UER Microbiologie générale - Bactériologie. 2026

# Diversité et domestication d'une bactérie : cas de l'espèce *Oenococcus oeni*

**Patrick LUCAS**

patrick.lucas@u-bordeaux.fr

ISVV, 210 Chemin de Leysotte, 22800 Villenave d'Ornon

**29 Octobre 2026**

# L'ISVV




- **Institut des Sciences de la Vigne et du Vin**
  - Enseignement sup. : licence, master, doctorat, Formation continue
  - Recherche : vigne, vin, économie, histoire …
  - Transfert : technologies, savoirs

## Sommaire

1. *O. oeni* : une bactérie dans un milieu hostile

2. *O. oeni* : notions d'espèce et de souches

3. *O. oeni* : diversité génétique

4. *O. oeni* : domestication

# Le vin : un milieu hostile pour les microorganismes

- Pourquoi le vin est-il un milieu hostile ?



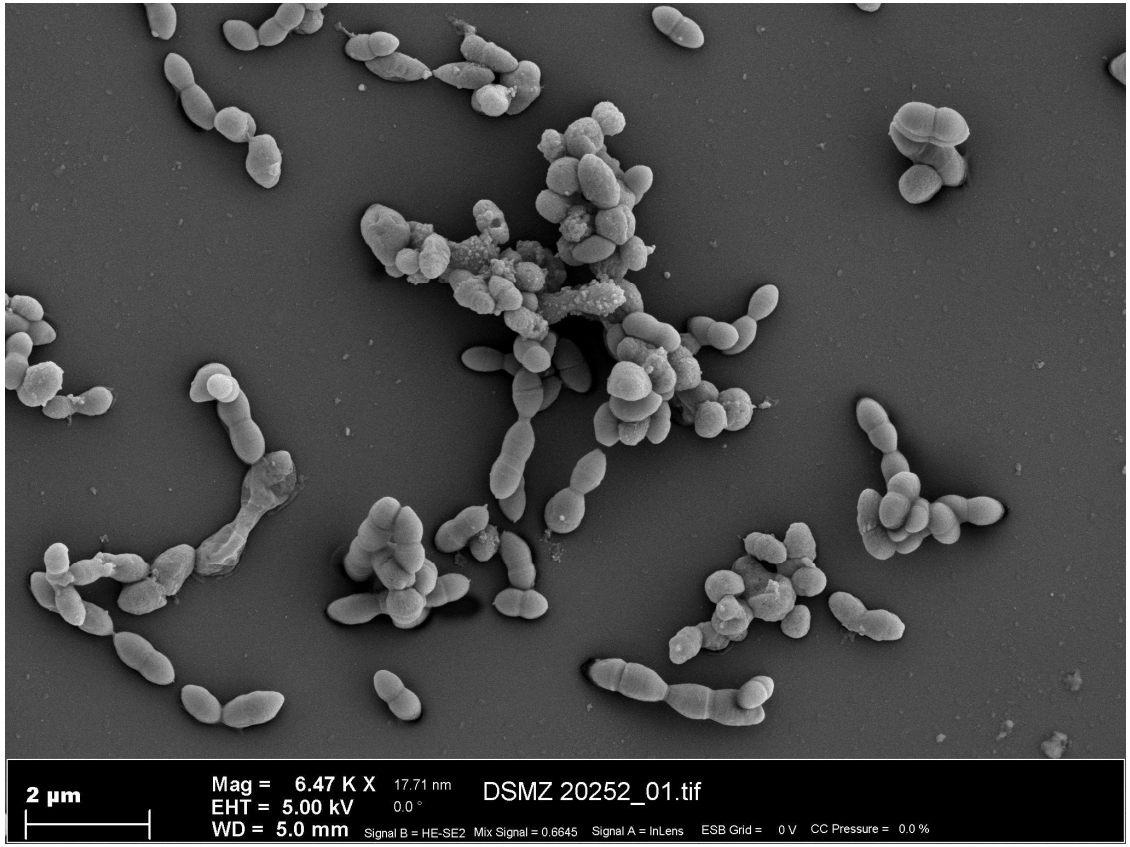

- Quels microorganismes s’y développent ?

# *Oenococcus oeni :* une bactérie qui se développe dans le vin

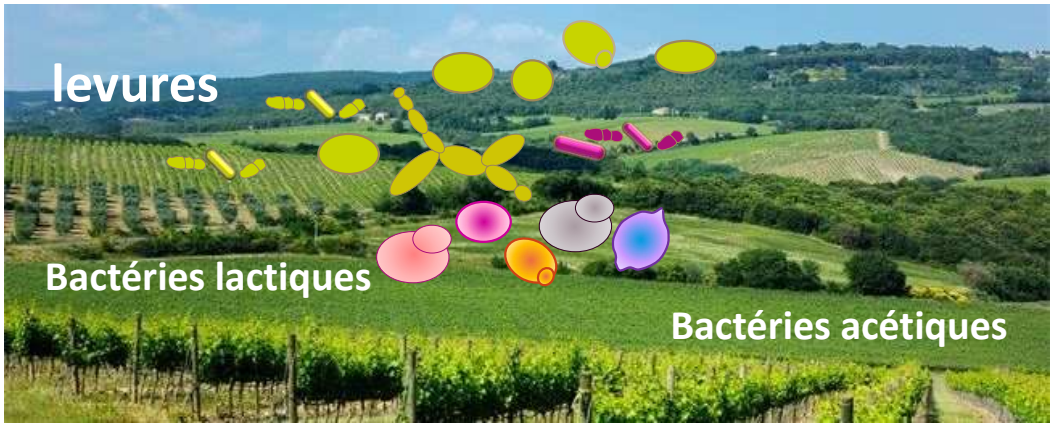
- **Bactérie lactique**
- Acidophile

- Anaérobie facultative
- Métabolisme fermentaire

- Capable de bien se développer dans le vin



# *Oenococcus oeni :* dans l'environnement naturel




- Elle est **présente dans l'environnement naturel**
  - Avec beaucoup d'autres microorganismes s
- **Mais très peu abondante**
  - Se développe lentement
  - Peu compétitive par rapport aux autres espèces

# *Oenococcus oeni :* dans le vin

**1ers stress**
Surface → liquide
aérobie→ anaérobie
pH acide, polyphénols …

**2ème stress**
Ethanol

**3ème stress**
Stabilisation : écoulage, filtration, **$SO_2$**



**Raisin**

*Lactobacillus plantarum*
*Lactobacillus mali*
*Lactobacillus kefiri*
*Lactobacillus lindneri*
*Lactobacillus brevis*
*Lactobacillus buchneri*
*Enterococcus faecium*
*Enterococcus avium*
*Enterococcus durans*
*Enterococcus hermanniensis*
*Leuconostoc mesenteroïdes*
*Pediococcus parvulus*
*Pediococcus damnosus*
***Oenococcus oeni (<1%)***



**Moût**

*L. plantarum 25%*
*L. sanfrancisensis 14%*
*L. casei 12%*
*P. parvulus 5%*
*L. hilgardii 2%, ...*
***O. oeni 0-10%***



**Fermentation alcoolique**

*L. plantarum 8%*
*P. parvulus 8%*
*L. hilgardii 4%*
***O. oeni 80-100%***



**Fermentation malolactique**

***O. oeni ~100%***



**Élevage**

Risque si absence de $SO_2$

+ Lactobacilles

+ Pediocoques

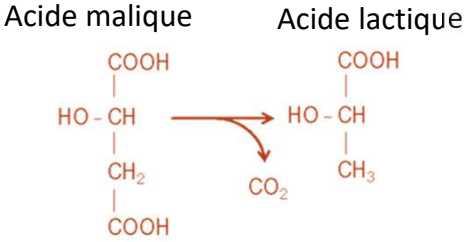
*- O. oeni*

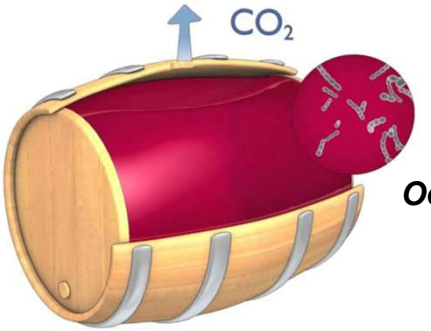
- *O. oeni* ne devient abondante dans le vin que pendant/après la FA
- ***O. oeni* résiste mieux** aux stress 1 et 2 que les autres bactéries lactiques

# *Oenococcus oeni :* utile lors de la production du vin

- ***O. oeni* améliore le goût du vin en réalisant la FML**

**Fermentation malolactique**



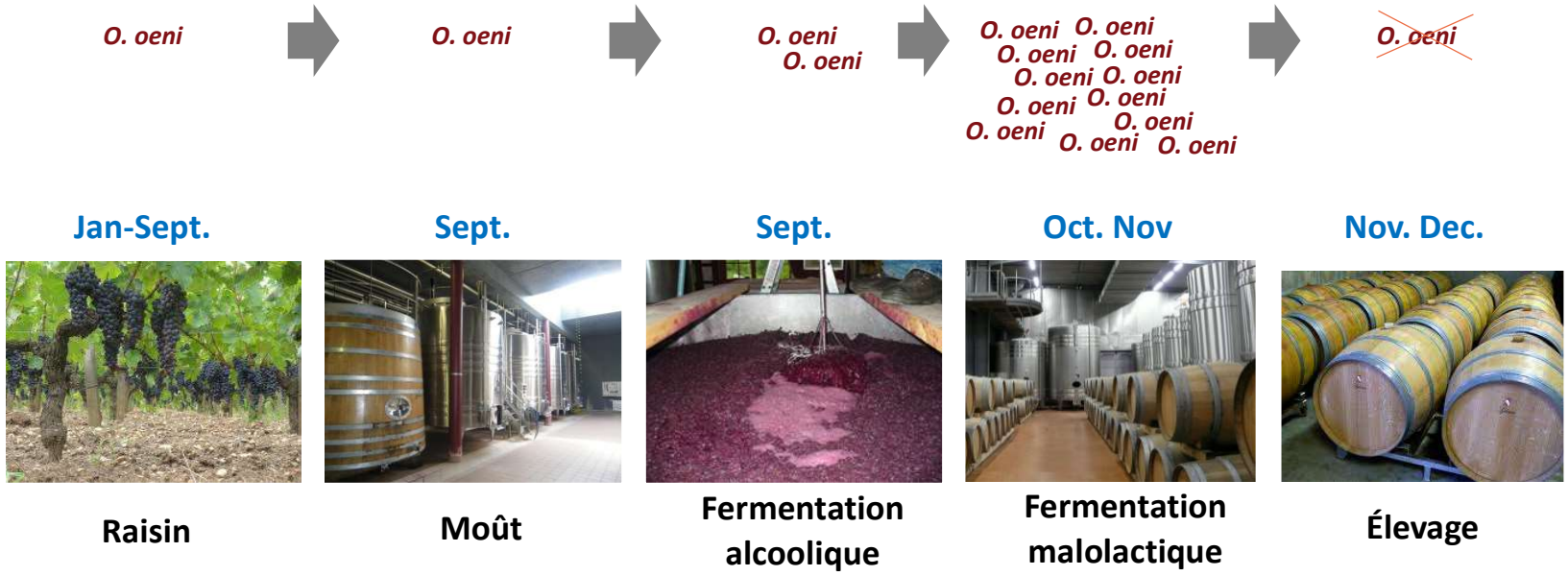

***Oenococcus oeni***

- Des souches sont commercialisées pour inoculer dans le vin et mieux gérer la FML

| Company | Culture |
|---|---|
| AEB group | Biolact Acclimatée [3]; Biolact Acclimatée BM [2]; Biolact Acclimatée PB1025 [1]; Biolact Acclimatée 4R [4]; Biolact Fresh [M]; Biolact One Fresh [M] |
| CHR Hansen | Viniflora Oenos [1]; Viniflora CH11 [1]; Viniflora CH16 [1]; Viniflora CH35 [1]; Viniflora plantarum (*Lactobacillus plantarum*) [1] a; *Lb. plantarum* LpCHL2 [1] b |
| DSM food specialities | Maloferm LG98 [1] b |
| EverIntec | Extremo X 03 [M] |
| Laffort | Lactoenos 350 Preac [1]; Lactoenos 450 Preac [1]; Lactoenos SB3 Instant [1]; Lactoenos B16 Standard [1]; Microenos HP (*Lb. hilgardii*) [1] c |
| Lallemand | Lalvin 31 [1]; Lalvin EQ54 [1]; Lalvin VP41 [1]; Uvapherm Alpha [1]; Uvapherm Beta [1]; Lalvin PN4 [1]d; Lalvin IB (Inobacter) [1]d; Lalvin MT01 [1]d |
| Oliver Ogar | Malo Quick [1]; Malo-start+ [M] |
| SGBIOTECH | SRW[1] e |
| Tebaldi.it | ExperTi oeni [N]; ExperTi oeni Alcol [N]; ExperTi oeni pH [N] |
| Vason | Amar04 [1] |



# *Oenococcus oeni :* ne prolifère que quelques semaines par an



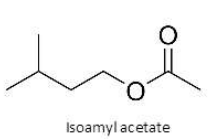

- ***O. oeni* évolue génétiquement lorsqu'elle se multiplie**
- Elle évolue génétiquement **dans le vin**
- Elle évolue seulement **quelques semaines par an**

# *Oenococcus oeni :* une espèce, des souches

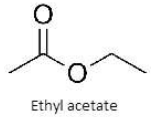
- Des souches aux capacités diverses



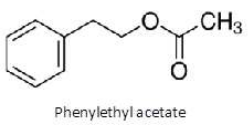
- Capacités fermentaires
- Résistance au vin
- Résistance à l'acidité, à l'éthanol, au $SO_2$, aux polyphénols, aux acides gras …
- Production de composés d'arômes
- Production de composés d'altération
- etc.










# *Oenococcus oeni* résiste au vin

**Quelle(s) propriété(s) vous semblent importantes pour resister au vin ?**



- Résister à l'acidité
- Résister à l'éthanol
- Résister aux composés antimicrobiens (polyphénols, SO2, …)
- Pouvoir utiliser les ressources nutritives disponibles
- Pouvoir maintenir son équilibre énergétique

# L’adaptation d’une bactérie à un milieu s’étudie à différents niveaux

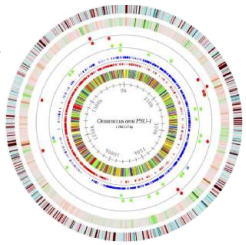
- **Au niveau du milieu**
  ex. différents vins = différents niveaux d’acidité, alcool, polyphenols, etc.



- **Au niveau des souches**
  Différentes souches d’*O. oeni* n’ont pas les mêmes capacités d’adaptation au vin



- **Au niveau des génomes**
  L’adaptation à un milieu implique des caractéristiques génétiques spécifiques



## Sommaire

1. *O. oeni* : une bactérie dans un milieu hostile

2. *O. oeni* : notions d'espèce et de souches

3. *O. oeni* : diversité génétique

4. *O. oeni* : domestication

# Une espèce bactérienne : définition

**Une espèce bactérienne est constituée par :**

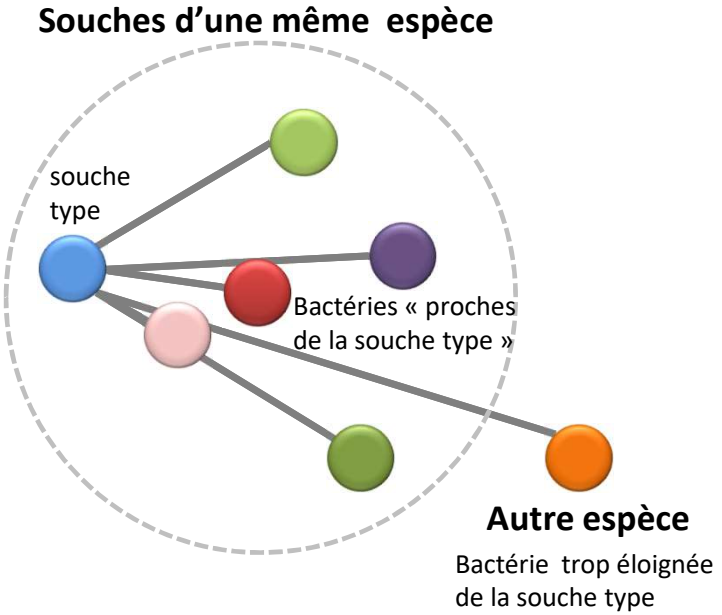
- Une souche type
- et l'ensemble des souches qui sont « suffisamment proches » de la souche type

**Officiellement :**

- 2 bactéries appartiennent à la même espèce si leurs génomes s'hybrident à plus de 70%

**Communément :**

- 2 bactéries appartiennent à la même espèce si leurs gènes d'ARN 16S présentent plus de 97% d'identité



# L'espèce *O. oeni*

**Décrite pour la première fois en 1967**

- Sur des critères phénotypiques

1. Collecte de souches de différents vins

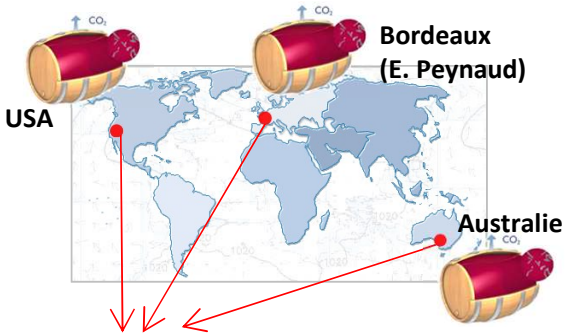



Table 1. *Source of cultures of Leuconostoc examined*

| Designation when received | Donor |
|---|---|
| Plince 3<br>St Caprais 105<br>Ducru Beaucaillon 6<br>Brane 33<br>Fourtet 1<br>Peyreau 1<br>Baudry 1<br>St Caprais 133<br>Fourtet 2<br>Grand Puy 3<br>Palmer 6<br>St Caprais 131<br>St Caprais 122 | E. Peynaud, Station Agronomique et Oenologique, Bordeaux, France |
| 12 A<br>16 A<br>45 B | F. Radler, C.S.I.R.O., Merbein, Australia |
| ML 25<br>ML 27<br>ML 34 | R. E. Kunkee, University of California |

2. Tests de croissance, tests biochimiques, comparaison avec les autres espèces connues



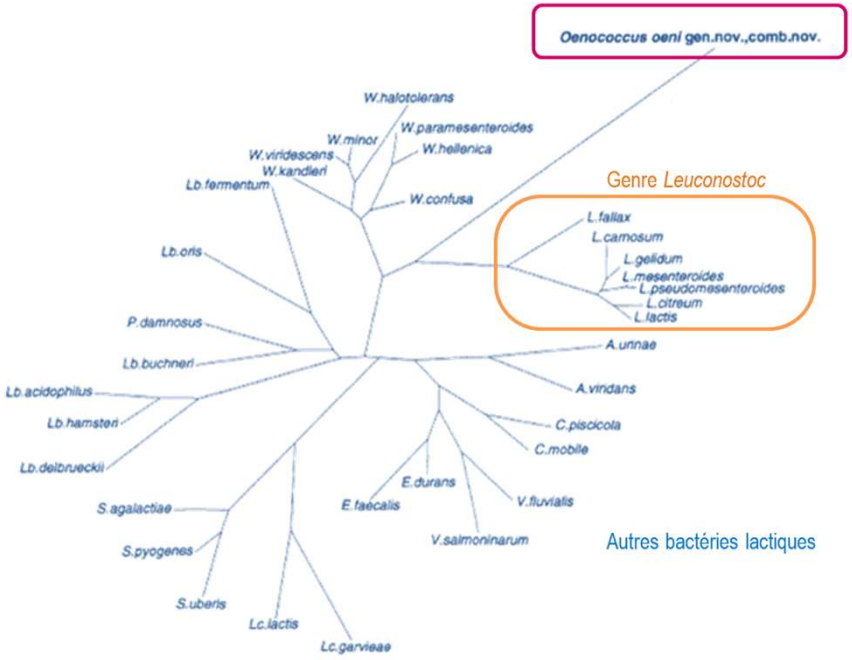


# L'espèce *O. oeni*

**Positionnées phylogénétiquement en 1995**

- D'après la séquence du gène de l'ARN 16S

Arbre phylogénétique basé sur la comparaison des séquences des gènes d'ARN 16S

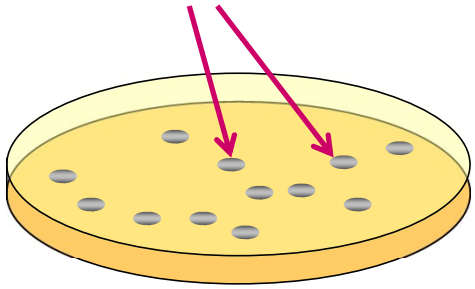


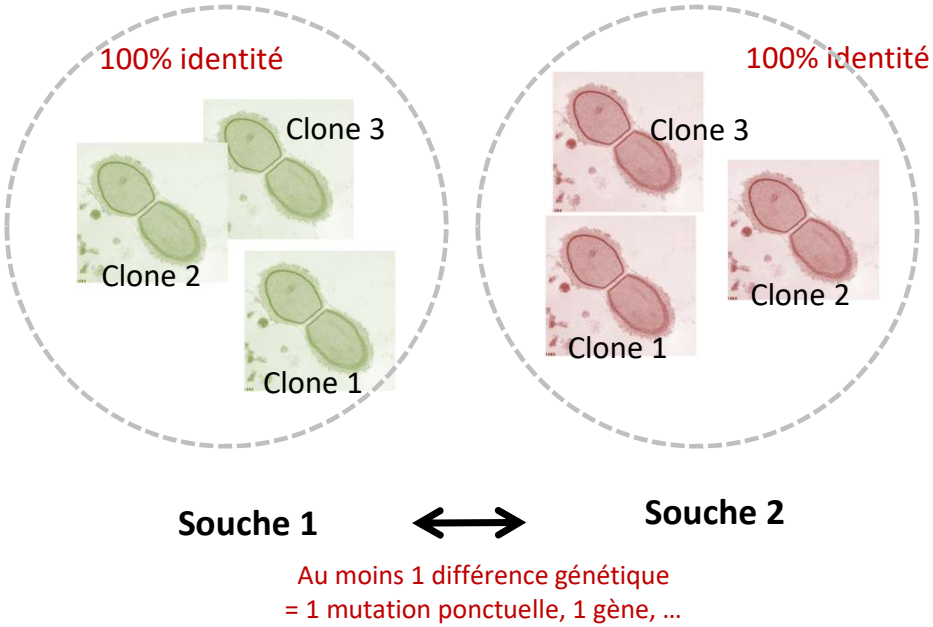

Référence :
Dicks L.M., Dellaglio F., Collins M.D. (1995) Proposal to reclassify *Leuconostoc oenos* as *Oenococcus oeni* [corrig.] gen. Nov., comb. Nov. Int J Syst Bacteriol 45: 395-7

# Une souche bactérienne : définition

**2 colonies de la même souche ?**

**ou 2 souches différentes ?**






- **Deux bactéries sont de la même souche** si leurs génomes sont strictement identiques. Ce sont des clones.
- **Souvent, deux bactéries de souches différentes** ont des propriétés phénotypiques différentes.

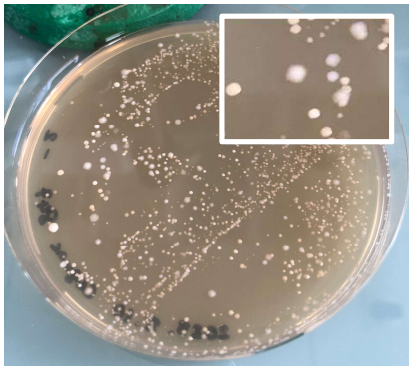
# Comment étudier la diversité de l'espèce ?

- **Collecter des souches**
- **Les analyser et comparer**

- **Pendant longtemps, on n'a eu que des méthodes de « microbiologie classique » pour les comparer**
  - Isolement de colonies bactériennes sur boite de Petri
  - Identification de l'espèce par PCR (PCR 16S, PCR spécifique)
  - Typage de souches par méthodes « fingerprint » (avec ou sans PCR)
  - Analyses phénotypiques



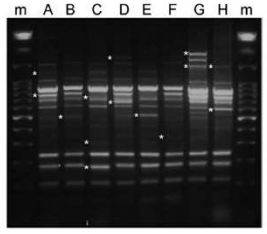

Echantillons



Isolement de colonies de BL



PCR « espèce »




Typage des souches

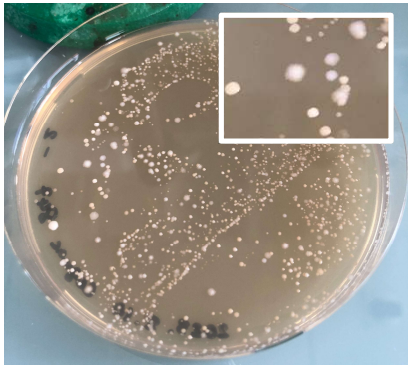
Analyses phénotypiques

# Comment étudier la diversité de l'espèce ?

- **Aujourd'hui :** on peut réaliser systématiquement des **analyses génomiques**



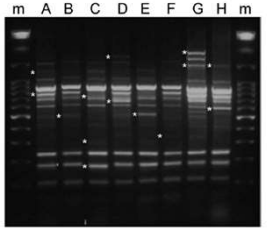

Echantillons



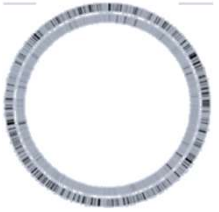
Isolement de colonies de BL



PCR « espèce »




Typage des souches



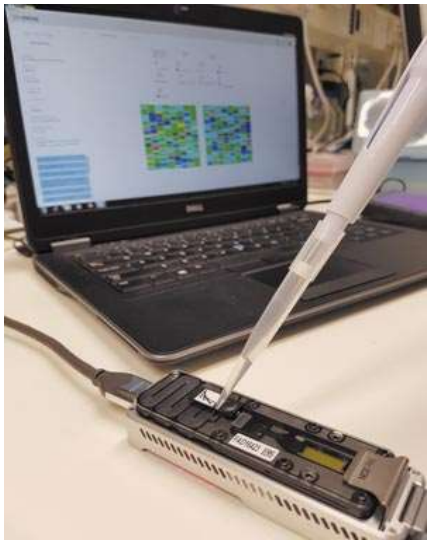
Analyses génomiques

# Quand est-il devenu « facile » de réaliser des analyses génomiques ?




**Séquenceur de type Sanger**

- Le seul disponible jusque vers 2005
- Très long
- Très couteux



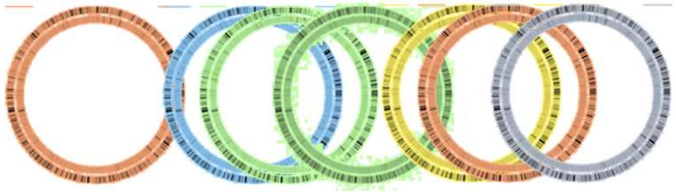
**Séquenceur de « nouvelles générations »**

- A partir de 2005
- Très rapide
- Peu couteux

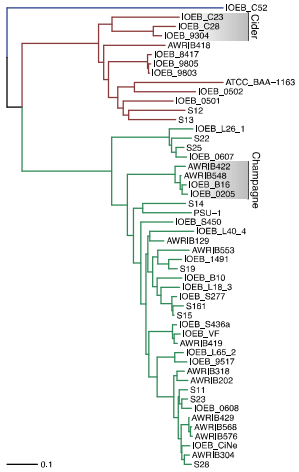
# Pourquoi comparer les génomes des souches d'une espèce ?

- **2 applications majeures**

Génomes de souches d'*O. oeni*



Construction d'arbres « phylogénomiques »



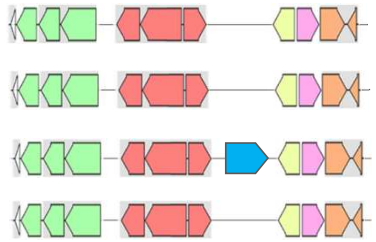

Identification de gènes d'intérêt

Souches *O. oeni* 1

Souches *O. oeni* 2

Souches *O. oeni* 3

Souches *O. oeni* 4



# Analyse de la diversité phylogénétique des souches d'*O. oeni*

- Préparation d'une **collection de souches d'*O. oeni***

- Isolement des **centaines de souches** de diverses origines
- **Séquençage des génomes**
- Construction d'**arbres phylogénomiques**

Vins, moûts, cidres, kombucha, différentes régions

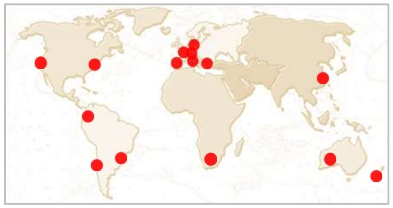






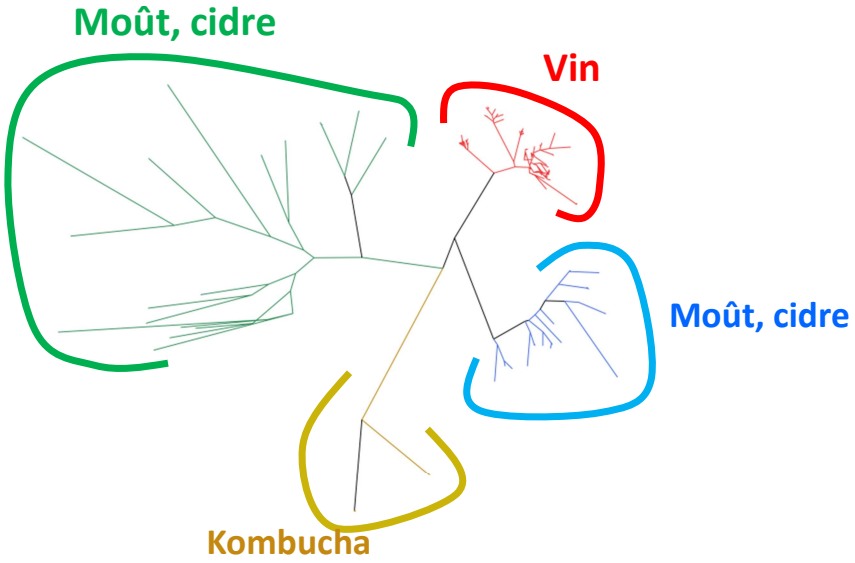




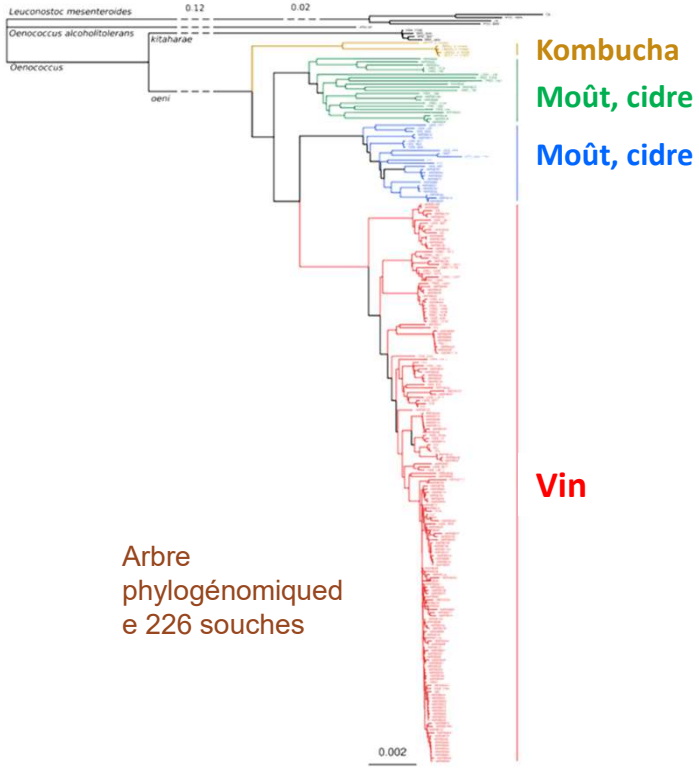



# Analyse de la diversité phylogénétique des souches d'*O. oeni*

- Les souches forment des lignées génétiques adaptées aux produits dans lesquels elles se développent




Maximum Likelihood from core genome SNP



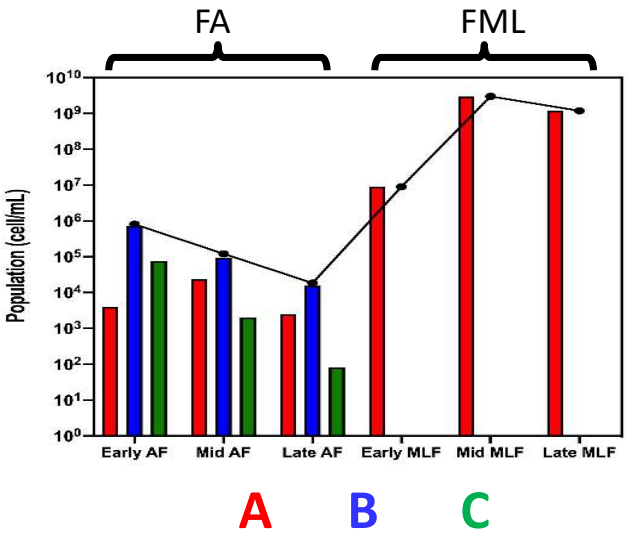

Arbre phylogénomiqued e 226 souches

# Analyse de la diversité phylogénétique des souches d'*O. oeni*

- Des souches de toutes les lignées sont présentes dans l'environnement naturel, puis dans le moût de raisin

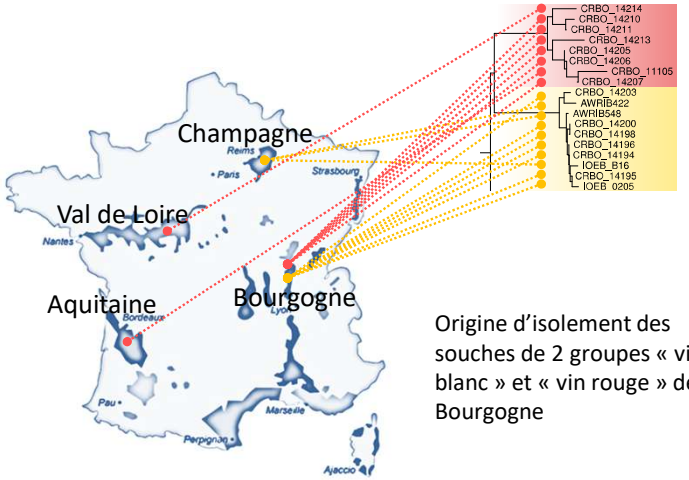
- Mais seules celles de la lignée « A » survivent lors de la fermentation alcoolique et se développent dans le vin.

Evolution des souches des lignées génétiques A, B, et C du moût à la FML



# Analyse de la diversité phylogénétique des souches d'*O. oeni*

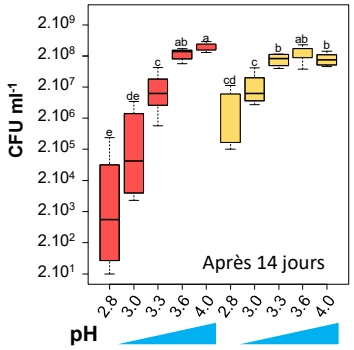
- Il existe des sous-lignées de souches adaptées à certains types de vins



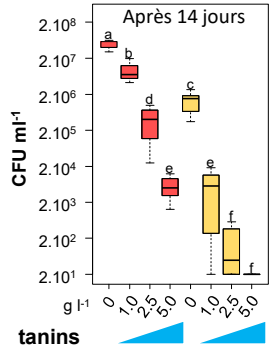

Origine d'isolement des souches de 2 groupes « vin blanc » et « vin rouge » de Bourgogne

- Les souches du groupe « Vin blanc » tolèrent bien l'acidité, mais pas les polyphénols (dans le vin)
- Les souches du groupe « vin rouge » tolèrent un peu moins bien l'acidité, mais parfaitement les polyphénols

Survie dans le moût en fonction du pH




Survie dans un vin rouge en fonction des tannins




Référence :
Breniaux, M., Dutilh, L., Petrel, M., Gontier, E., Campbell-Sills, H., Deleris Bou, M., Krieger, S., Teissedre, P.-L., Jourdes, M., Reguant, C., Lucas, P. Adaptation of two groups of *Oenococcus oeni* strains to red and white wines: the role of acidity and phenolic compounds. *J. Appl. Microbiol. En revision*

## Sommaire

1. *O. oeni* : une bactérie dans un milieu hostile

2. *O. oeni* : notions d'espèce et de souches

3. *O. oeni* : diversité génétique

4. *O. oeni* : domestication

# Comment est apparue la diversité des souches d'O. oeni ?

- **Il existe des souches œnologiques depuis que l'on fait du vin**

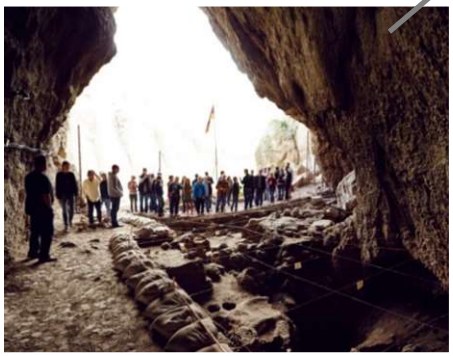
- La présence de levures et BL dans les productions alimentaires humaines a commencé avec la production des aliments fermentés. C'est-à-dire depuis la révolution agricole du Néolithique et la transition d'un mode de vie de chasseur-cueilleur à celui d'éleveur-cultivateur.  Vers -10,000.




NATIONAL GEOGRAPHIC

**2011. UCLA**

Pépins de raisin de vigne cultivée





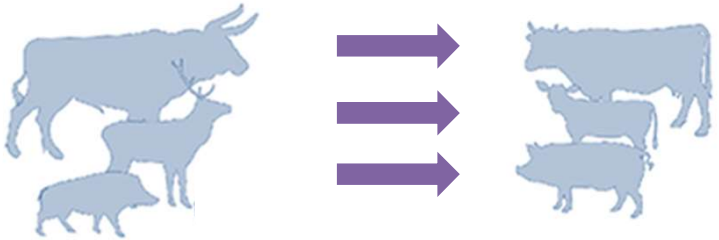
Presse à raisin
Cuves à vin

Le plus ancien « chai de vinification » connu (-6000)

# Comment est apparue la diversité des souches d'*O. oeni* ?

- Sont-elles **sauvages ou domestiquées** ?

**Domestication des animaux et des plantes**



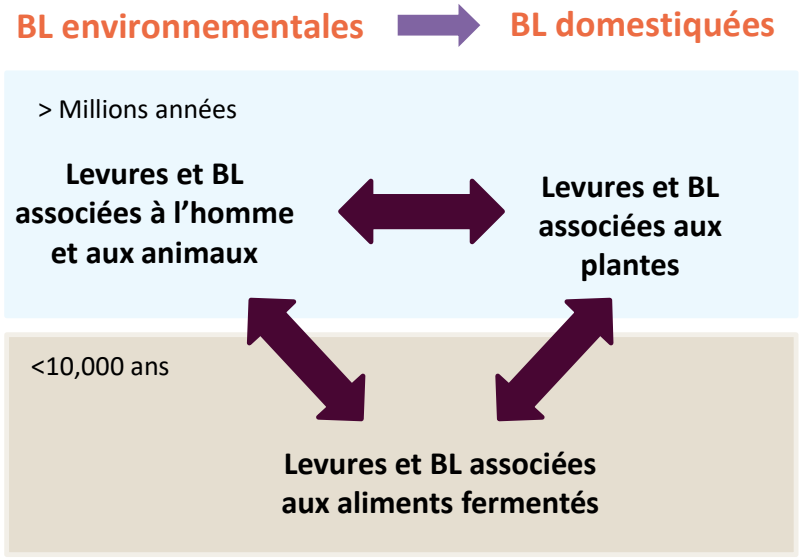
- **Une espèce domestiquée** est :

  « une espèce élevée en captivité et ainsi modifiée à l'écart de ses ancêtres sauvages, de manière à la rendre plus utile aux humains qui contrôlent sa reproduction et son alimentation ».

# Comment est apparue la diversité des souches d'*O. oeni* ?

- Les **microorganismes domestiqués** partagent plusieurs caractéristiques (Gallone et al. 2020) :

1. Ils sont **génétiquement séparés des lignées sauvages**, ce qui limite les échanges de gènes avec ces derniers.
2. Ils sont dépendants ou partiellement **spécifiques de l'environnement créé par l'homme**.
3. Ils montrent des signes de **réduction génomique**, c'est-à-dire des pertes de gènes non essentiels dans l'environnement artificiel où ils ont été domestiqués.
4. En s'adaptant à un seul type d'environnement, leur **diversité génétique est plus limitée que celle des lignées sauvages**.

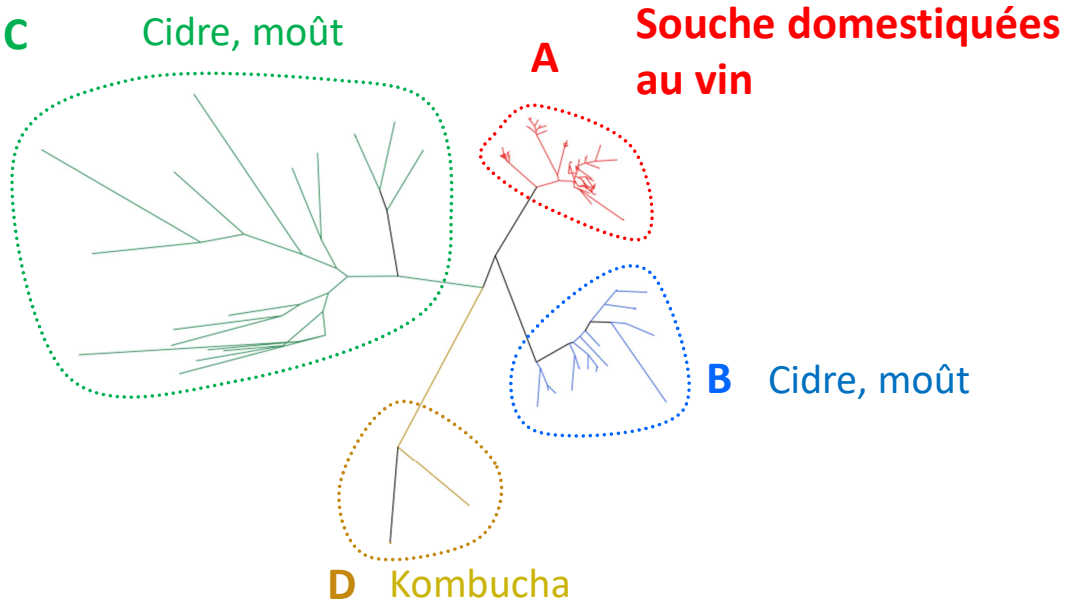




29

# Domestication d'*O. oeni* au vin : diversité génétique limitée

- Diversité génétique plus faible chez les souches adaptées au vin par rapport aux souches « environnementales »



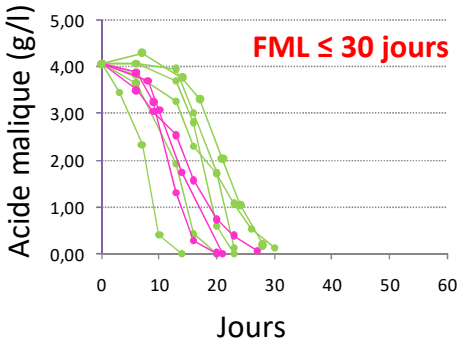

Lorentzen MP, Campbell-Sills H, Jorgensen TS, Nielsen TK, Coton M, Coton E, Hansen L, Lucas PM (2019) Expanding the biodiversity of *Oenococcus oeni* through comparative genomics of apple cider and kombucha strains. BMC Genomics 20: 330


30

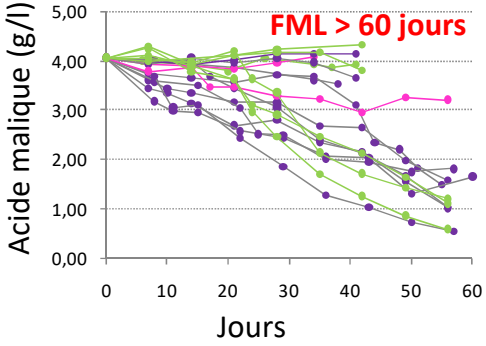
# Domestication d'*O. oeni* au vin : acquisition de gènes d'intérêt

- Exemple . Identification d'une « pompe à sulfites » chez les souches les mieux adaptées au vin

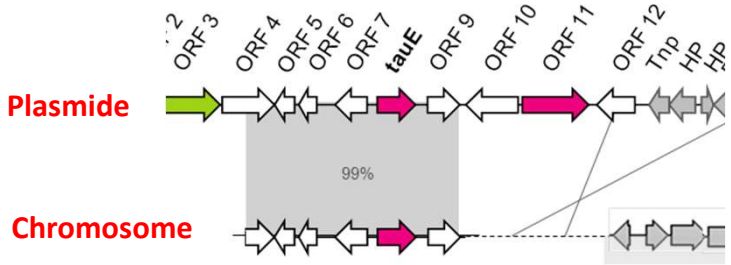
« Bonnes souches »



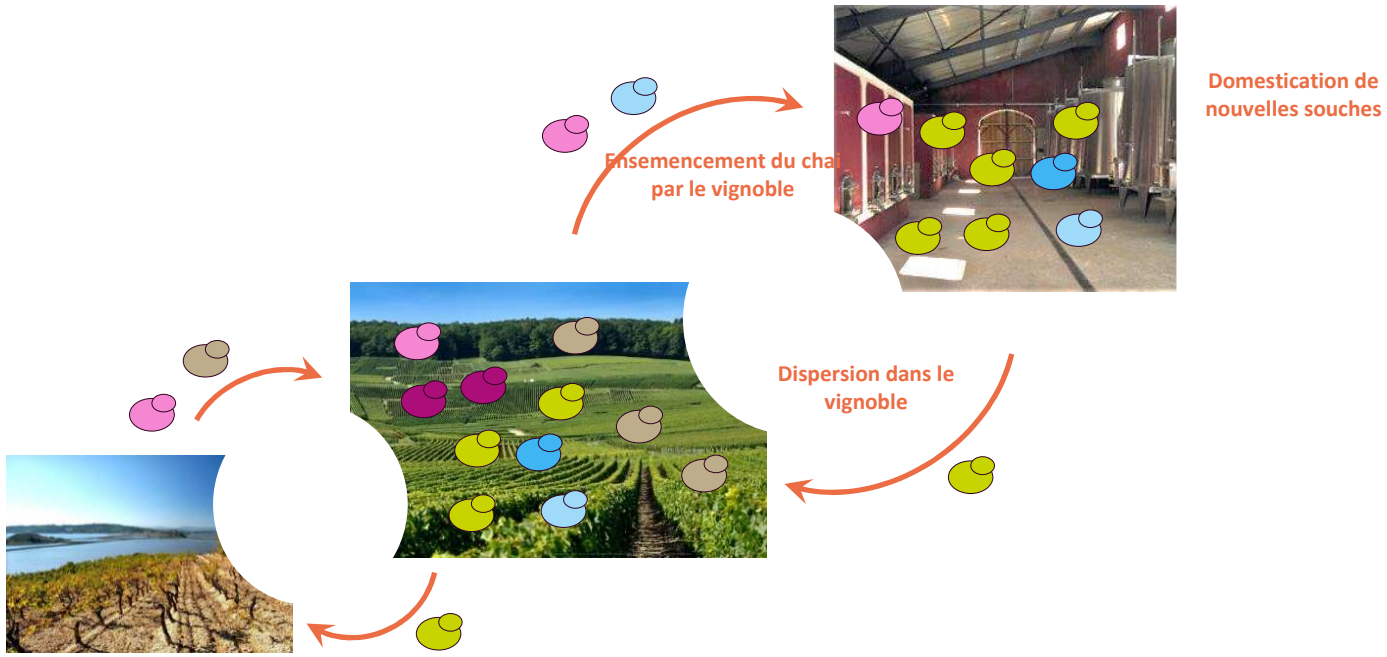

« Mauvaises souches »




Gènes d'une pompe à sulfites



# Domestication d'*O. oeni* au vin : comment apparaissent des nouvelles souches ?



## Conclusion

- Quand on étudie une espèce, il est utile de s'intéresser à la diversité des souches de l'espèce.
- L'espèce évolue.
- Mais elle n'évolue pas seule : rôle du « milieu », de l'activité humaine.
- Les données génomiques fournissent des informations cruciales.
- Mais attention, elles ne racontent pas tout : l'analyse phénotypique est nécessaire.