



# Les résultats du projet de recherche précompétitif FLEGME (Fermentation des Légumes)

Florence Valence

## ► To cite this version:

Florence Valence. Les résultats du projet de recherche précompétitif FLEGME (Fermentation des Légumes). Festival de la fermentation des végétaux: de la science aux bocaux, Vegepolys Valley, INRAE, Oct 2022, Rennes, France. hal-03841368

HAL Id: hal-03841368

<https://hal.inrae.fr/hal-03841368v1>

Submitted on 7 Nov 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



# FESTIVAL DE LA FERMENTATION DES VEGETAUX DE LA SCIENCE ET DES BOCAUX !



Résultats du projet  
de recherche  
précompétitif  
**FLEGME**



INRAE



VEGEPOLYS  
VALLEY



Région  
BRETAGNE

**RÉGION  
PAYS  
DE  
LA LOIRE**

# Aliments fermentés ?



Projet **FLEGME** financé par  
les partenaires du projet et



# Les aliments fermentés

>>> Consommés depuis la nuit des temps...

... et encore aujourd'hui :

50 à 400 g d'aliments et boissons fermentés consommés / jour / personne dans le monde  
=> 5 à 40 % de la prise alimentaire selon les pays



Histoire des aliments fermentés  
(M-C. Frédéric)



>>> On fermente pour conserver !

>>> Les aliments fermentés sont souvent associés à une image santé



Végétaux fermentés et bénéfices santé (C. Chassard)



# Consommés sur tous les continents

D'une très grande diversité en fonction des matières premières et des procédés mis en œuvre

- > Plus de 5 000 aliments fermentés répertoriés dans le monde
  - > Issus de matières premières très variées : viande, poisson, lait, céréales, légumineuses, fruits, légumes, ...



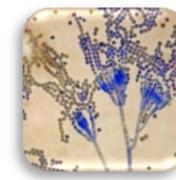
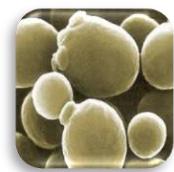
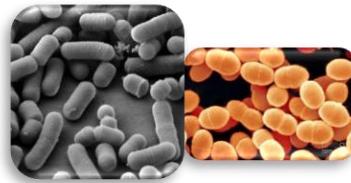
# Pas d'aliments fermentés sans micro-organismes !

*Parce que « le rôle de l'infiniment petit est infiniment grand » (Louis Pasteur)*



L. Pasteur : « toute fermentation d'une solution de sucre ou de matière organique résulte de **l'activité métabolique d'un micro-organisme spécifique**, et s'accompagne de la formation de produits caractéristiques (alcools, acides, cétones et gaz carbonique) »

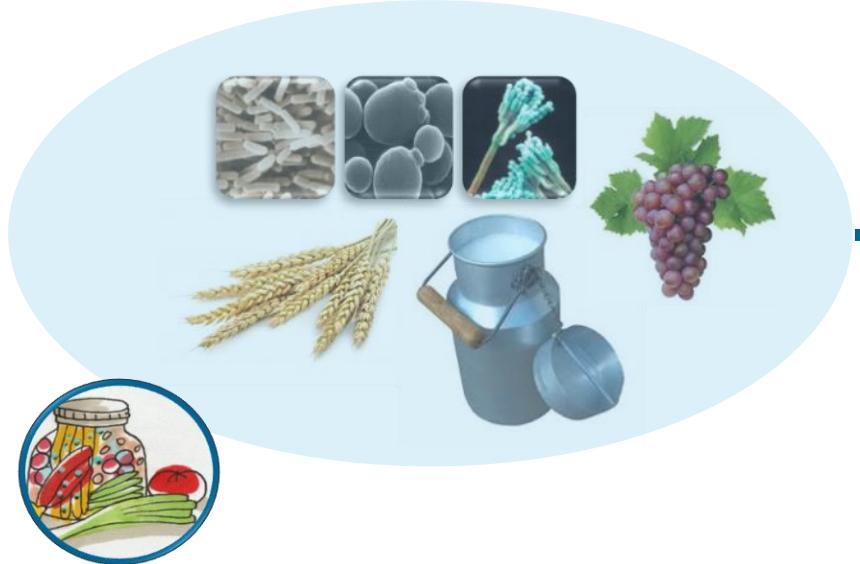
## La fermentation fait intervenir :



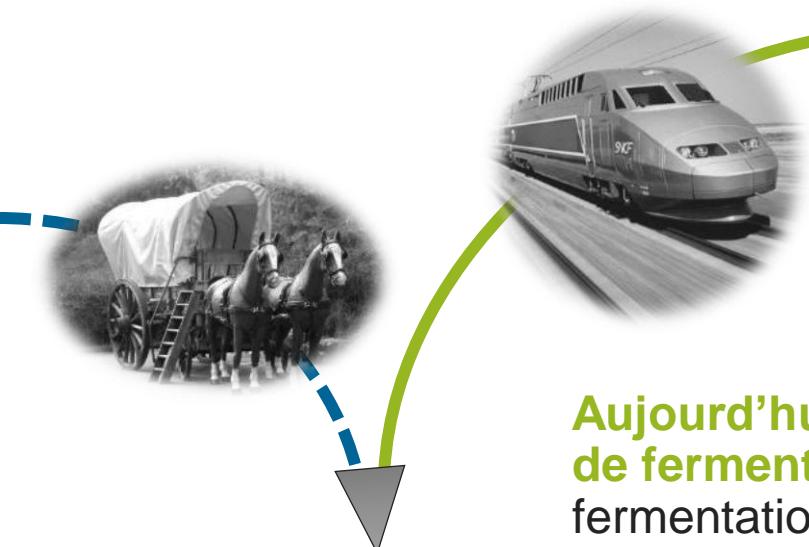
>> Des communautés extrêmement diverses avec des bactéries, des levures, des champignons filamenteux (moisissures)

>> Plusieurs espèces microbiennes en mélange à des niveaux pouvant être élevés, jusqu'à : 1 000 000 000 / g de produit

# Origine des microorganismes responsables de la fermentation



Initialement fermentations dites « spontanées » par les microorganismes « utiles » présents dans l'aliment brut et/ou issus de l'environnement de transformation



Aujourd'hui, majoritairement utilisation de ferments pour contrôler le processus de fermentation (excepté pour certains traditionnels)



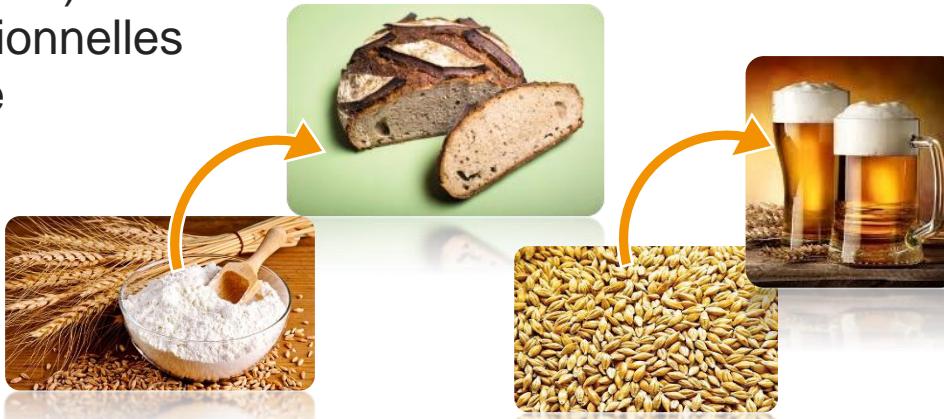
# Pas d'aliments fermentés sans microorganismes !

**Multiples transformations biochimiques de la matière 1<sup>ère</sup> liées à l'activité des microorganismes**

Consommation des sucres, production d'acides organiques ( $\downarrow$  pH), d'alcools, hydrolyse partielle des protéines & des lipides, production de métabolites variés dont des composés d'arôme et d'intérêt nutritionnel → **Sécurisation/conservation des matières premières**

**Une transformation en profondeur de la matière 1<sup>ère</sup> :**

- Saveur, arôme, texture
- Aspect (couleur, ...)
- Propriétés nutritionnelles
- Propriétés santé
- Conservation



# Aliments fermentés = aliments vivants

**100 000 à 1 000 000 microorganismes vivants en moyenne / ml ou g d'aliment fermenté**  
(tous types d'aliments confondus)



Jusqu'à 1 milliard de microorganismes vivants dans 1 gramme de tomme de Savoie



Jusqu'à 100 millions de microorganismes vivants dans une cuillère de yaourt



## Fermented Foods as a Dietary Source of Live Organisms

Shannon Rezac, Car Reen Kok, Melanie Heermann and Robert Hutkins\*

Analyse des données bibliographiques  
(400 articles sur une période de 50 ans)

En moyenne 1 million de microorganismes vivants en présence dans les produits fermentés à base de végétaux.



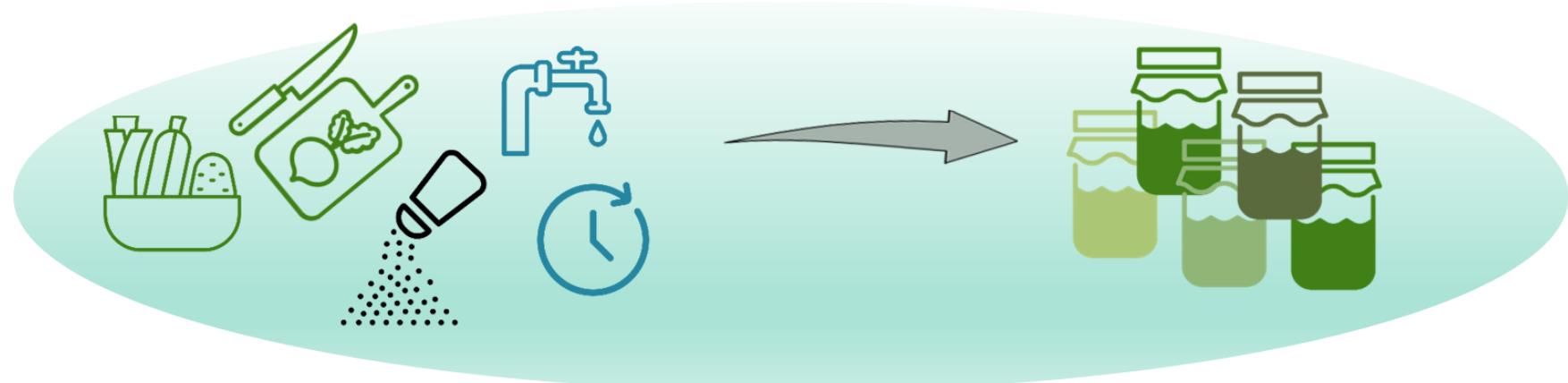
# Le projet “FLEGME” Fermentation des légumes

Projet **FLEGME** financé par  
les partenaires du projet et



# Fabrication des légumes lactofermentés ?

Des légumes crus, du sel, de l'eau, du temps et c'est tout !



# Pourquoi un projet sur les légumes lactofermentés ?

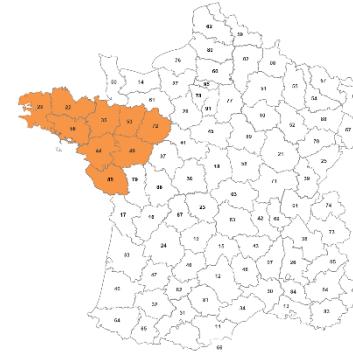


- **Durable** : ne requiert pas d'équipements complexes, réalisable à l'échelle domestique
- Sain **sans additifs**



## Attentes des consommateurs

- Renouveler leurs modes de consommation des légumes
- Retrouver une **diversité alimentaire**
- Consommer des **aliments moins transformés**
- **Protéger leur santé** et préserver leur microbiote intestinal
- Découvrir de **nouveaux goûts**



## Impact économique

- **Bretagne** 3ème région productrice de légumes
- **Pays de La Loire** La production de légumes génère 2.4 milliards €



Gaspillage alimentaire > 20% de la post-récolte à la consommation

Marché végétarien/vegan : +24% en France (2018)



# Un projet de recherche participative

*Production de connaissances scientifiques auxquelles participent, avec des chercheurs, des acteurs de la société civile, à titre individuel ou collectif, de façon active et délibérée*



**28 partenaires** : académiques, chambres d'agriculture, lycées technologiques et professionnels, instituts techniques, PME, journaliste culinaire...



**Une communauté de 250 citoyens fermentateurs sollicités**

## Avec les partenaires les citoyens ont :

- >>> Répondu à des questionnaires (production et consommations)
- >>> Fourni des échantillons
- >>> Eté sollicités sur certains choix expérimentaux
- >>> Participé à des webinaires sur les résultats



*"Apprendre en marchant - s'attendre à l'inattendu!"*

*Laurent Marché*

# Les objectifs du projet Flegme



## Mieux comprendre le microbiote des légumes fermentés en :

- Réalisant un état des lieux de la diversité des productions de légumes et de la diversité bactérienne associée
- Evaluant les risques sanitaires des productions domestiques ;
- Evaluant l'influence de différents paramètres de fabrication sur la composition des légumes fermentés (diversité bactérienne et micronutriments)



## Constituer une collection de référence légumes fermentés accessible à la communauté scientifique



## Rechercher de nouveaux usages culinaires, évaluer la perception des consommateurs



## Faire un état des lieux de la réglementation et des bonnes pratiques



## Rendre accessible et diffuser les résultats auprès des citoyens et de la communauté scientifique

# 1ère étape : rassembler la communauté, animer, enquêter, recueillir les échantillons

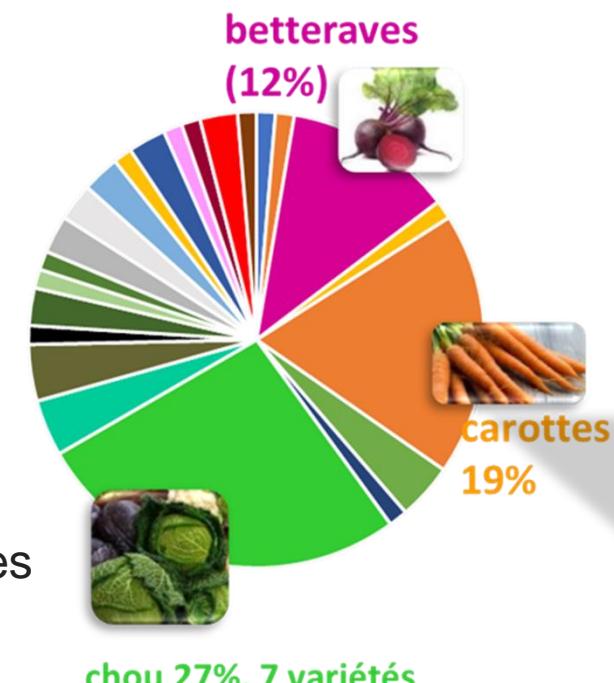
Anne Thierry  
Laurent Marché

INRAE



90 échantillons collectés : 75 français et 15 moldaves  
mettant en œuvre une très grande diversité de  
légumes et de recettes

- Sollicitations par mails
- Envoi de questionnaires ciblés
  - Vidéos
  - Webinaires
- Quizz fermentation
- Concours photos, ...

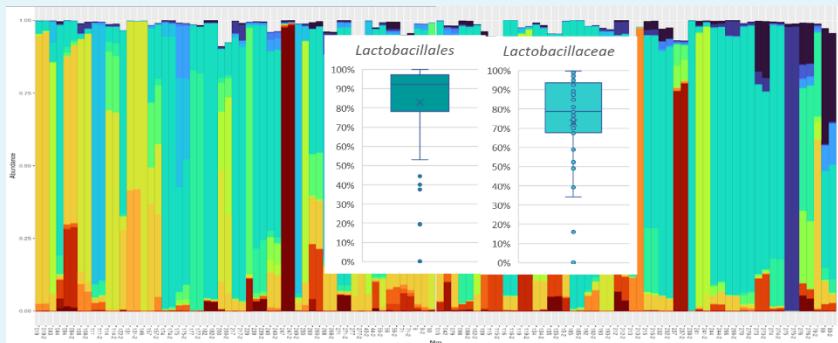


- 31 entretiens réalisés majoritairement en zone rurale

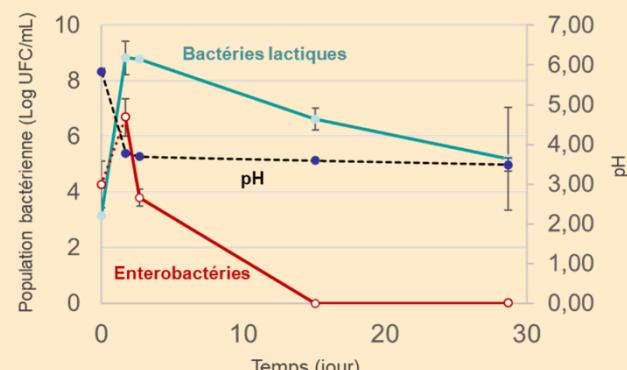


# Caractériser les microbiotes, constituer une collection de référence

- 90 échantillons analysés
- 25 légumes différents (Chou > Carotte > Betteraves), moitié de mélanges
- Agés de 2 semaines à 4 ans (moy 6 mois)
  - pH moyen 3,6



- ✓ Un **écosystème microbien extrêmement diversifié** (plusieurs centaines d'espèces)
- ✓ Présence de **microorganismes vivants dans les 2/3 des échantillons**.
- ✓ Les **bactéries lactiques représentent la part dominante des microorganismes vivants** (de 10 000 à 100 000 bactéries vivantes selon l'échantillon)
- ✓ **2 espèces dominantes de bactéries lactiques systématiquement isolées**  
*Lactiplantibacillus plantarum* et *Levilotibacillus brevis*
- ✓ La moitié des échantillons renfermaient des levures
- ✓ **Aucun des échantillons analysés ne renfermaient de pathogènes**
- ✓ Un pays avec une tradition et l'autre sans pour des communautés microbiennes très similaires



- ✓ Une « **guerre des mondes** » mise en évidence un suivi continu sur un mois : lutte des bactéries lactiques contre les entérobactéries
- ✓ **Des communautés différentes pour chacun des 2 légumes**
- ✓ **Effet de la découpe : oui !**
- ✓ **Effet sel ? Non** pour les concentrations testées

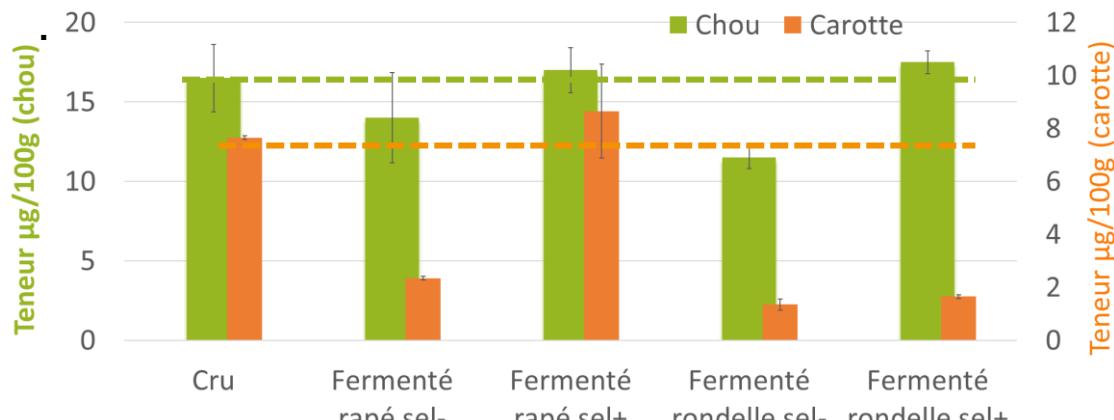
# Quantifier les micronutriments d'intérêt

Constat : Intérêt nutritionnel = moteur à la consommation des légumes fermentés



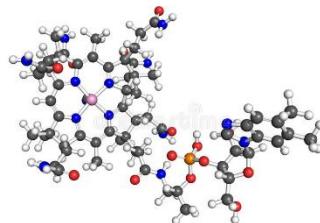
Données sur l'intérêt nutritionnel des légumes fermentés  
Etude bibliographique & analyse de vitamines dans le chou et la carotte.

## Vitamine B9 (acide folique)



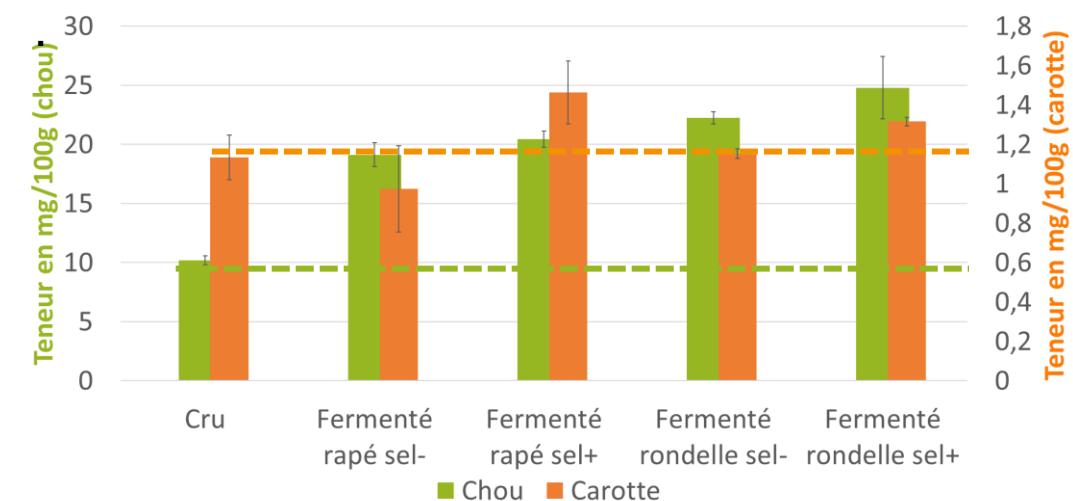
La fermentation maintient les teneurs en vitamine B9 dans le chou

## Vitamine B12



Présente uniquement dans les produits animaux et donc recherchée par les végétaliens.  
Produite dans des légumes fermentés d'après certains auteurs  
Non détectée dans nos productions

## Vitamine C



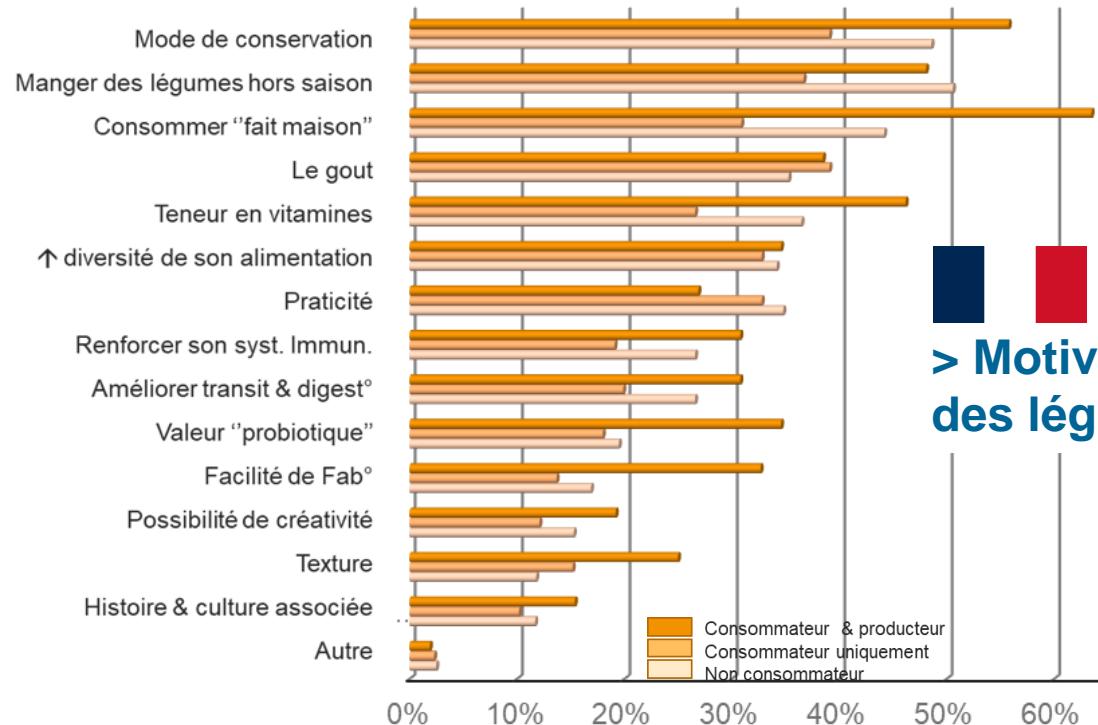
La fermentation maintient les teneurs en vitamine C voire l'améliore dans le chou

# Explorer la perception des consommateurs



R. Simoneaux

>>> Etude quantitative portant sur 1093 individus de plus de 20 ans représentatifs de la population française consommant des légumes



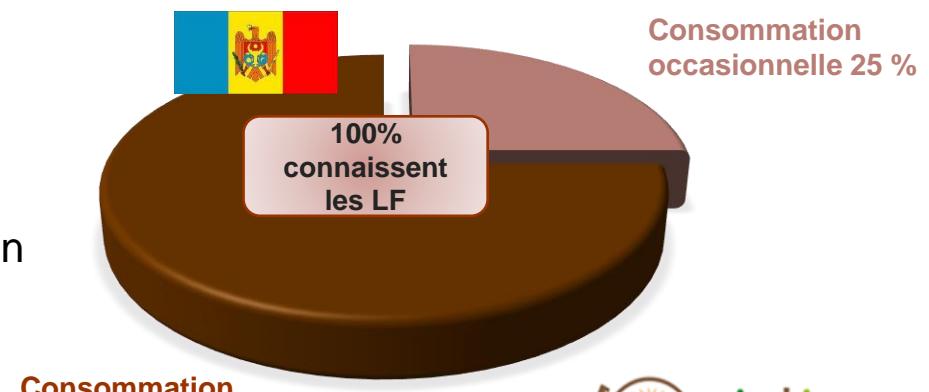
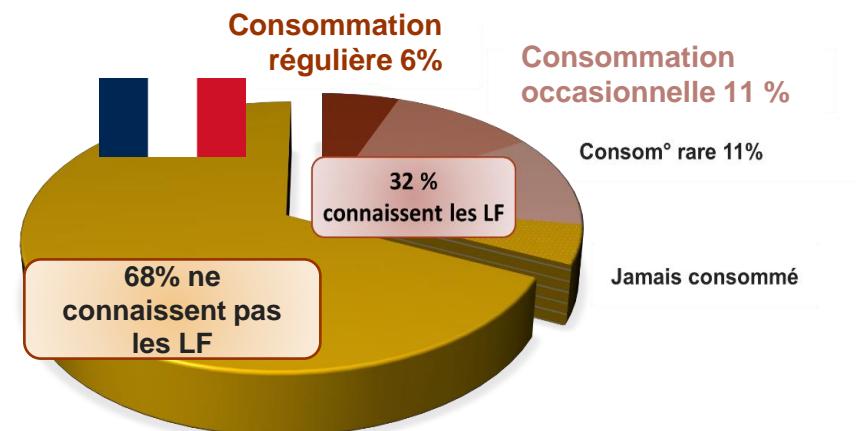
## > Motivations à consommer des légumes fermentés

Santé > Gout > Tradition

> Freins à la consommation

Gout > Sel > Acidité > Odeur

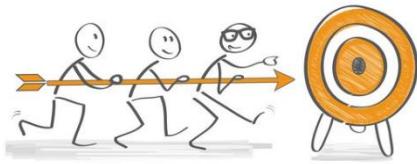
## > Habitudes de consommation



C. Delsart, D. Kalnin

>>> Entretiens de terrain réalisés en Moldavie par les étudiantes An'Agro

# Explorer les nouveaux usages culinaires



- Faire connaître le légume fermenté et ses usages en cuisine aux consommateurs non avertis pour apporter une diversification produit
- Montrer l'intérêt gustatif et la simplicité d'utilisation à travers un livret de recettes simples.

Un travail en restauration collective avec des élèves de BTSA du Lycée Rieffel Nantes



Echanges avec des chefs, des artisans utilisant le légume fermenté en Bretagne et Pays de la Loire



Utilisation minoritaire avec un profil de chefs :

- ayant voyagé,
- de culture étrangère,
- en réflexion sur l'intérêt nutritionnel de l'alimentation.



## Un livret de recettes

Téléchargeable sur :  
<https://www.vegepolys-valley.eu/projet-flegme/les-1ers-resultats/consommer/>

The booklet cover features the title "MENU SAVEURS DE L'OUEST AUX LÉGUMES FERMENTÉS" at the top. Below it are two photographs of dishes: a burger and a sandwich. The left page contains the "INGRÉDIENTS POUR 4 PERSONNES :" for the burger and sandwich, along with preparation steps. The right page contains the "INGRÉDIENTS POUR 10/12 PORTIONS :" for the sandwich, along with preparation steps. Logos for "PAYS DE LA LOIRE", "REGION BRETAGNE", "VEGEPOLYS VALLEY", "EKIP", and "LA CITÉ DU GOUT ET DES SAVEURS" are at the bottom.

## CUISINE DU MONDE : MENU CHINOIS AUX LÉGUMES FERMENTÉS

### ENTREE - ASSORTIMENT DE CHOUX, PORRIDGE DE RIZ À LA CHINOISE, CIBOULE, CACAHUÈTE

### INGRÉDIENTS POUR 4 PERSONNES :

- 150g de riz
- 7 Choux
- 7 Céleri
- 100g de ciboule
- 1 carotte ou 1/2 oignon nouveau
- 2 Céps de cacaotier concassées
- Ramequin choco-cacahuète et cuillère légumes gourmands

### PÉPARATION :

1. Rincez rigoureusement l'eau 3 fois, déposez dans l'autocuiseur de riz ramequin choco et l'huile. Vérifiez niveau.

### PLAT : NOUILLES SAUCE SOJA À LA CHINOISE, KIMCHI VIENNE HACHÉE

### INGRÉDIENTS POUR 4 PERSONNES :

- Nouilles à la chinoise au sauce soja :
- 4 bottes de nouilles chinoises branchées
- De l'eau
- 100g de sauce soja
- 100g de kimchi
- Huile
- 2 oignons et 1 oignon nouveau

### INGRÉDIENTS POUR 10/12 PERSONNES :

- 250g de nouilles
- 100g de kimchi (ou en conserve)
- 200g de chou rouge ou de poivron rouge (cœurs de chou, coquilles, courgettes, concombre etc.)
- 2 chouquettes fermentées râpées
- 1 gousse d'ail
- 1 Céps de cacaotier

### PÉPARATION :

1. Rincez les légumes que vous préparez branchés. Coupez-les en tranches ou en rondelles.
2. Faites bouillir de l'eau dans une grande casserole, ajoutez-y les nouilles et laissez cuire à feu moyen.
3. Faites chauffer 2 Céps de cacaotier au wok, déposez chouette et feuilles juste à feu moyen jusqu'à ce qu'ils soient tendres et cuits.



4. Hors du feu, ajoutez chouette, vinaigrette soja et la sauce soja, mélangez bien et servez avec du kimchi et du chou rouge.

5. Dès que les nouilles sont cuites, déposez-les dans un bol et ajoutez-y la sauce soja et la sauce d'ostre, bien mélanger pendant environ 7 min. Saler si besoin.

Servir avec les nouilles



EN SAVOIR + SUR LES LÉGUMES FERMENTÉS

Thèmes de menus répondant aux tendances alimentaires actuelles (menu apéro saveurs du monde, lunch box équilibrée, gastronomique)



Les

CRUC!



le Jarres  
Crues

Nutriform

Karine Rivet  
E. Labbé  
P. Onno

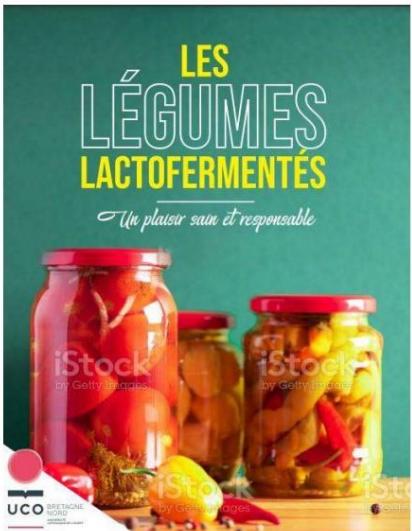
# Faire un état des lieux de la réglementation et des bonnes pratiques



Stéphane  
Pantais



Christine Gable  
& Fanny Cabilic



Téléchargeable sur :  
<https://www.vegepolys-valley.eu/projet-flegme/les-1ers-resultats/consommer/>

**INTRODUCTION**

La lactofermentation est une technique ancestrale et universelle de conservation basée sur l'action des bactéries lactiques.

Le but ultime pour conserver de nombreux aliments est à l'origine de toute une diversité de méthodes, bien connues par les cultures traditionnellement éloignées les unes des autres.

Cette technique offre de nombreux avantages, notamment une bonne qualité de préparation qui met le produit au meilleur état possible et qui le conserve davantage avec un taux de 40 à 60 % de bactéries lactiques. Les légumes lactofermentés sont également riches en calcium, particulièrement si préparés à l'aide d'huiles végétales ou d'huiles d'olives parfumées, grâce aux huiles qui apportent des substances actives.

La fermentation des légumes est aussi et surtout une source d'innovation culinaire qui contribue à la richesse et à la diversité des préparations.

En effet, cette acculturation caractérisée par la lactofermentation suscite des modifications dans les habitudes de préparation et de consommation. Ces méthodes sont à la fois très simples et très efficaces pour préparer des microaliments et non sans saveurs : des légumes lactofermentés sont souvent préparés dans le cadre de la fermentation avec que d'autres sortes de légumes, ou alors avec des légumes et des légumes.

BACTÉRIES LACTIQUES → SUCRES DES LÉGUMES → ACIDE LACTIQUE → COZ → COMPOSÉS AROMATIQUES

**SOMMAIRE**

INTRODUCTION 04  
LES ÉTAPES CLÉS DE LA LACTOFERMENTATION 06  
MATÉRIEL ET LOCAUX 12  
PLAN DE MAÎTRISE SANITAIRE ET RÉGLEMENTATION 14  
CONSERVATION 19  
ÉTIQUETAGE 20  
DÉFAUTS Majeurs 24  
POUR ALLER PLUS LOIN 24  
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 25

**AVANT PROPOS**

Cet ABC des Légumes Lactofermentés est destiné aux artisans souhaitant développer une activité de légumes lactofermentés destinée à la mise sur le marché. Il détaille les différentes étapes de la fabrication et indique les points clés à maîtriser afin de garantir la sécurité sanitaire des produits.

Il s'agit d'un support de travail qui nécessite une personnalisation à chaque atelier et qui ne peut en aucun cas se substituer à la lecture attentive de la réglementation, ainsi qu'au suivi et à l'application de ses évolutions.

## Pour tout transformateur de produits végétaux :

- ✓ Déclaration d'activité à la Direction Départementales de Protection des Populations (pas d'agrément sanitaire nécessaire)
- ✓ L'exploitant est responsable de la qualité sanitaire de ses produits
- ✓ L'opérateur doit mettre en place un Plan de Maîtrise Sanitaire

## Concernant les légumes lactofermentés spécifiquement :

- ✓ Analyses microbiologiques : pas de critères réglementaires spécifiques, pour le moment, pour les légumes fermentés,
- ✓ Critères de sécurité préconisés : ceux de la catégorie générale des "produits prêts à être consommés ne permettant pas le développement de *Listeria monocytogenes* autres que celles destinées aux nourrissons ou à des fins médicales spéciales",
- ✓ Recommandation : faire des analyses microbiologiques complémentaires afin de s'assurer de l'absence d'autres bactéries pathogènes et contrôler le niveau des bactéries lactiques et des levures/moisissures.

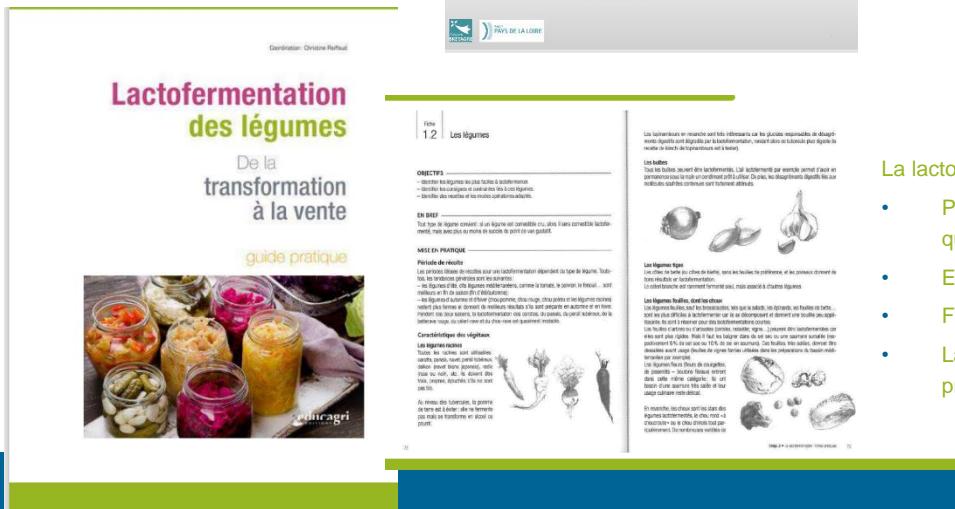
# Rendre accessible et diffuser les résultats auprès des citoyens et de la communauté scientifique

>>> Un effort de médiation scientifique, une très grande diversité de supports et de canaux de communication mis en œuvre pour...



Analyses des premiers échantillon envoyé par les élèves "apprentis chercheurs" de la classe d'Aurelie !

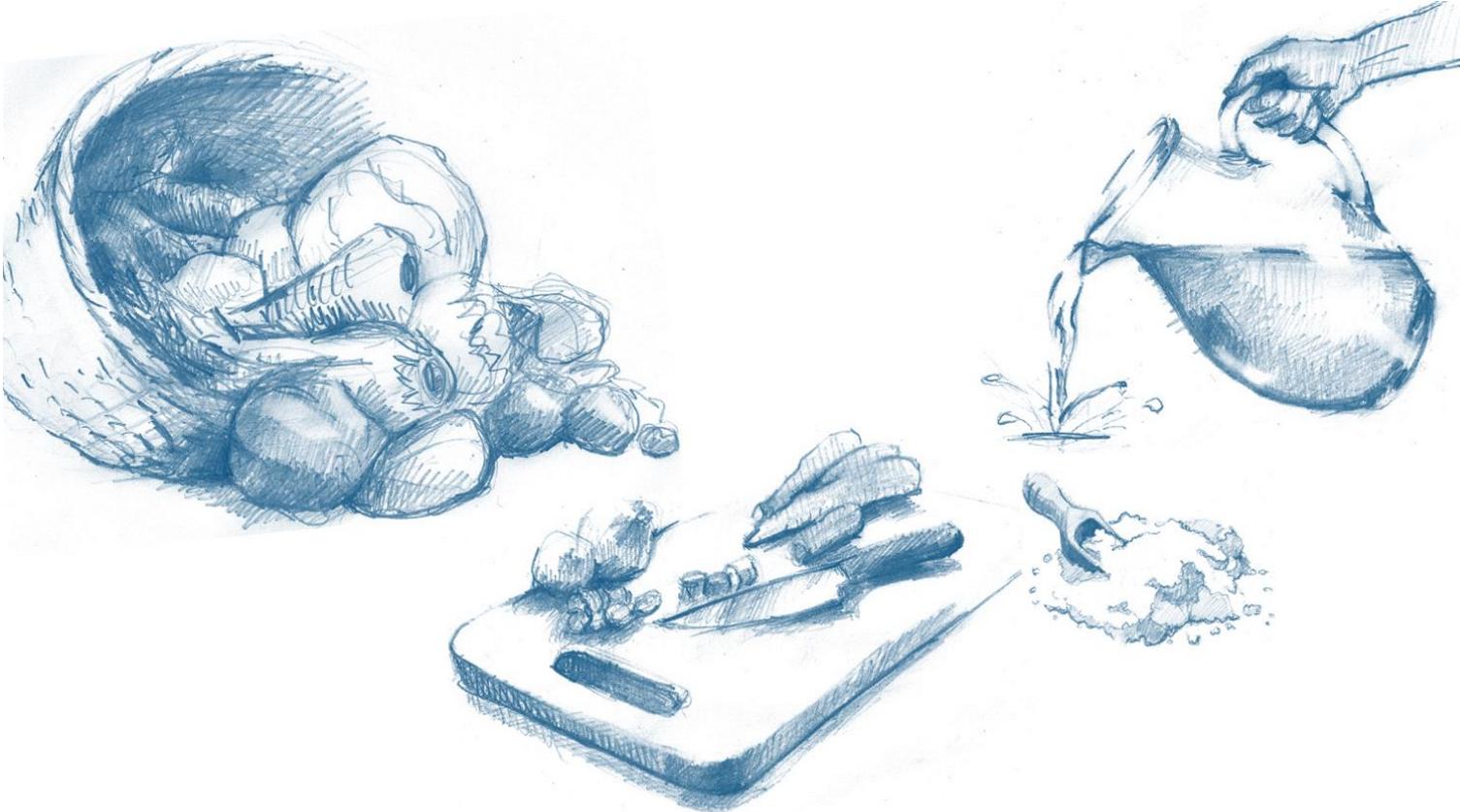
Les échantillons reçus ont été analysés au laboratoire du CIRM-BIA\* par Victoria et Marie-Noëlle pour "voir" quelles sont les bactéries qui ont poussé dans les différentes fabrications préparées par les élèves



... fédérer en amont, communiquer tout du long, fidéliser, rendre compte pendant et après. Des publications scientifiques en cours de finalisation.

- La lactofermentation,
  - Pourquoi où et depuis quand ?
  - Etat des connaissances
  - Fiches pratiques
  - La commercialisation des produits lactofermentés

>>> **Un ouvrage collectif** coordonné par C. Raiffaud aux Editions Educagri destiné aux professionnels et aux particuliers qui veulent produire des légumes lactofermentés



...merci à tous les acteurs du projet  
**FLEGME**, partenaires et citoyens  
qui ont contribué en donnant de  
leur temps et des échantillons !

Merci de votre  
attention,  
merci à tous mes  
collègues...





# QUESTIONS – ECHANGES



Résultats du projet  
de recherche  
précompétitif  
**FLEGME**



INRAE



VEGEPOLYS  
VALLEY



Région  
BRETAGNE

RÉGION  
PAYS  
DE  
LA LOIRE