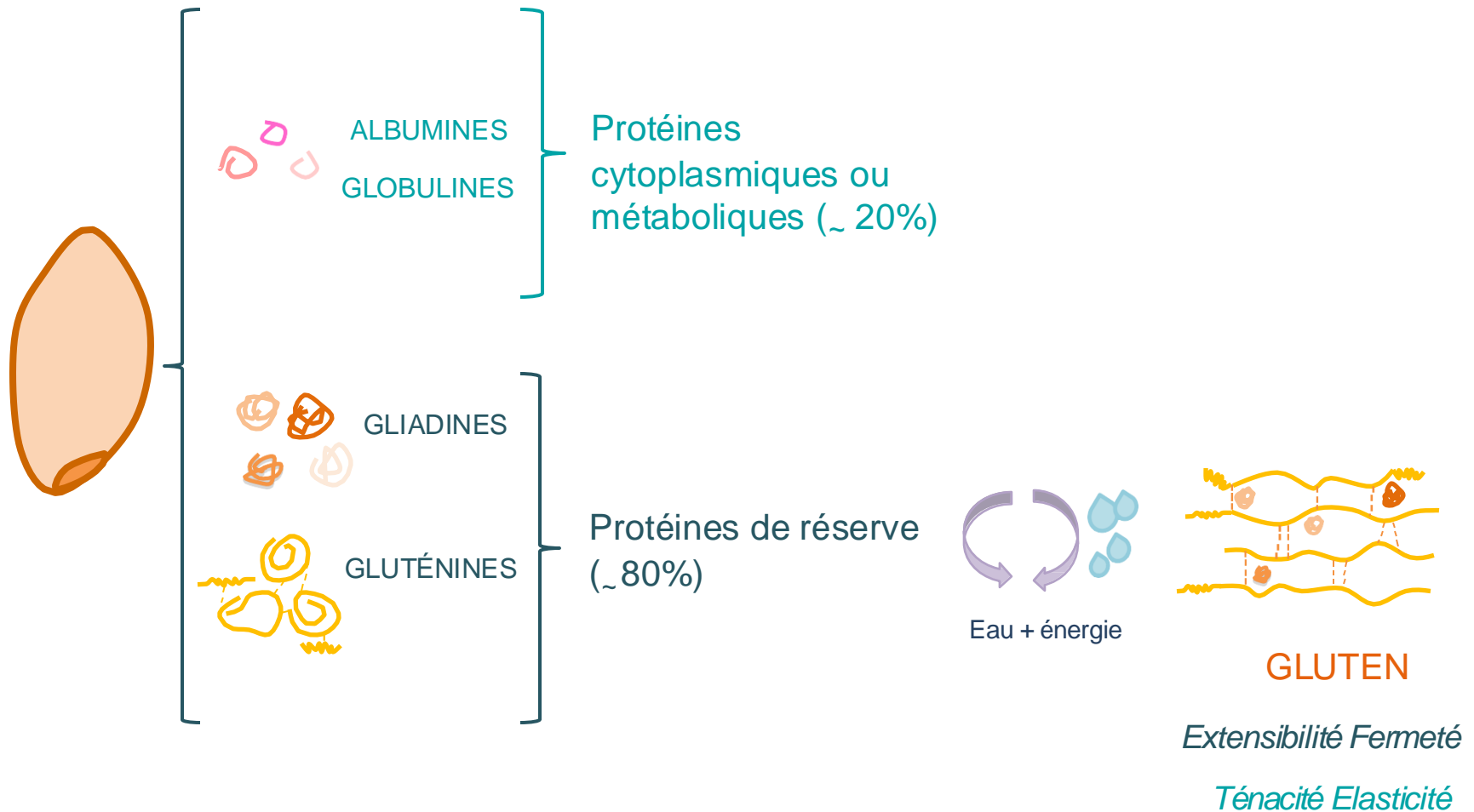


Grigne-Cuisson

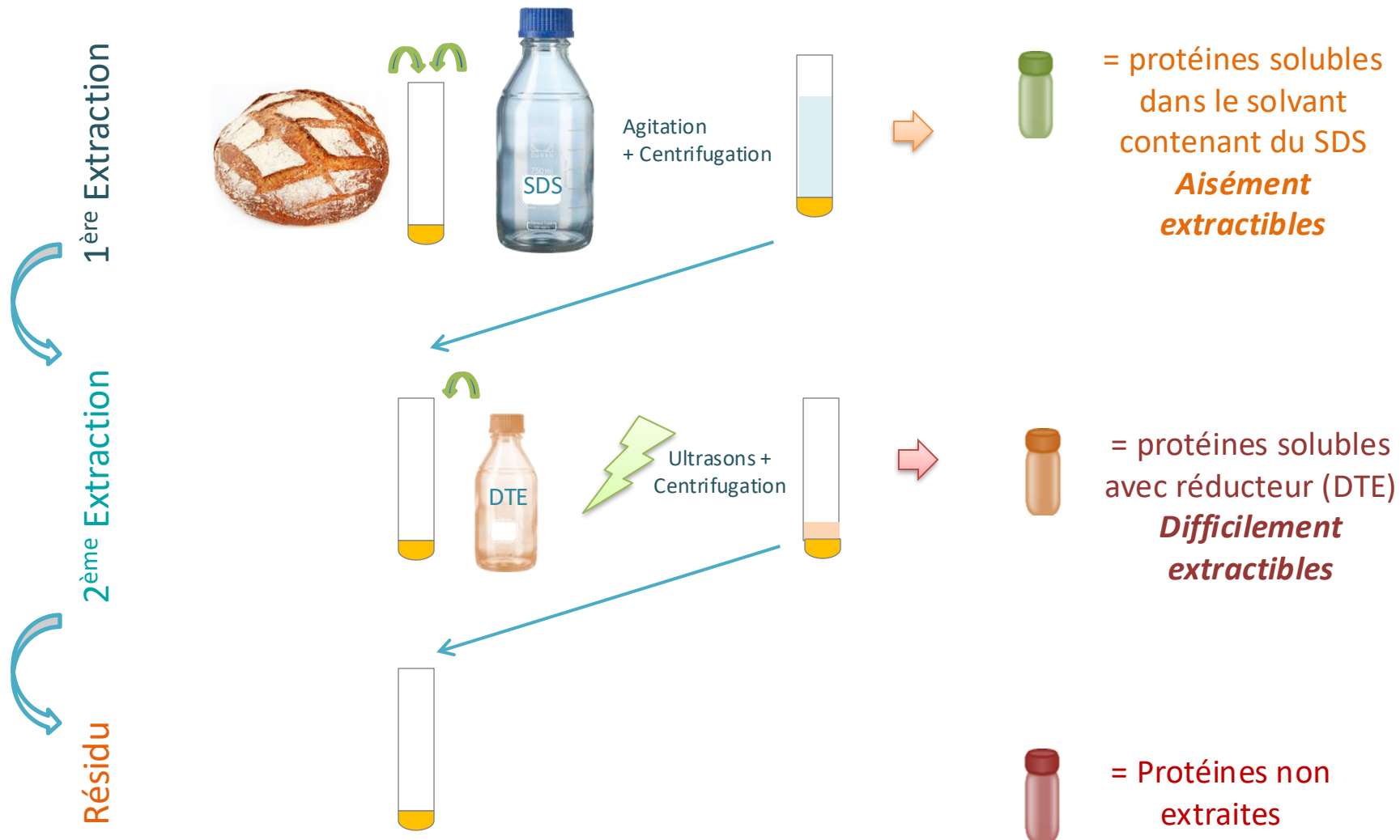




# Les protéines du blé : du grain à la pâte



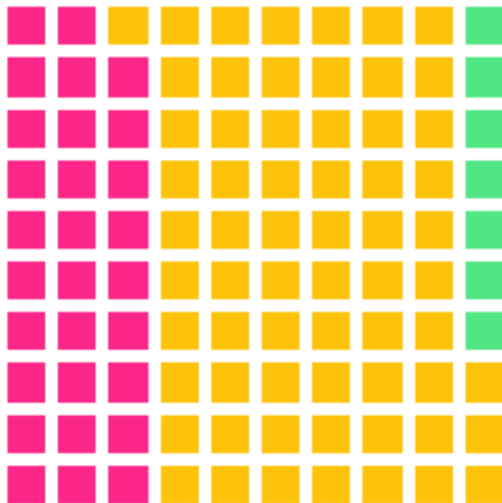
# Comment analyser la solubilité des protéines des pains ?



# Plus de protéines solubles dans le pain au levain



Pain au levain



Pain  
levain+levure



Pain à la levure



*Aisément extractibles*



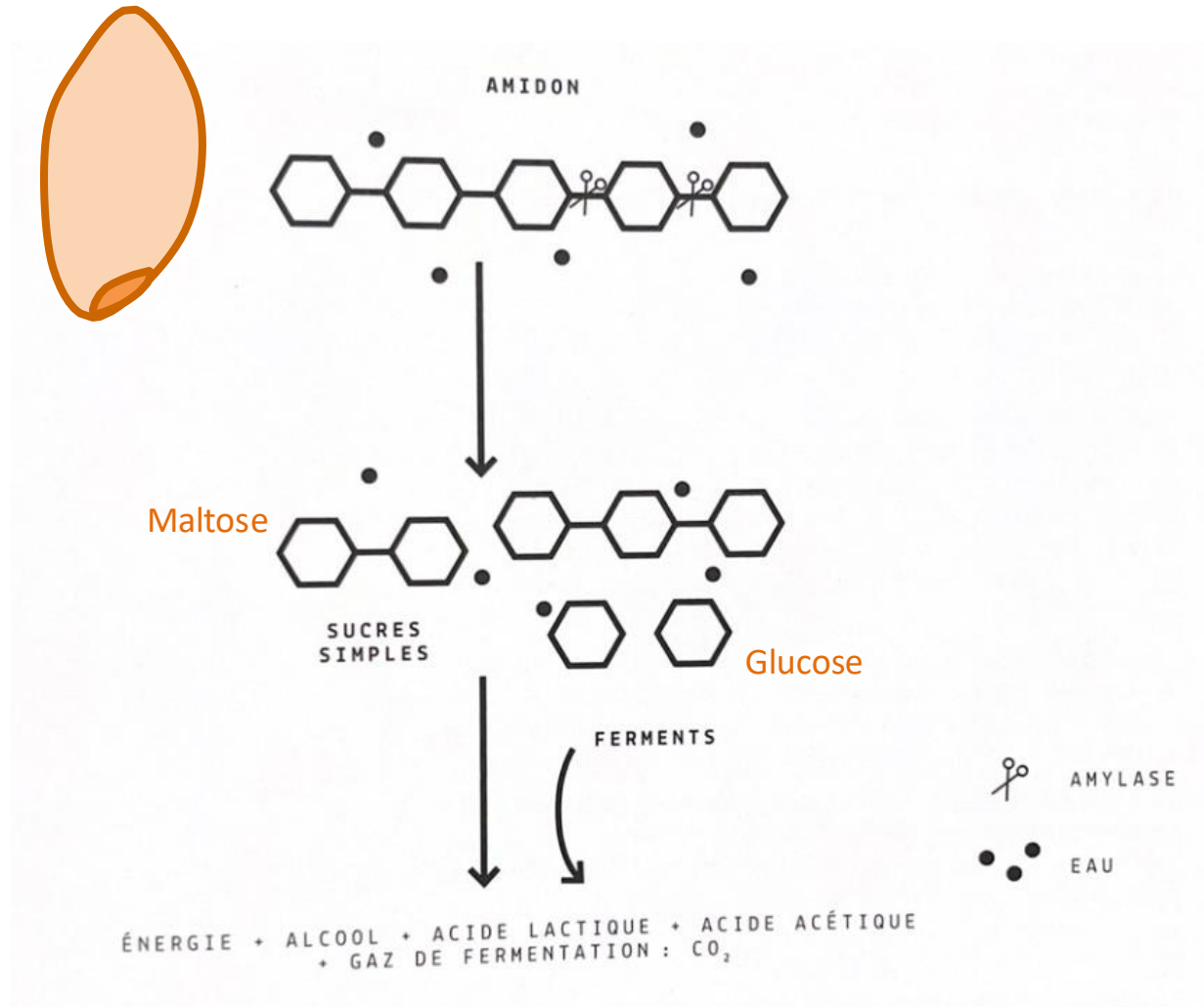
*Difficilement extractibles*



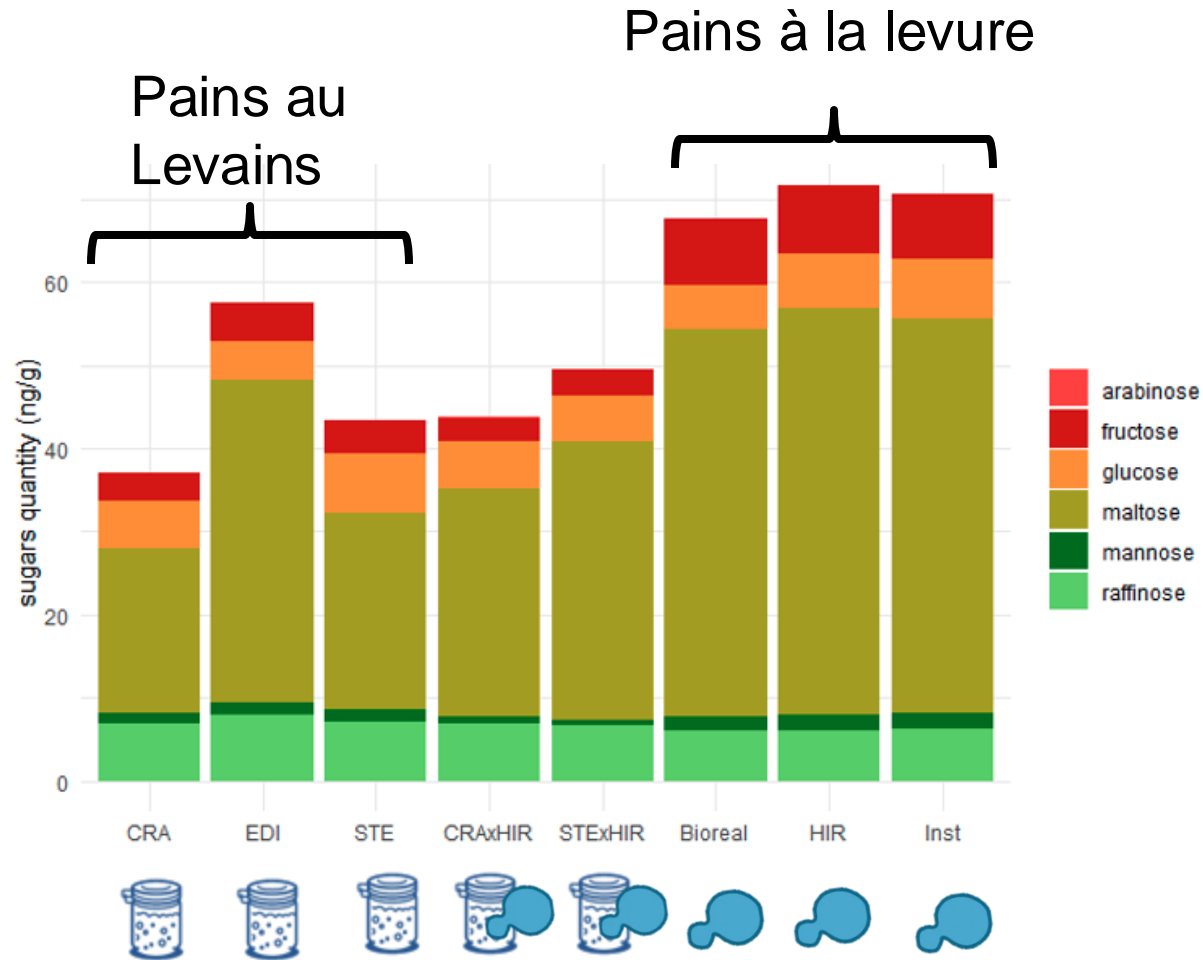
*Non extractibles*



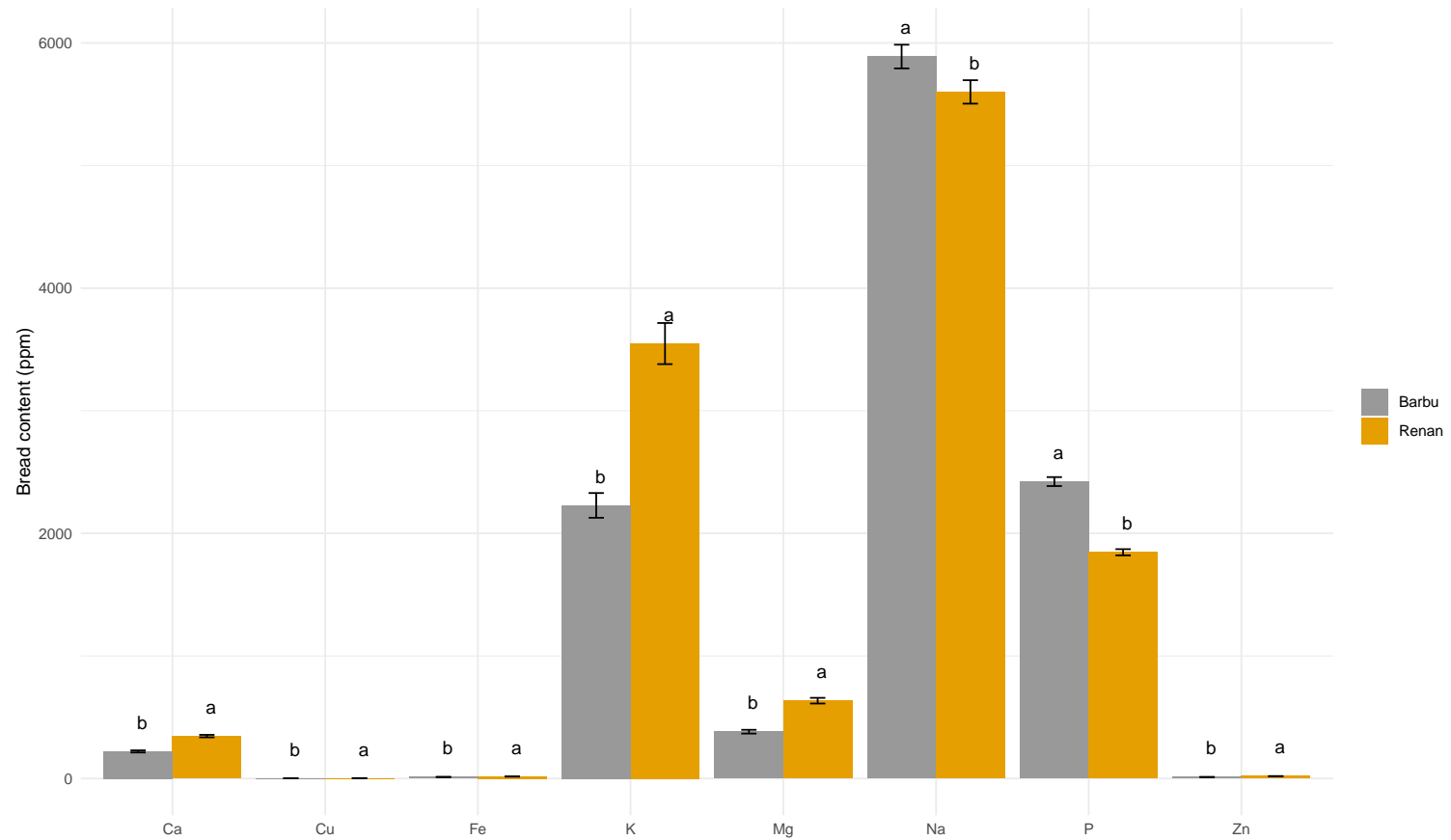
# Les sucres du blé : du grain à la pâte



# Moins de sucres simples dans le pain au levain

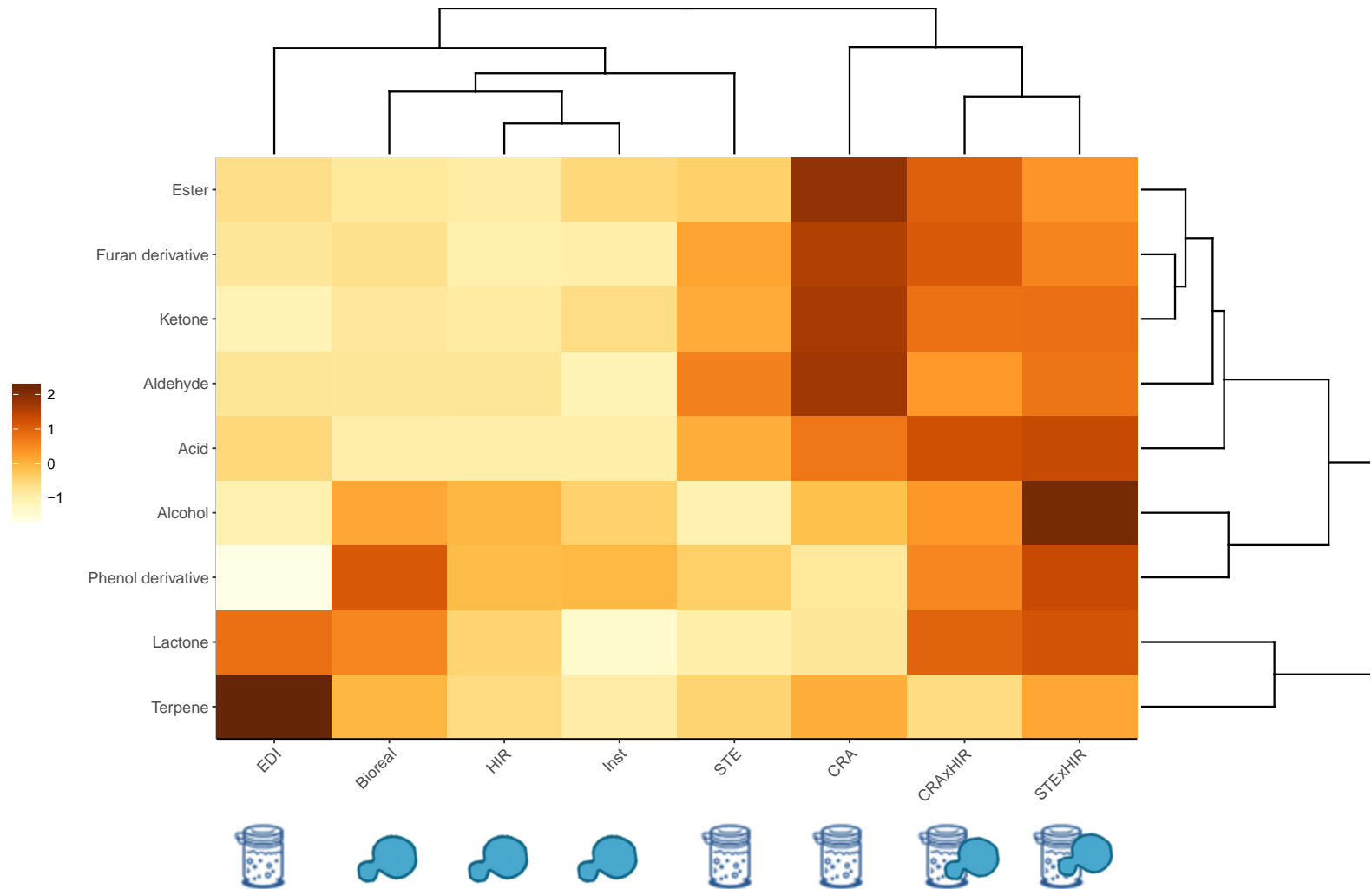


# Le contenu en minéraux depend des variétés





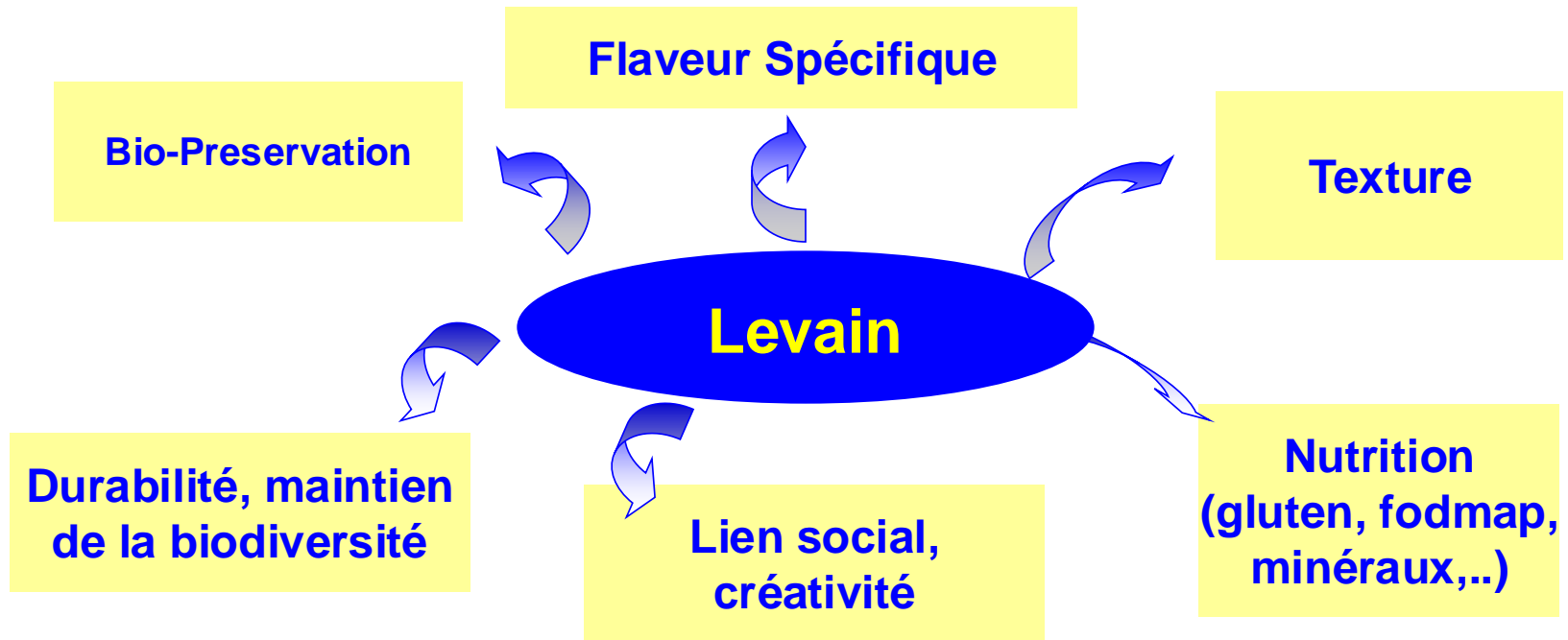
# Les arômes des pains dépendent du type ferment



# Effet des levains sur la qualité nutritionnelle et organoleptique des pains

- Les pains au levain ont un contenu en protéine soluble plus important et un contenu en sucre simple moins important
- Ils ont des caractéristiques aromatiques différents

# Conclusion





P. Roussel, B. Onno, E. Michel, D. Sicard, coord.



La panification au levain naturel

# La panification au levain naturel

Glossaire des savoirs

## Phase ascendante



Le levain bulle  
(levain liquide  
en phase montante)



Le levain moutonne (levain  
crèmeux en phase montante)  
et lorsqu'il est plus actif  
« le levain bouillonne »

## Phase descendante



Le levain sédimente  
(levain liquide)



Le levain s'évente  
(levain crèmeux)



Le levain craque  
(levain pâteux)



Le levain gerce  
(levain pâteux)

Quæ



éditions  
Quæ

et la suite ?

# Levains : Diversité, Typicité et Terroir

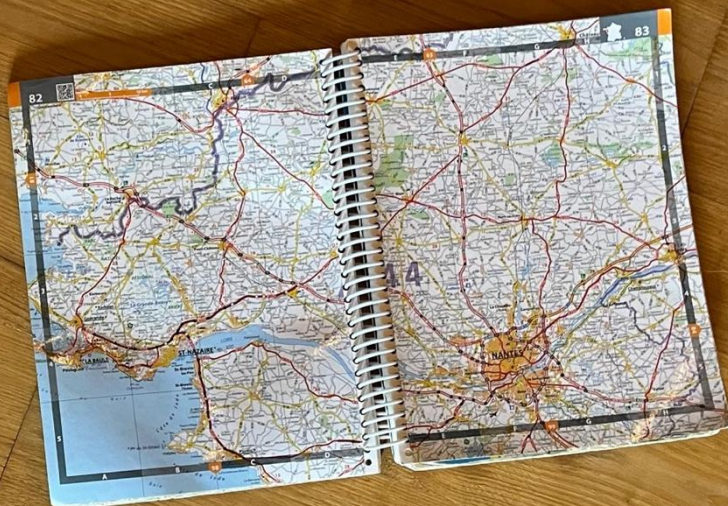


***Accroître les savoirs et accompagner  
l'évolution des pratiques boulangères au  
levain***

**2024-2027**



COMMENT  
LE MILIEU  
ET L'HISTOIRE  
DU FOURNIL  
INFLUENCENT  
LA BIODIVERSITÉ  
DU LEVAIN  
ET LA TYPICITÉ  
DU PAIN ?



Levains

2024-2027





# Levains: des témoins de notre processus



[https://marie-preston.com/fr/Projets/Levain\\_\\_2021-2022](https://marie-preston.com/fr/Projets/Levain__2021-2022)



*Élever un levain*  
20'40, 2023

Avec Cécile Berthellot, Jean-François Berthellot, Julie Bertrand, Émile Blaque, Vincent Dufresne, Stéphane Marrou, Lucas Mersh, Delphine Sicard, Lauriane Mietton, Kristel Moinet, Marie Preston, Delphine Sicard, Axel Wurtz, Denis Cassan et Camille Vindras.

Réalisation et montage : Marie Preston

Prise de son : Mathilde Chenin

Création sonore : Performance collective orchestrée par Denis Cassan et Marie Preston.

<https://www.kefireensemble.org/actualites/webinaire-delphine-sicard-18-septembre-2024>

# Vous voulez participer ?

- Occitanie, Axel Wurtz :  
axel.wurtz@bio-aude.com
- Bretagne-Grand ouest, Julie Bertrand :  
triptoleme.formation.boulangere@gmail.com
- Rhône-Alpes, Laurianne Mietton :  
lau.mietton@gmail.com
- Éducation, Camille Vindras et Emile Blaque :  
camille.vindras@gmail.com  
e.blaque28@compagnons-du-devoir.fr
- Art, Marie Preston :  
preston.marie@gmail.com
- Science, Delphine Sicard :  
delphine.sicard@inrae.fr

Vous voulez être  
informé ?  
axel.wurtz@bio-aude.com



# Ont contribué au projet ... BAKERY (2014-2018), Qualevolpain (2019-2022)

## Farmer-Millers-Bakers

Xavier Dell'armi  
Lili Moyses  
Michel Perrin  
Helène Chaudy  
Laurence Bonnel  
Gilles-Richard Houdin-Decombe  
Charles Poilly  
Marylène et Louis Marie Bonneau  
Françoise et Alain Bourgeois  
Christophe Rostalski  
Cécile Dubart

## Microbiologists

Elisa Michel  
Lauriane Mietton  
Charlotte Urien  
Lucas Von gastrow  
Serge Casaregola  
Belen Carbonetto  
Xavier Dousset  
Cécile Grondin  
Stéphane  
Guezenc  
Emilie Lhomme  
Marie-Noelle Madec  
Thérèse Marlin  
Thibault Nidelet  
Bernard Onno  
Sandrine Pinos  
Johann Ramsayer  
Véronique Sarilar  
Diego Segond  
Florence Valence

And 31 others...



## Psycho- sociologists

Estelle Masson  
Sabdrine Bubendorf  
Léocadie Lapique

## Bio-mathematician

Judith Legrand

## Food science – Milling – Bakery

Marc Dewalque  
Philippe Roussel



## Arôme

Pedgy Rigou  
Valérie Nolleau  
Soline Caillé

## Bioinformatician

Frederic Bigey  
Hugo deVillers  
Olivier Rué













## Plant geneticist/agronomist

Véronique Chable  
Isabelle Goldringer  
Simon Rousselot  
Estelle Serpoley  
Bruno Taupier-Letage  
Mathieu Thomas  
Camille Vindras





# Ont contribué au projet...Gluten Mythe (2018-2022)

 <p>Sciences du vivant   Agriculture Agroalimentaire   Marketing   Management</p> <p>Loubnah Belahcen Gwenaëlle Jard Audrey Ric Marie-Hélène Robin</p> <p>ActivaBlé</p>	 <p>Myriam Kessari</p> <p>ActivaBlé</p>	 <p>Gregory Ackermann Anaïs Boury-Esnault Elodie Canaguier Yuna Chiffolleau Paul Cœurquelin <u>Dominique Desclaux</u> Anaïs Echchatbi Lucille Gey Timothée Hervault Ewen Menguy Lauriane Mietton Delphine Sicard</p> <p>Gluten Mythe ActivaBlé</p>	 <p>Dylan Clair <u>Kristel Moinet</u></p> <p>Gluten Mythe ActivaBlé</p>	 <p>Le Labo des territoires alimentaires Méditerranéens</p> <p>Juliette Pérez</p> <p>ActivaBlé</p>	<div data-bbox="1240 411 1439 635">  <p>farines bio sur meules de pierre</p>  <p>ActivaBlé</p> </div> <div data-bbox="1439 411 1723 635">  </div> <div data-bbox="1240 645 1723 911">  <p>François Caizergues Guillaume Chirat Alexandra Gainon Arnaud Marcodini Vincent Tourenq <u>Stéphane Marrou</u></p>  <p>CFA Albi Gluten Mythe</p> </div>
--	--	---	--	---	---

Merci pour votre attention !

## Un grand merci aux doctorants



*Charlotte  
Urien*



*Elisa Michel*



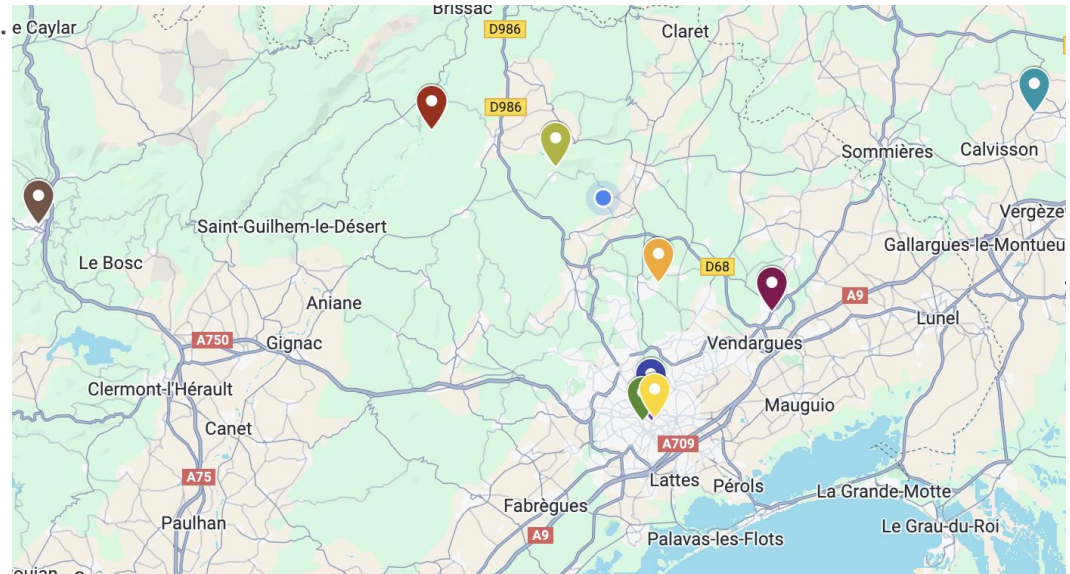
*Lucas  
von Gastrow*



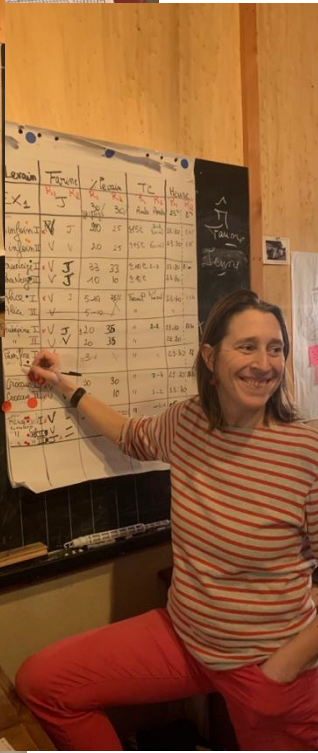
*Lauriane  
Mietton*

## Et aux participants paysan.nes-boulangers et boulanger.es de la région...

-  Au levain du soleil, Domaine ... e Caylar
-  Au rythme du pain (1)
-  Casa pan (1)
-  Daveloza (1)
-  Des rêves et du pain (1)
-  Du grain au pain (1)
-  La distillerie (1)
-  Les copains du pic (1)
-  Pain brut (1)
-  Pains Cassan (1)









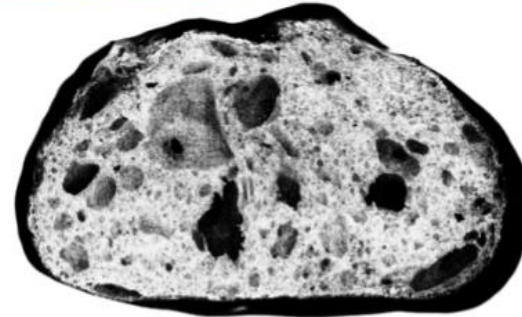
# Levains

2024-2027

Un projet de recherche participative rassemblant  
boulangers.es, paysan.nes, scientifiques, artistes



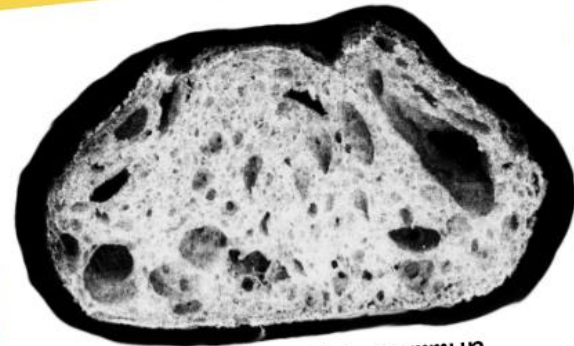
Microbiologie des  
fournils



Terroir et typicité des pains



Un réseau de passeur.ses



Construire le commun



## En français

- <https://www.triptoleme.org/recherche-et-publications>

-> du blé au pain, impact des levains en panification biologique

Onno et al. 2021. Edition universitaire européennes


- <https://www.quae.com/produit/1638/9782759231676/la-panification-au-levain-naturel>

-> la panification au levain naturel, glossaire des pratiques.

Roussel et al. 2020. Edition QOAE

- Sicard D. Le monde des pains au levain. Sciences Ouest. 2016;12-3.

# Références

- de Guidi I., Legras J.-L., Galeote V., Sicard D. (2023). Yeast domestication in fermented food and beverages: past research and new avenues. *Current Opinion in Food Science*, 51, 101032, <https://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101032>, <https://hal.inrae.fr/hal-04186307>
- Rué O., Coton M., Dugat-Bony E., Howell K., Irlinger F., Legras J.-L., Loux V., Michel E., Mounier J., Neuveglise C., Sicard D. (2023). Towards a more accurate metabarcoding approach for studying fungal communities of fermented foods. *Peer Community Journal*, 3 :e97, <https://dx.doi.org/10.24072/pci.microbiol.100007>, <https://hal.inrae.fr/hal-04237896>
- Michel E., Masson E., Bubbendorf S., Lapique, L. Nidelet T., et al. (2023). Artisanal and farmer bread making practices differently shape fungal species community composition in French sourdoughs. *Peer Community Journal*, 3, pp.e11. <https://dx.doi.org/10.24072/pcjournal.237> <https://hal.inrae.fr/hal-04206586>
- Devillers H., Sarilar V., Grondin C., Sterck L., Segond D., Jacques N., Sicard D., Casaregola S., Tinsley C. (2022). Whole-Genome Sequences of Two *Kazachstania barnettii* Strains Isolated from Anthropogenic Environments. *Genome Biology and Evolution*, 14 (2), evac007, <https://dx.doi.org/10.1093/gbe/evac007>, <https://hal.inrae.fr/hal-03664873> 
- von Gastrow L., Michel E., Legrand J., Amelot R., Segond D., Guezenc S., Rué O., Chable V., Goldringer I., Dousset X. ... Sicard D. (2022). Microbial community dispersal from wheat grains to sourdoughs : a contribution of participatory research. *Molecular Ecology*, <https://dx.doi.org/10.1111/mec.16630>, <https://hal.inrae.fr/hal-03741463>, OA
- Mietton L., Samson M.-F., Marlin T., Nolleau V., Guezenc S., Segond D., Nidelet T., Desclaux D., Sicard D. (2022). Impact of Leavening Agent and Wheat Variety on Bread Organoleptic and Nutritional Quality. *Microorganisms*, 10 (7), 1416, <https://dx.doi.org/10.3390/microorganisms10071416>, <https://hal.inrae.fr/hal-03749787>
- Bigey F., Segond D., Friedrich A., Guezenc S., Bourgaïs A., Huyghe L., Agier N., Nidelet T., Sicard D. (2021). Evidence for Two Main Domestication Trajectories in *Saccharomyces cerevisiae* Linked to Distinct Bread-Making Processes. *Current Biology - CB*, 31, 722-732, <https://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2020.11.016>, <https://hal.inrae.fr/hal-03110131>, OA
- Urien C., LEGRAND J., Montalent P., Casaregola S., Sicard D. Fungal Species Diversity in French Bread Sourdoughs Made of Organic Wheat Flour. *Frontiers in Microbiology*. 2019;10:np.
- Carbonetto B, Ramsayer J, Nidelet T, Legrand J, Sicard D. Bakery yeasts, a new model for studies in ecology and evolution. *Yeast* [Internet]. [cité 31 août 2018];0(ja). Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/yea.3350>
- Michel E, Monfort C, Deffrasnes M, Guezenc S, Lhomme E, Barret M, et al. Characterization of relative abundance of lactic acid bacteria species in French organic sourdough by cultural, qPCR and MiSeq high-throughput sequencing methods. *International Journal of Food Microbiology*. 19 déc 2016;239:35-43.
- Lhomme E, Orain S, Courcoux P, Onno B, Dousset X. The predominance of *Lactobacillus sanfranciscensis* in French organic sourdoughs and its impact on related bread characteristics. *Int J Food Microbiol*. 20 nov 2015;213:40-8.

# En français

- <https://www.triptoleme.org/recherche-et-publications>

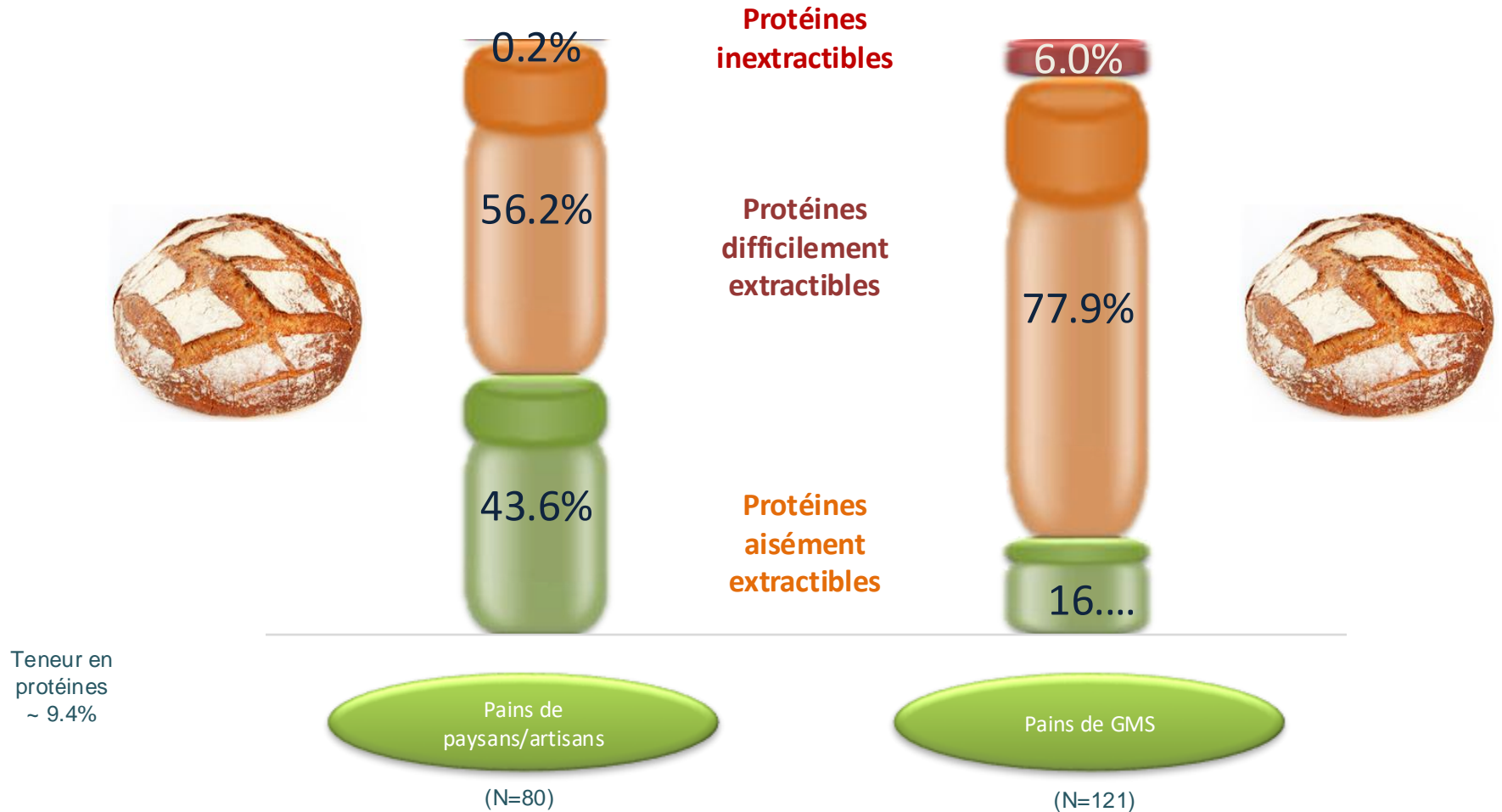
-> du blé au pain, impact des levains en panification biologique

Onno et al. 2021. Edition universitaire européennes

- <https://www.quae.com/produit/1638/9782759231676/la-panification-au-levain-naturel>

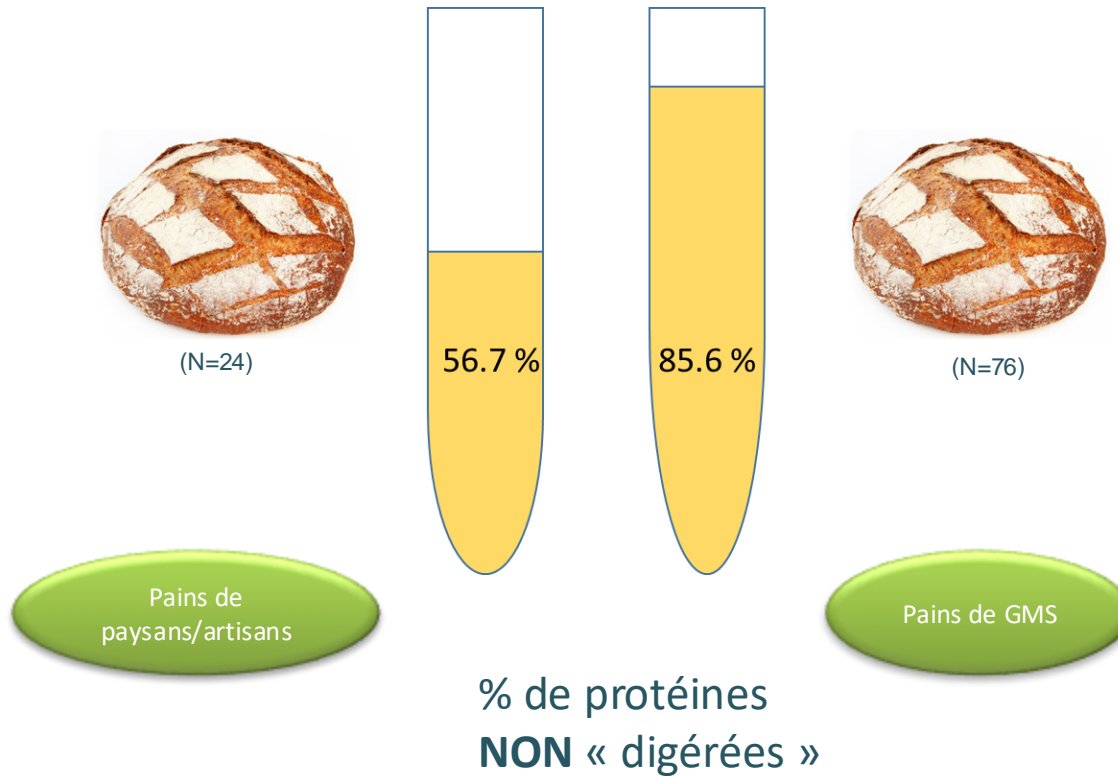
-> la panification au levain naturel, glossaire des pratiques. Roussel et al. 2020. Edition QOAE

# Comparaison de pains de paysans/artisans et de pains de GMS





# Digestibilité des protéines

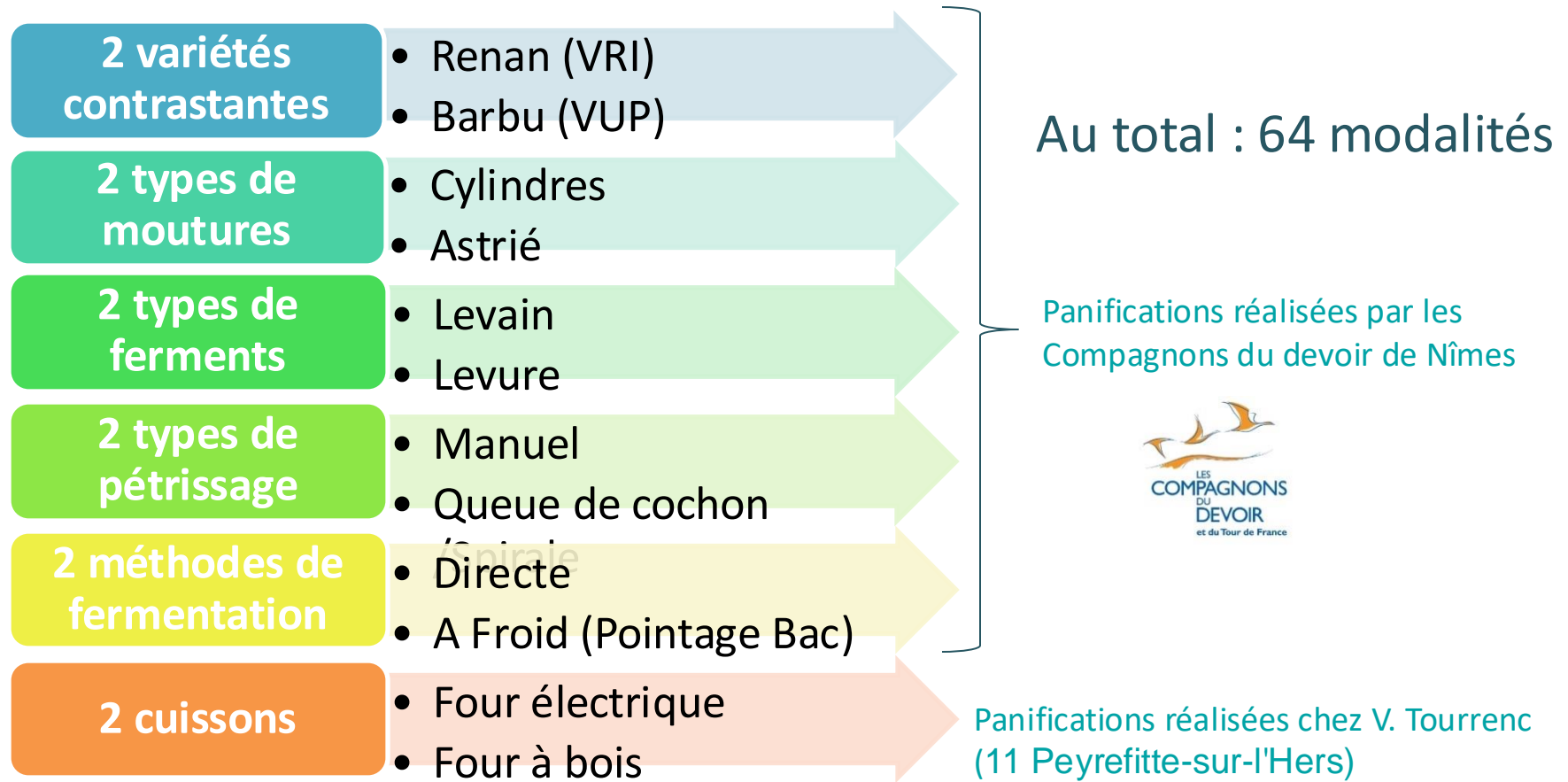


Digestion *in vitro*

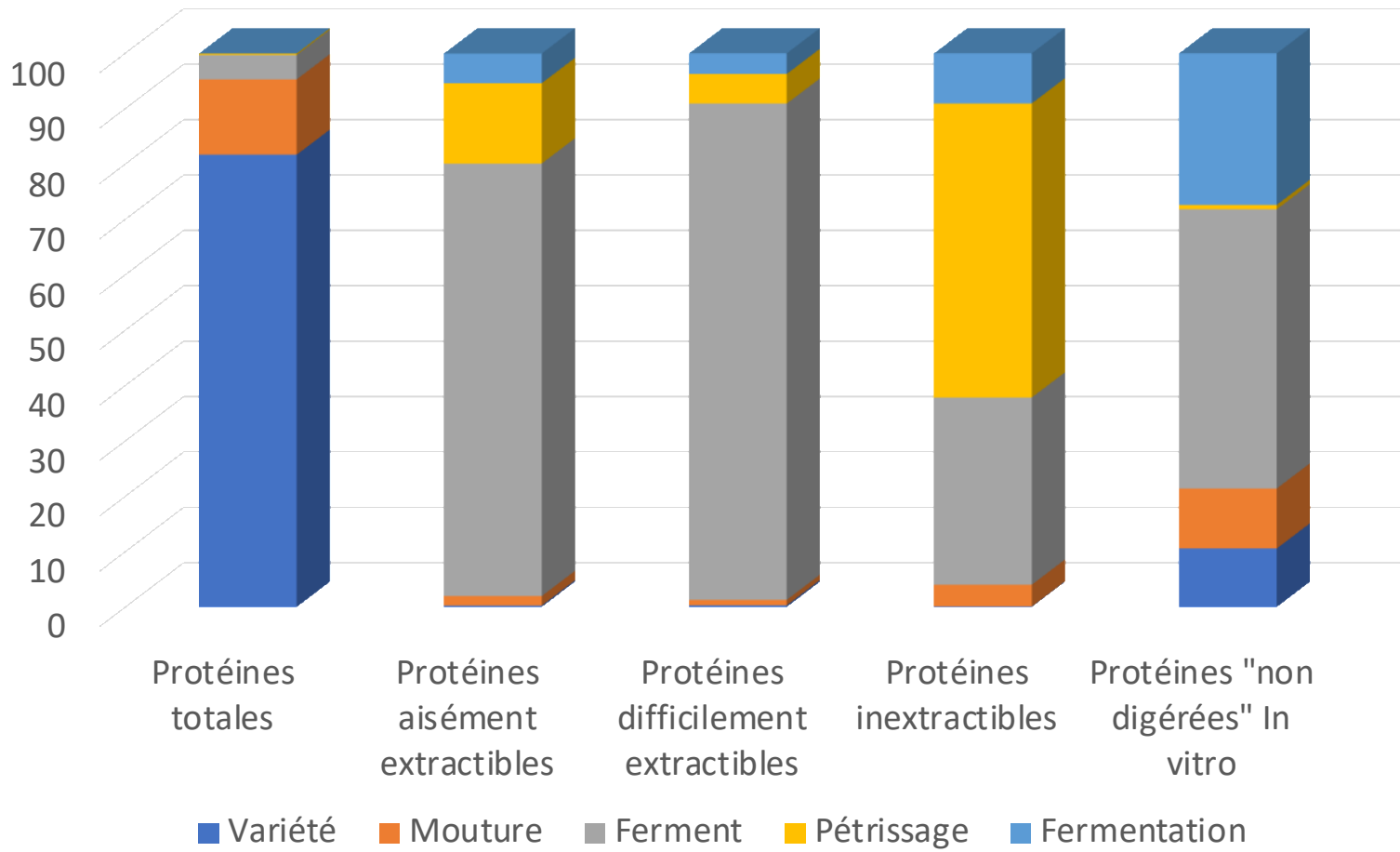
Pain + pepsine (1h)

+ Trypsine/Chymotrypsine (2h)

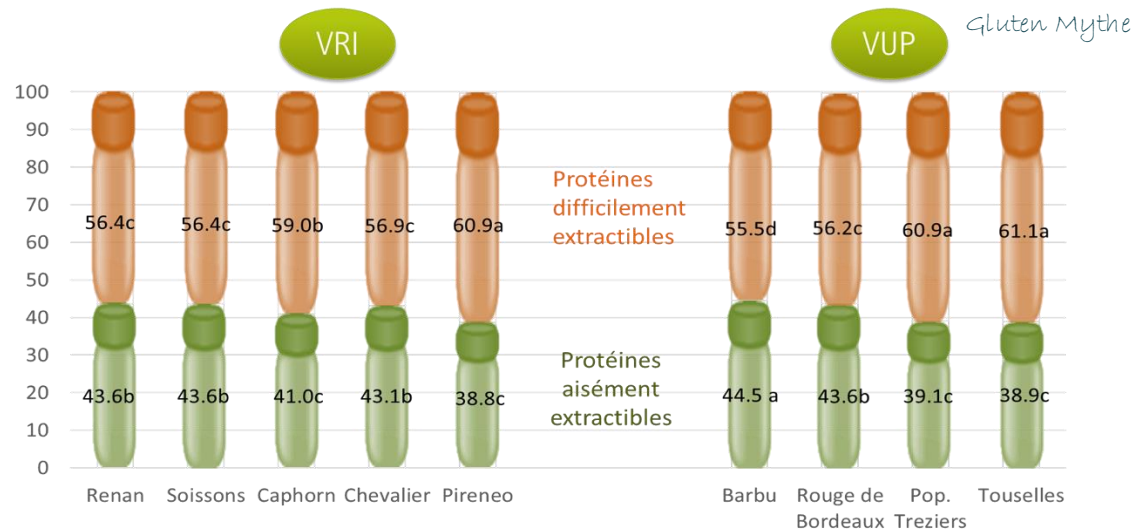
Dosage des protéines résiduelles



# En résumé



## Variété utilisée : que retenir ?

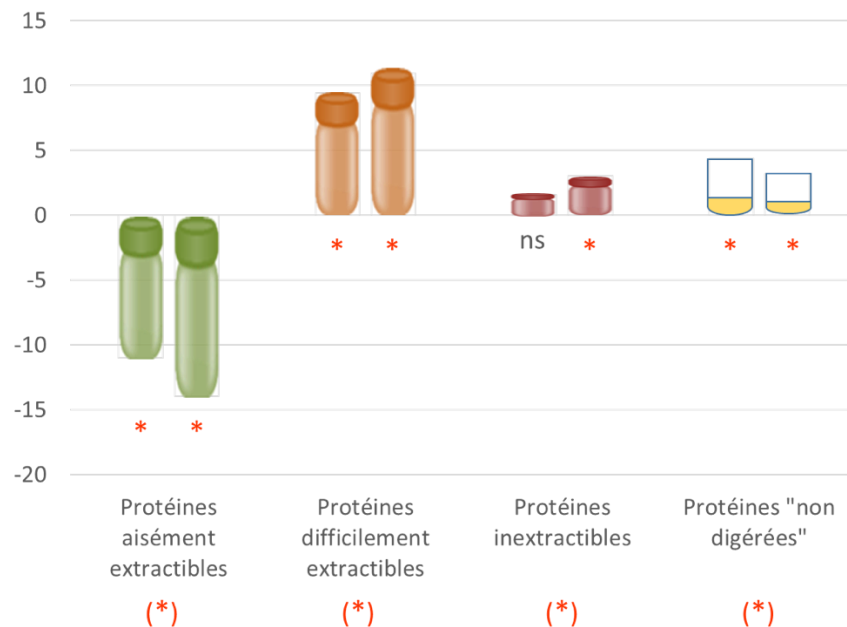


La facilité d'extraction des protéines varie selon les variétés

Les résultats ne permettent pas de conclure que, en moyenne, les variétés utilisées par les paysans auraient des protéines plus facilement extractibles que les variétés recommandées par l'industrie



## Impact du ferment Que retenir ?



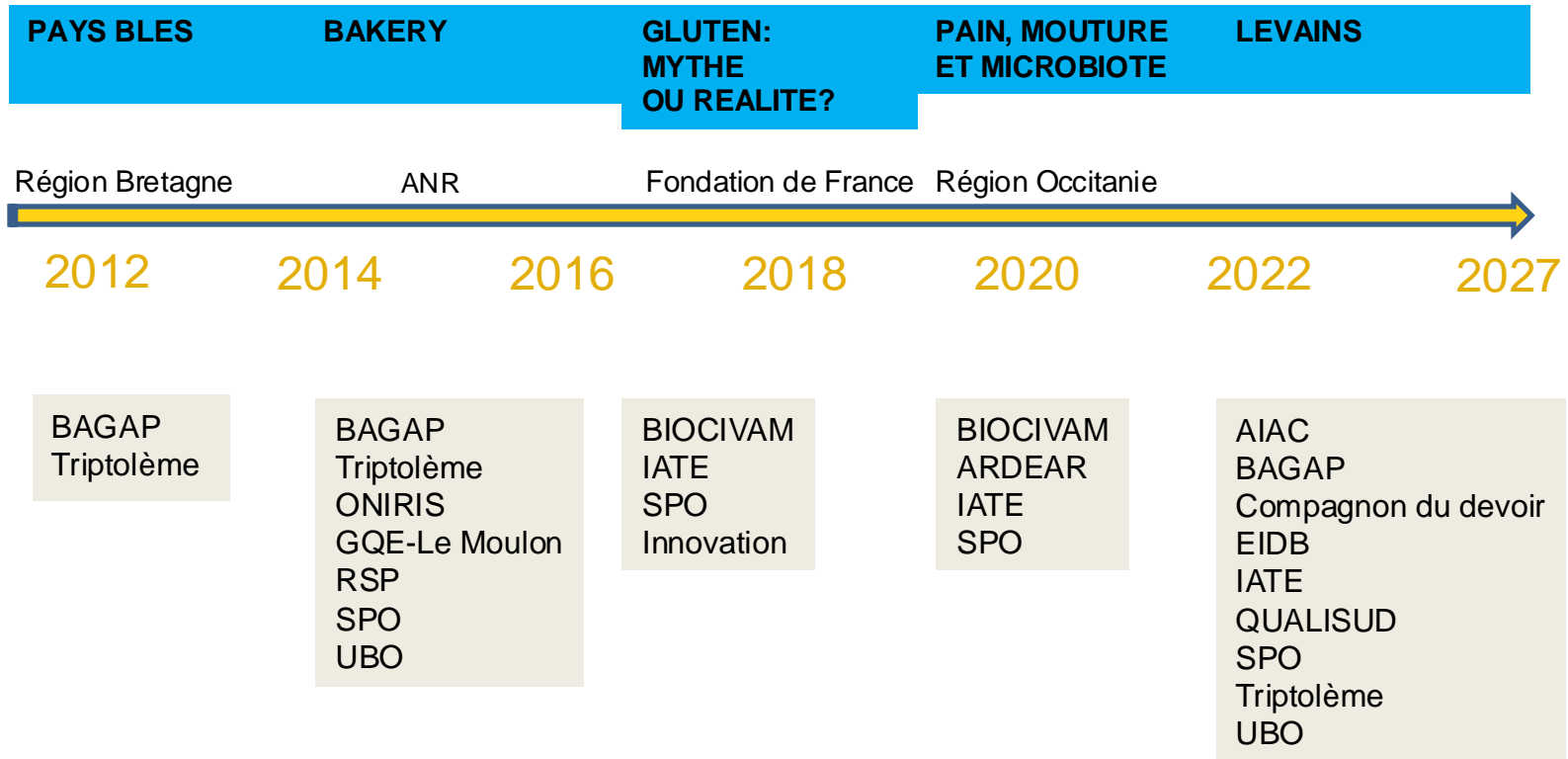
Gluten Mythe



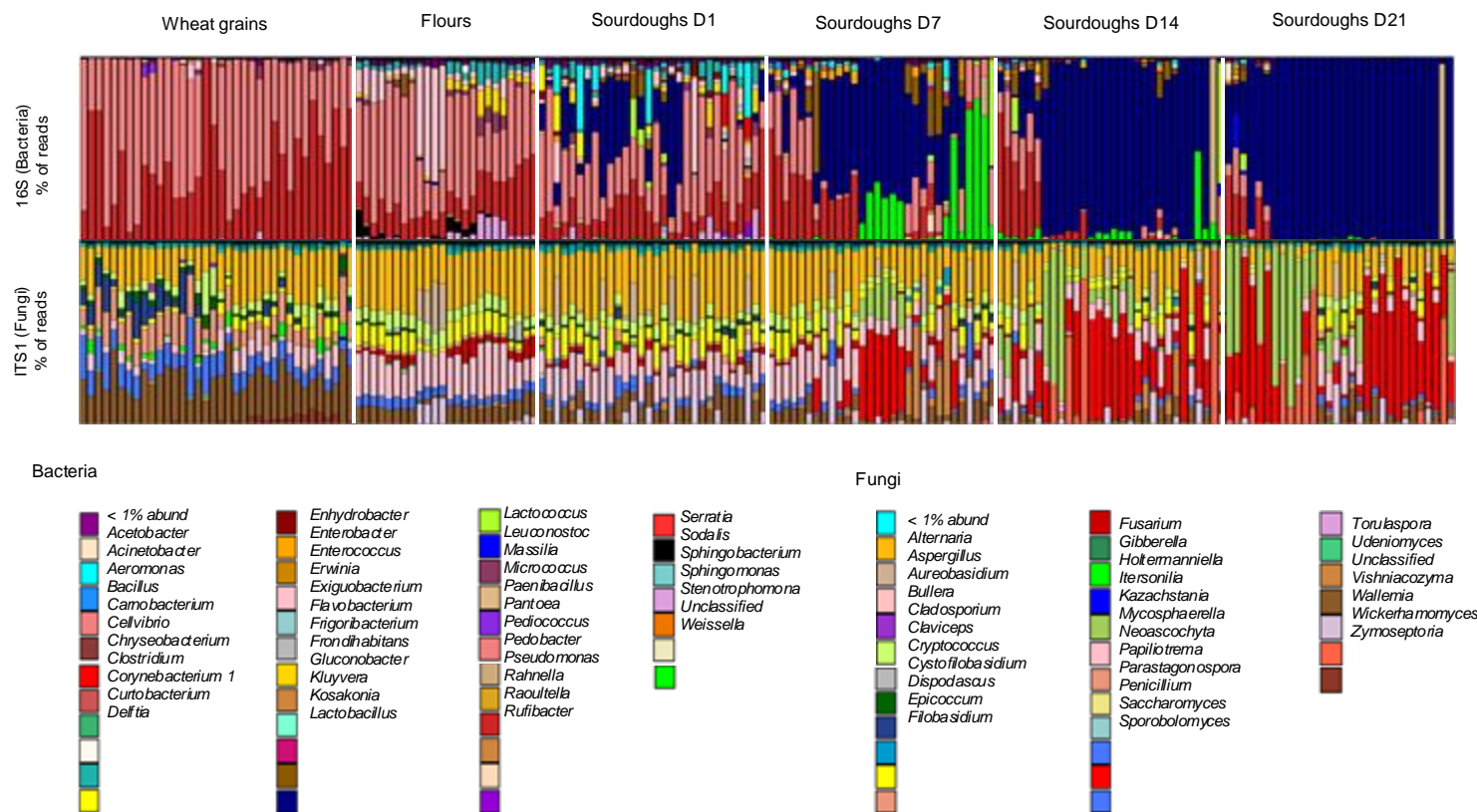
Ces résultats mettent en évidence une **incidence majeure et significative du type de ferment** sur la qualité des protéines du pain en termes de facilité d'extraction

*Autres résultats* : Mietton L, Samson M-F, Marlin T, Godet T, Nollet V, Guezennec S, Segond D, Nidelet T, Desclaux D, Sicard D. Impact of Leavening Agent and Wheat Variety on Bread Organoleptic and Nutritional Quality. Microorganisms. 2022; 10(7):1416. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071416>

# Projets de recherche participative

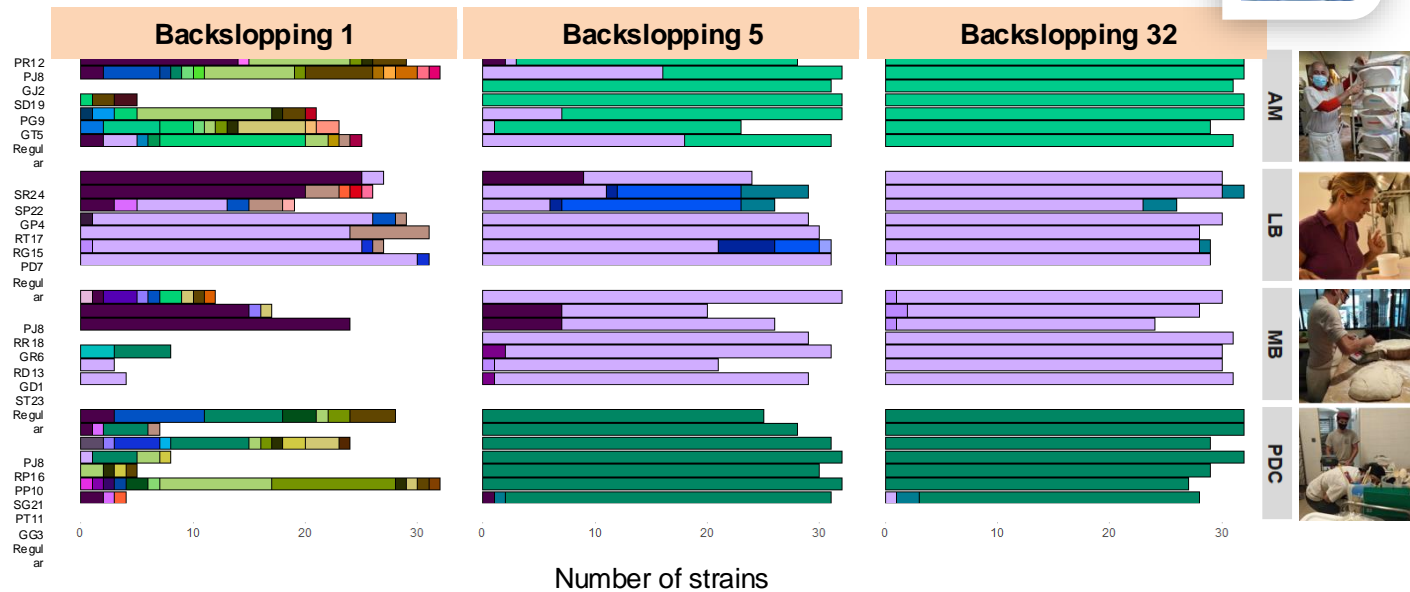
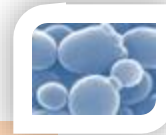


# Les bactéries et les levures des levains viennent du fournil



von Gastrow et al. Mol. Ecol., 20

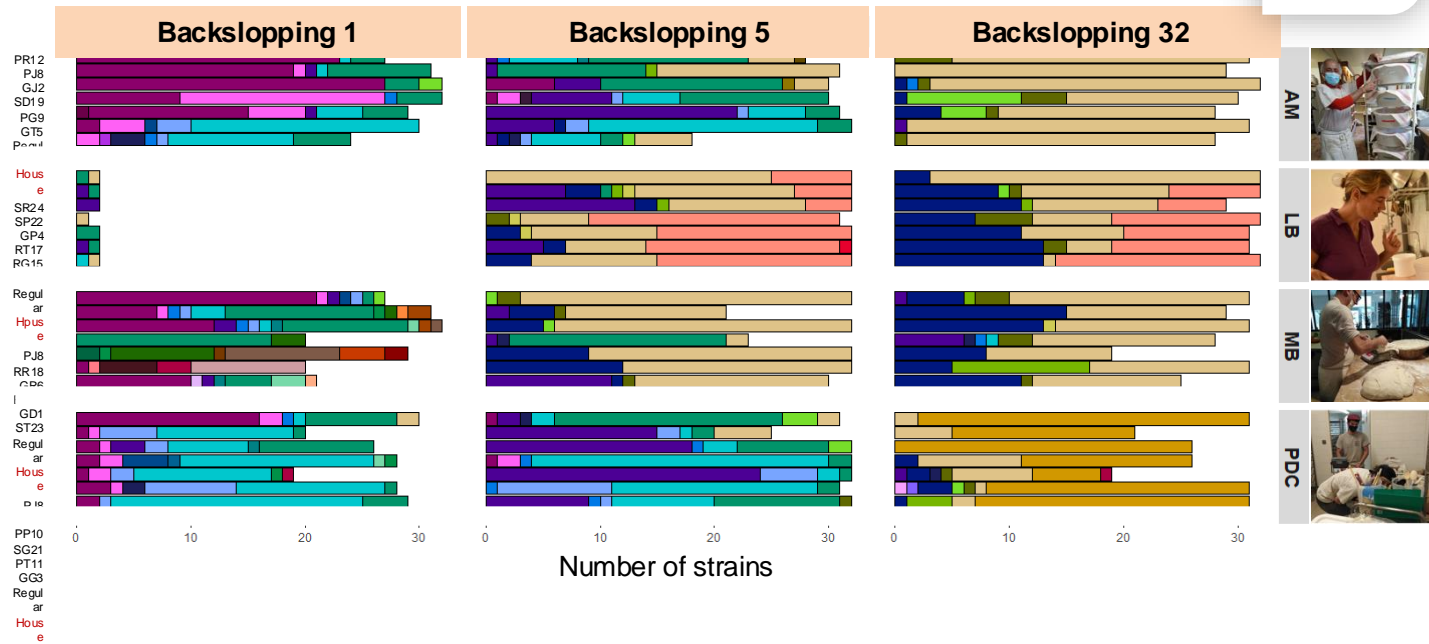
# Les levures colonisent vite les levains



Mietton et al. sou



# La colonisation est plus complexe pour les bactéries



# Effet fournil sur les communautés microbiennes des levains

