



**HAL**  
open science

## Design de communautés bactériennes pour fermenter de nouveaux aliments à base de légumineuses

Anne Thierry

### ► To cite this version:

Anne Thierry. Design de communautés bactériennes pour fermenter de nouveaux aliments à base de légumineuses. WEBINAIRE Aliments Fermentés 24-25 mai 2018, Institut National de Recherche Agronomique (INRA). UAR Département Microbiologie et Chaîne Alimentaire (1194), May 2018, Paris, France. ⟨hal-01795996⟩

**HAL Id: hal-01795996**

**<https://hal.science/hal-01795996v1>**

Submitted on 5 Jun 2020

**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.



HAL Authorization



# Design de communautés bactériennes pour fermenter de nouveaux aliments à base de légumineuses

Anne Thierry  
Valérie Gagnaire  
(STLO, INRA Rennes)



Webinar Mica 24-25 mai 2018



- Objectifs
  - Stratégies de design
  - Exemples de résultats
- projets MiLLup et CoLeg

# Pourquoi designer des communautés ?

## Pourquoi une communauté et pas une souche ?

→ Une souche ne peut apporter seule toutes les fonctionnalités attendues (propriétés sensorielles, techno-fonctionnelles, nutrition/santé...)

Caractérisation de communautés dans des aliments fermentés traditionnels

→ diversité au niveau espèces et au niveau infraspécifique

Ex : diversité de biotypes de *S. thermophilus* dans 3 fromages traditionnels italiens  
(De Filippis, Plos one 2014)

## Des communautés pour quels aliments fermentés ?

- Aliments fermentés traditionnels ou non
- **Nouveaux aliments fermentés** attendus dans le contexte de la durabilité des systèmes alimentaires : produits laitiers enrichis en protéines végétales, « yaourts végétaux », « vromages »,...  
plusieurs projets dans département Mica  
(STLO, GMPA, Micalis-ComBac, LISBP)

- Aliments fermentés traditionnels ou 'industriels'
- assurer une meilleure régularité de la qualité des productions
- 'reproduire' les propriétés observées dans ferm traditionnelles
- apporter des propriétés supplémentaires aux propriétés sensorielles :
  - ex : activités antimicrobiennes, propriétés anti-inflammatoires

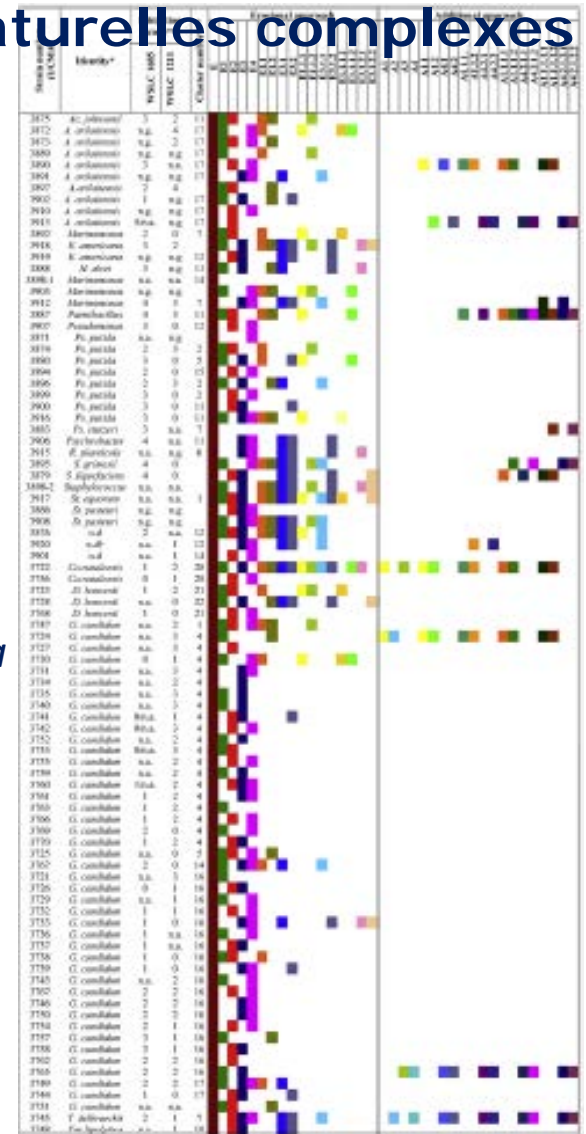
Empirique :  
méthode  
essai-  
erreur

Scientifique : démarche de simplification par étapes de communautés naturelles complexes



*exemples*

# Exemples de stratégies de design de communautés par simplification de communautés naturelles complexes



- INRA GMPA : communauté simplifiée apportant la même saveur (Livarot)
  - 82 souches bact et levures → 10 souches (Bonaïti, JDS 2005)
- INRA Aurillac, Univ Caen : design of consortia anti-*Listeria*
  - à partir d'un consortium anti-*Listeria* indéfini
    - 89 souches de levures et bactéries
    - communauté active de 6 souches
  - Comparaison avec approches par addition
    - communauté différente de 5 souches (Imran, FM, 2010)

## Quels aliments fermentés ?

## Objectifs?

## Approches

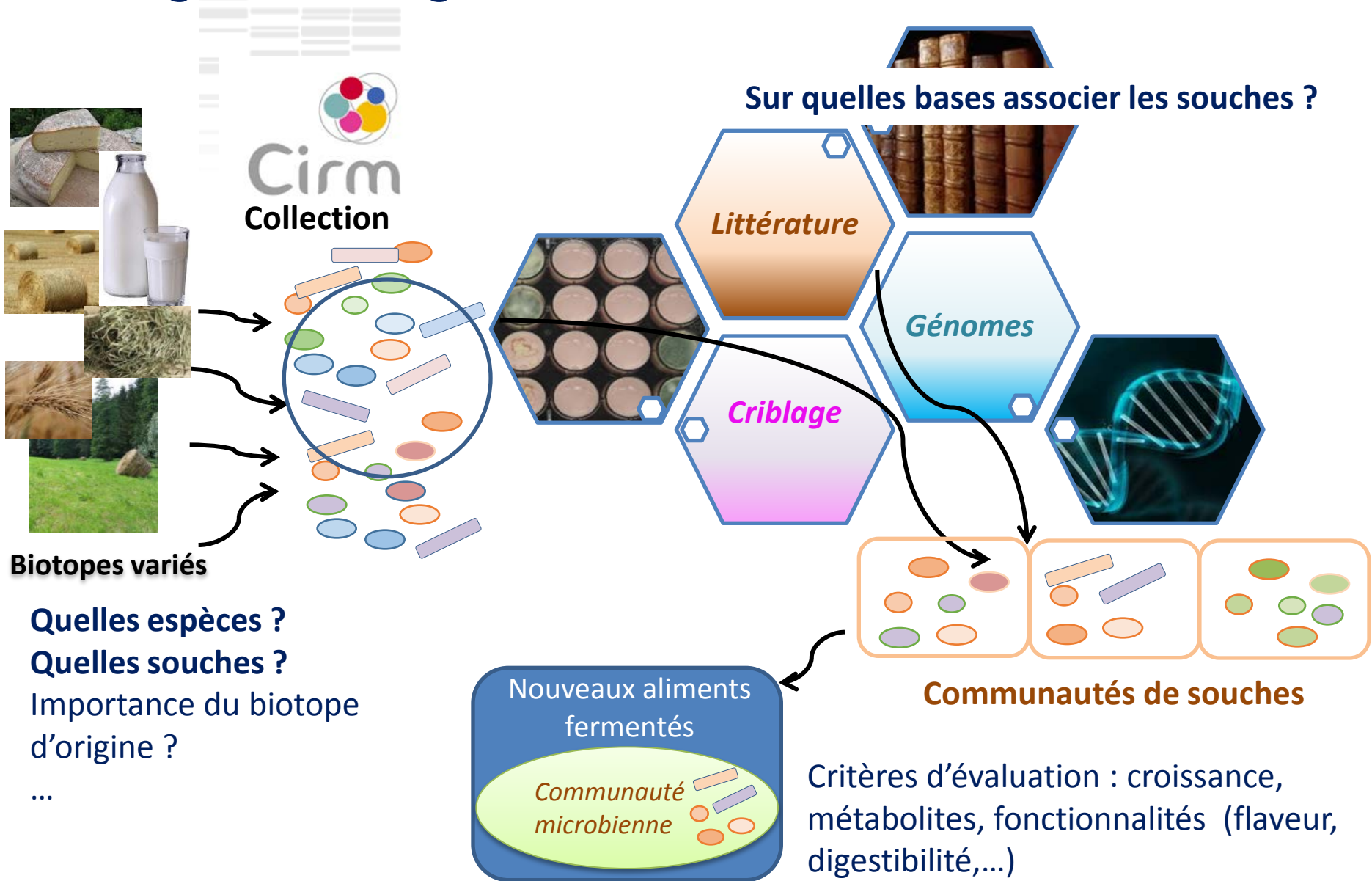
- Aliments fermentés traditionnels ou 'industriels'
  - assurer une meilleure régularité de la qualité des productions
  - 'reproduire' les propriétés observées dans ferm traditionnelles
  - apporter des propriétés supplémentaires aux propriétés sensorielles :
    - ex : activités antimicrobiennes, propriétés anti-inflammatoires
- **Nouveaux aliments fermentés**
  - Apporter propriétés sensorielles et nutritionnelles attendues

Empirique :  
méthode  
essai-  
erreur

Scientifique : démarche de simplification par étapes de communautés naturelles complexes

Scientifique :  
Design raisonné

# Stratégies de design de communautés microbiennes *de novo*



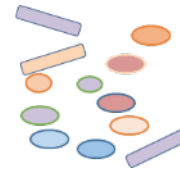
# Exemple 1 : AIC MiLLup : design de consortia bactéries lactiques pour fermenter des Mixtes Lait Lupin

2016-2017, STLO Rennes, LISBP Toulouse, Maïage Jouy

## Comment fonctionnaliser par la fermentation de nouvelles matrices alimentaires à base de lait et de légumineuses ?



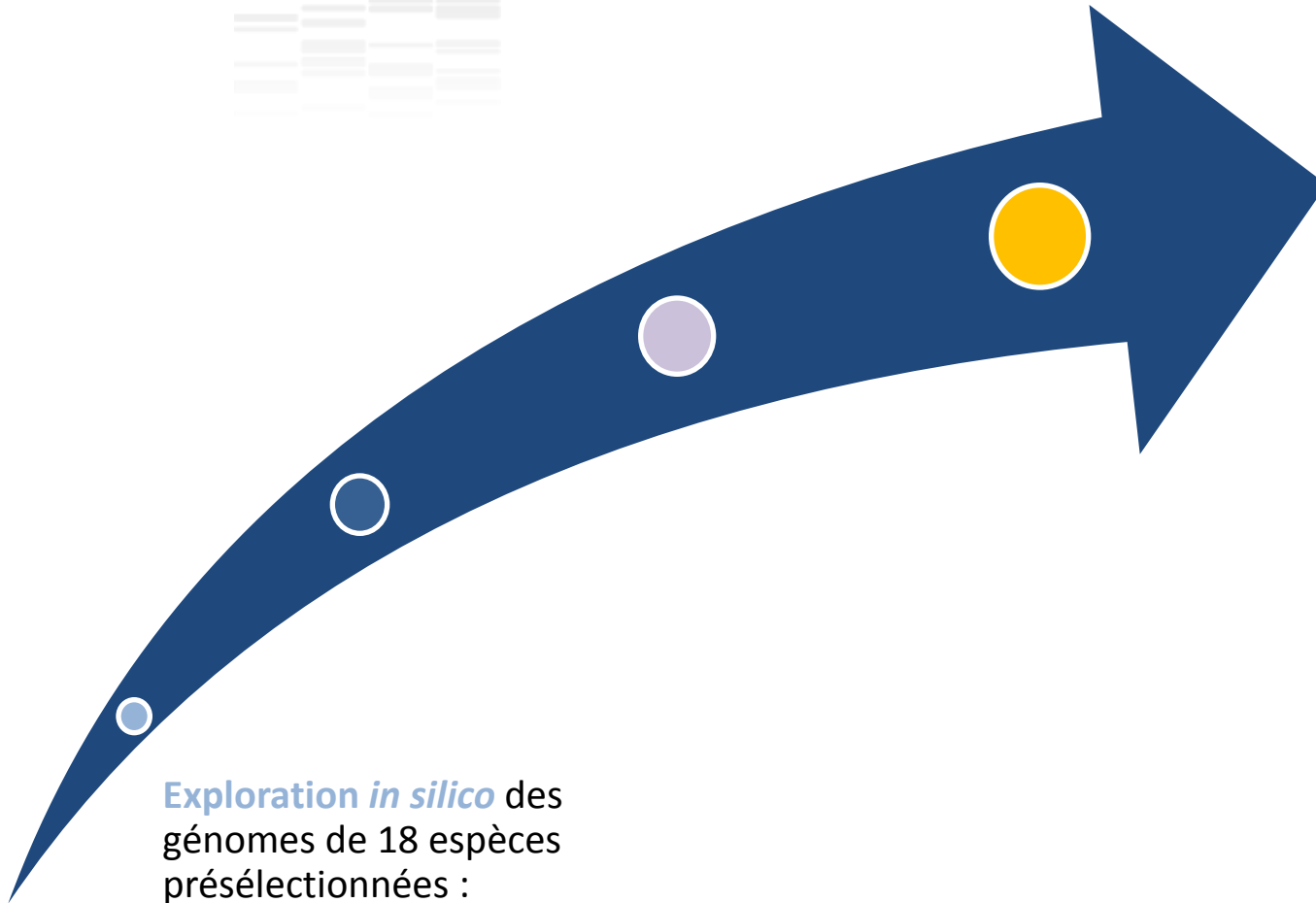
mixtes de lait et  
de farine de lupin



bactéries lactiques  
mésophiles  
homofermentaires

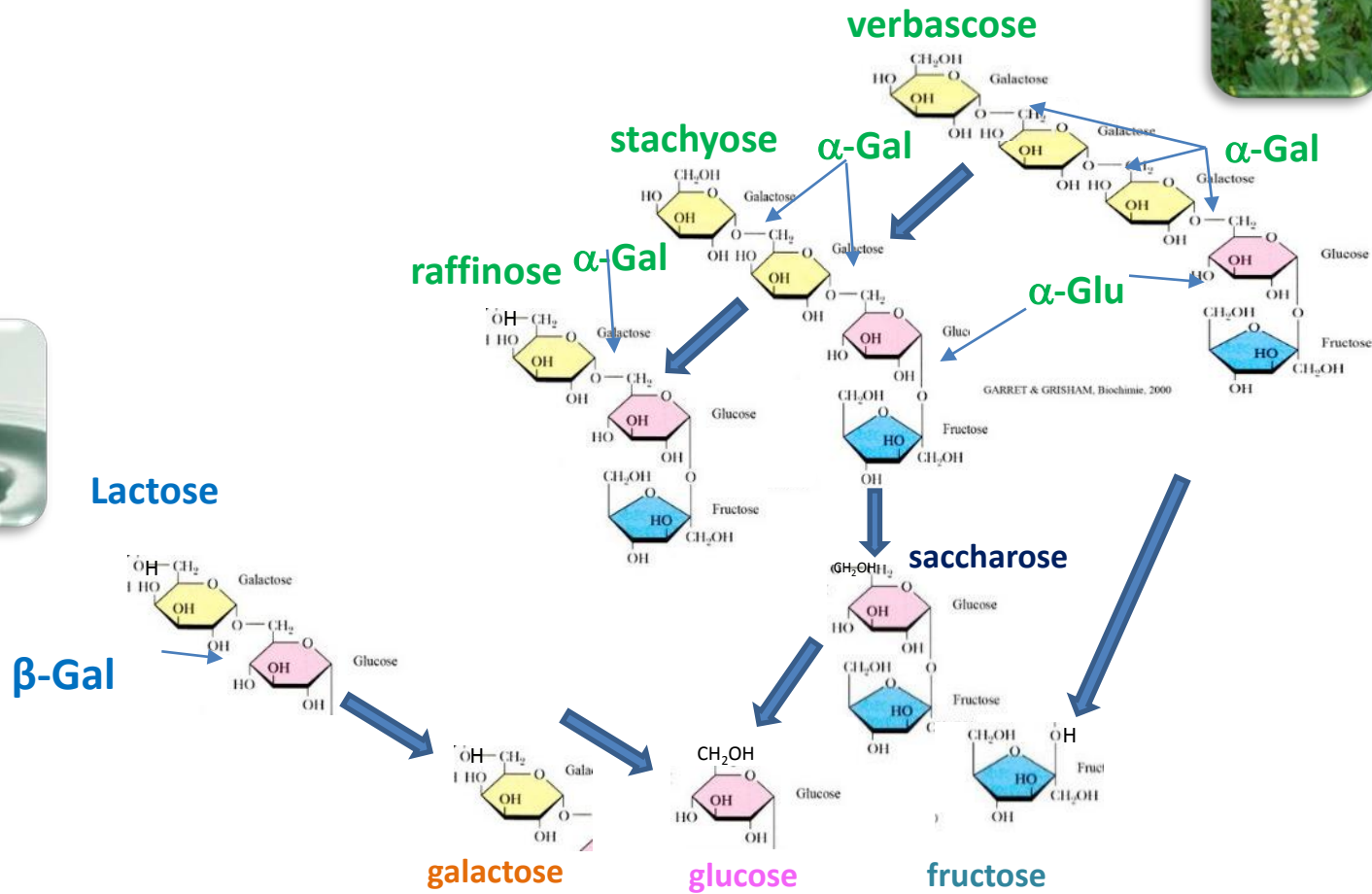
- **Objectif** : Moduler la concentration du produit fermenté en oligosaccharides du lupin (cause de ballonnements) et en protéines (cause d'allergie, production peptides d'intérêt santé et digestibilité)
- **Stratégie** : Concevoir des communautés de souches de bactéries lactiques sur la base de leur complémentarité métabolique

# Stratégie projet MiLLup

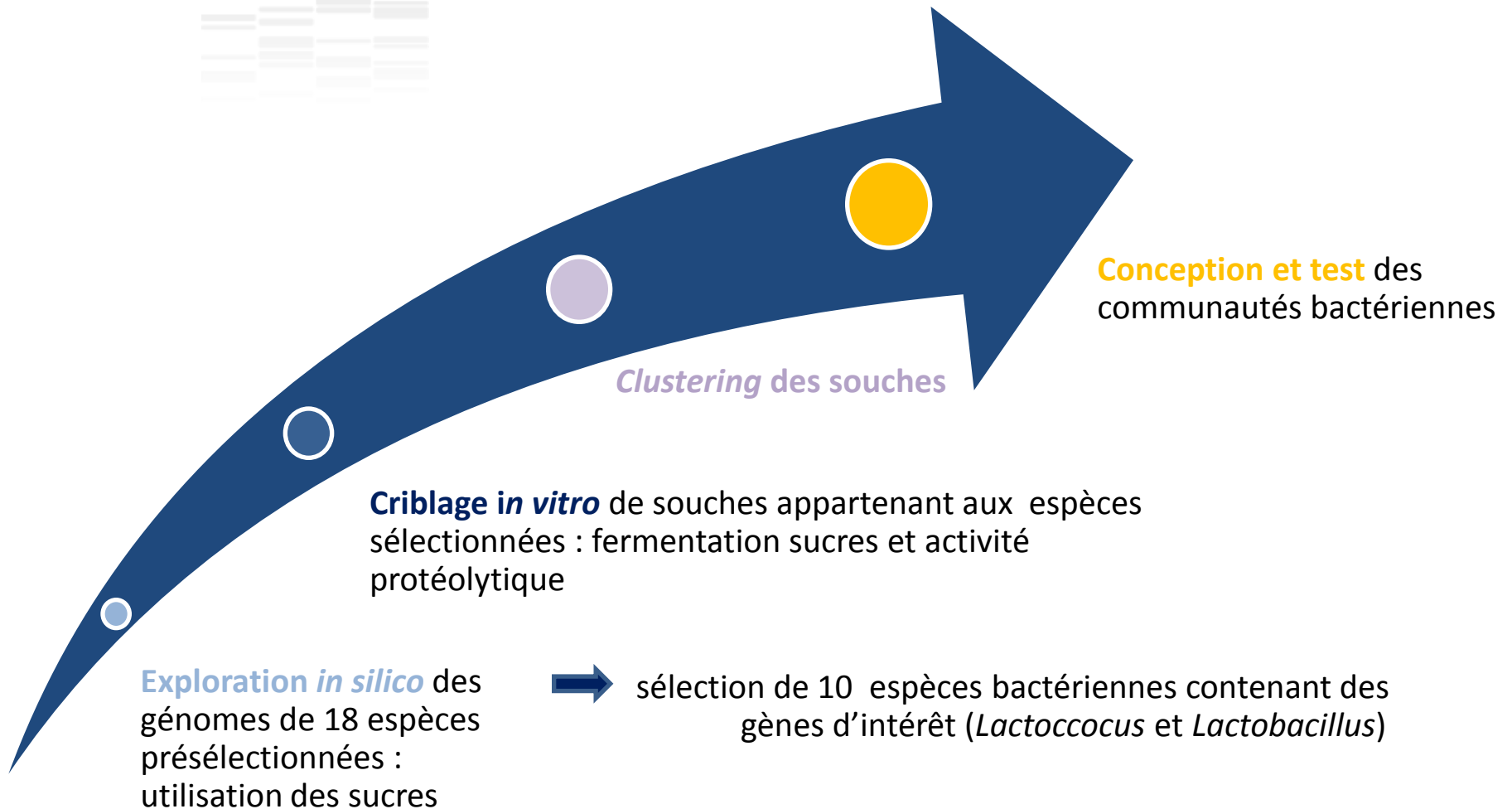


**Exploration *in silico*** des  
génomomes de 18 espèces  
présélectionnées :  
utilisation des sucres

# Exploration *in silico* : recherche de la prévalence des gènes codant pour des enzymes impliquées dans l'hydrolyse des sucres du milieu

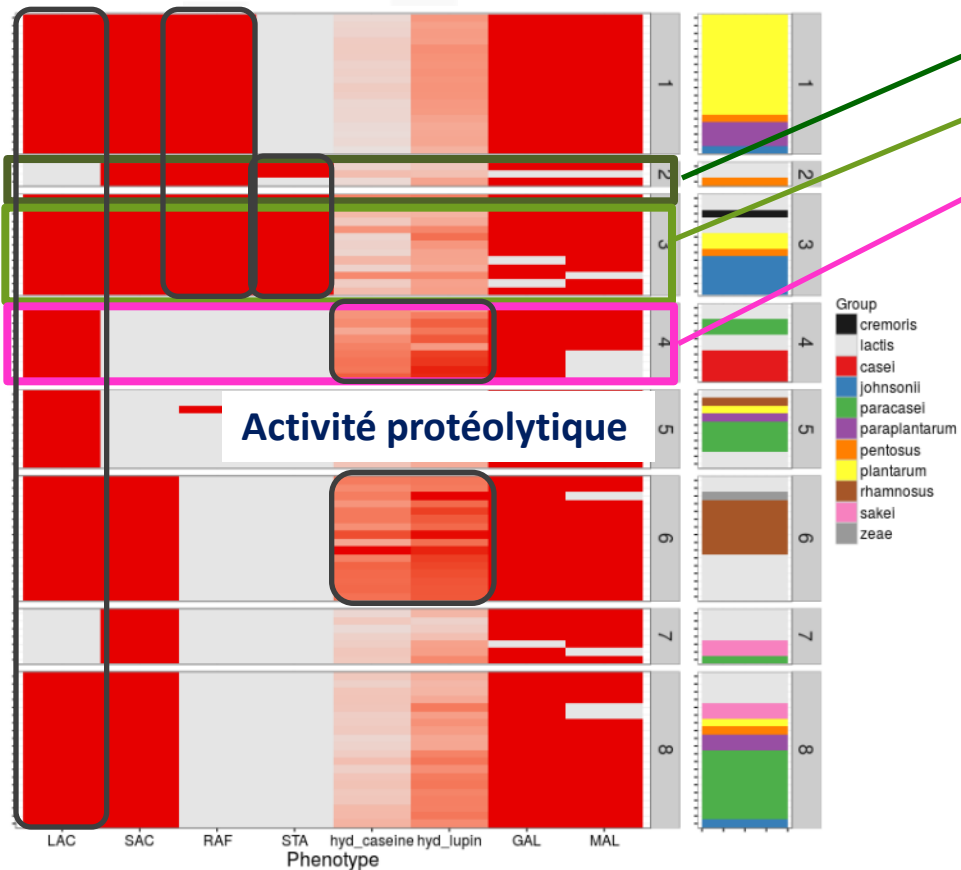


# Stratégie projet MiLLup



# MiLLup : Résultats de clustering et principe d'association des souches

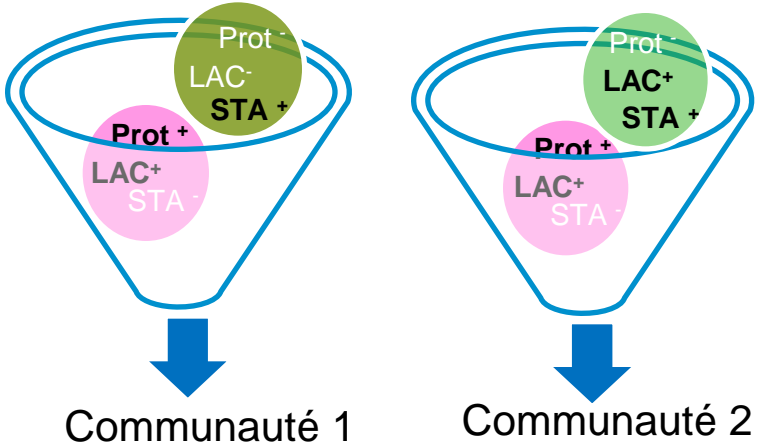
Fermentation raffinose/stachyose moins répandue



- LAC<sup>-</sup> / STA<sup>+</sup> / Prot<sup>-</sup> *Profil « lupin »*
- LAC<sup>+</sup> / STA<sup>+</sup> / Prot<sup>-</sup>
- LAC<sup>+</sup> / STA<sup>-</sup> / Prot<sup>+</sup> *Profil « lait »*

**Règles d'association :**

- réunir fonctions LAC<sup>+</sup> STA<sup>+</sup> et Prot<sup>+</sup> dans chaque communauté
- Associer lactocoques et lactobacilles



Fermentation lactose largement distribuée : 200 souches/ 219



# MiLLup : Caractéristiques des milieux fermentés selon la communauté

Analyse en composantes principales : 32 cultures

caractérisées à 24 h pour pH, populations, teneur en sucres, acides organiques, acides aminés libres, indice de protéolyse

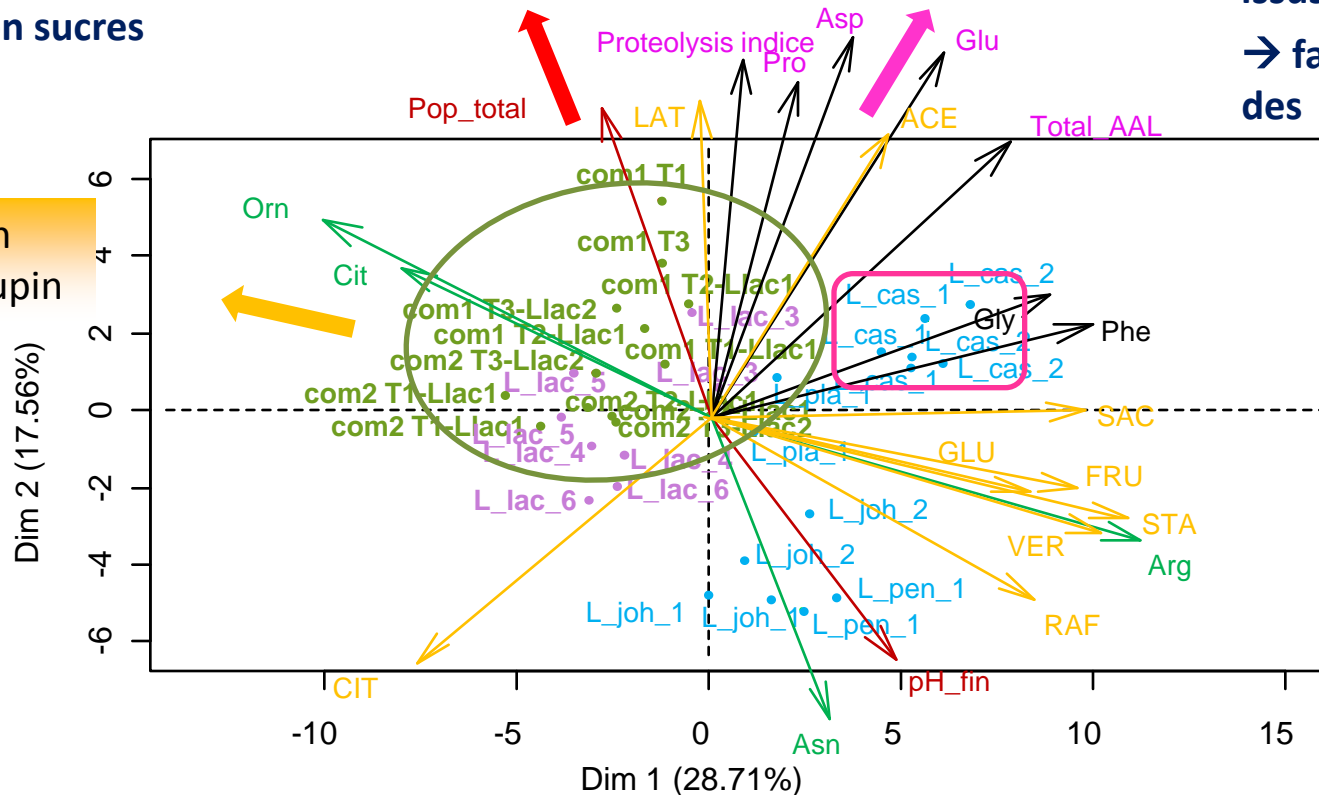
Communautés : forte population, fermentation sucres lait et lupin

Forte population et pH bas

Protéolyse

Produits de protéolyse issus des souches Pro<sup>+</sup>

→ favorise croissance des souches Prot<sup>-</sup>



Fermentation oligosacch. lupin

# Exemple 2 : projet CoLeg : Fermentation des Légumineuses par des Communautés microbiennes

STLO Rennes, GMPA Grignon, Micalis Jouy, LISBP Toulouse

**Objectif :** fermentation de 3 légumineuses par les mêmes communautés microbiennes



Lupin blanc



Pois



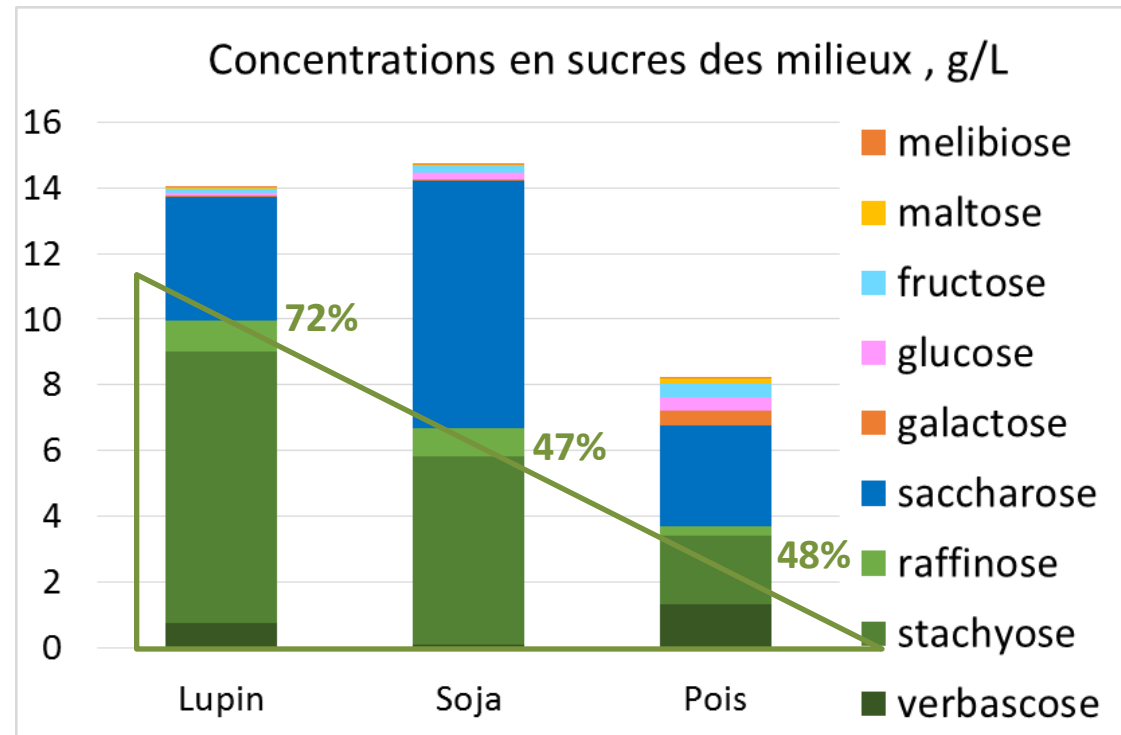
Soja

## Préparation des milieux :

- ✓ préparé à partir de suspension de farine à 10% dans eau stérile
- ✓ centrifugé et stérilisé par autoclavage 20 min à 120°C
- ✓ ensemencé par différentes communautés (bact. lactiques seules ou en mélange avec microorganismes de surface des fromage)

## Composition des milieux :

- ✓ Protéines : 20 (pois)-30 (soja) g/kg
- ✓ Sucres (hors amidon) : 8-14 g/kg



# Projet CoLeg : stratégie de choix des souches

## Communauté de bactéries lactiques mésophiles

### Hydrolyse saccharose et oligosaccharides

Genus	Species	SAC	RAF	STA	FRU	GAL	MAL	hyd_protéines-lupin
<i>Lactococcus</i>	<i>lactis</i>	1	1	1	1	0	0	-1.53
<i>Lactococcus</i>	<i>lactis</i>	1	1	1	1	1	1	-1.02
<i>Lactobacillus</i>	<i>plantarum</i>	1	1	1	1	1	1	1.92
<i>Lactobacillus</i>	<i>rhamnosus</i>	1	0	0	1	1	1	4.52
<i>Lactobacillus</i>	<i>rhamnosus</i>	1	0	0	1	1	1	4.22

Hydrolyse saccharose

Profil Prot+

2 souches associées

#### Règles d'association :

- réunir fonctions STA<sup>+</sup> et SAC<sup>+</sup>/Prot<sup>+</sup> dans chaque communauté
- Associer lactocoques et lactobacilles

# Projet CoLeg : Caractéristiques des 3 milieux fermentés avec la même communauté de bactéries lactiques

	pH	<i>Lact. lactis</i> log UFC/g	<i>Lactob. rhamosus</i> log UFC/g	Acide lactique, g/kg	Stachyose consommé, g/kg
lupin	4,6	8,8	8,6	6,0	5,6 (63%)
soja	4,5	8,5	8,7	5,2	4,8 (71%)
pois	4,2	8,9	7,2	2,7	1,3 (53%)

Des similarités entre les 3 milieux :

pop. bactérienne totale >  $6 \times 10^8$  UFC/ml

pH 24 h < 4,6

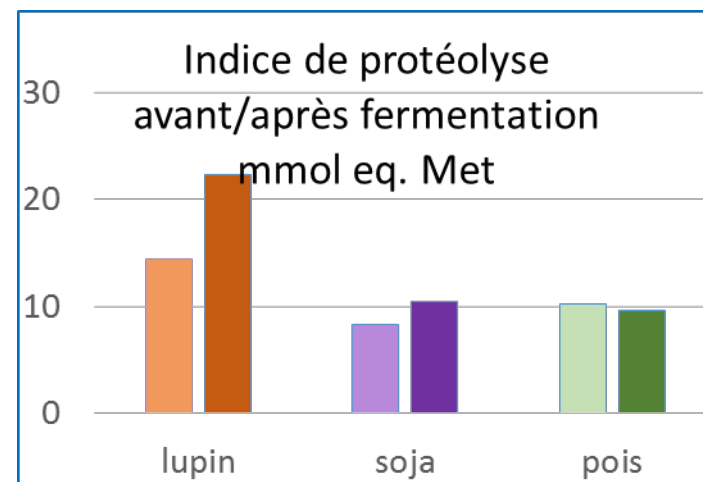
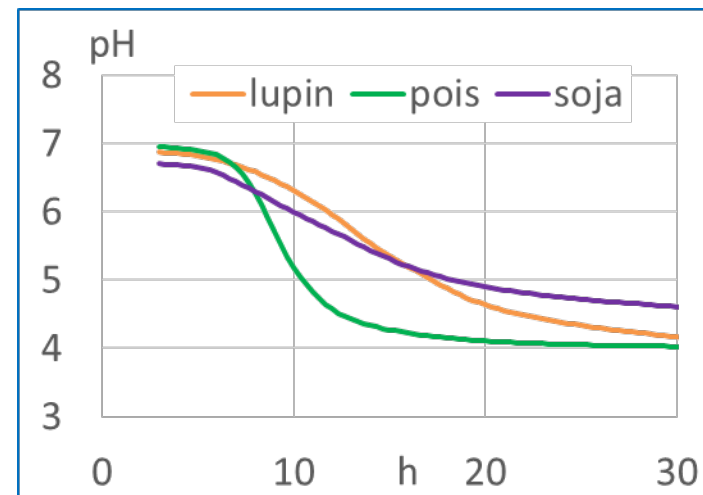
consommation des oligosaccharides > 50%

Des spécificités :

**Milieu pois** : Acidification plus rapide dû à un pouvoir tampon plus faible

**Milieu lupin** : plus de protéolyse

**Milieu soja** : intermédiaire





# Conclusions

- Démarche de design originale basée sur la complémentarité des fonctions ciblées peu de travaux publiés
  - ex : travaux Mathieu Barret de construction de communautés de souches inhibitrices de *Xanthomonas* par recouvrement des ressources utilisées
- Stratégie :
  - ✓ Exploitation données génomiques : OK pour sucres, vitamines, ...
    - ☹ parfois beaucoup travail en amont pour mettre en relation gènes et fonctions exprimées ex : lipolyse *P. freudenreichii*, protéolyse *L. helveticus*
  - ✓ ...associée à criblage *in vitro* : indispensable pour valider l'expression des fonctions ciblées
  - ✓ Souches associées sur la base de la complémentarité des fonctions
- 'Performances' des communautés supérieures à celle des cultures pures
  - Interactions à explorer et expliciter
- Particularités de chacune des 3 légumineuses testées