

# Les bactéries lactiques en œnologie

Hervé Alexandre

Cosette Grandvalet

Michèle Guilloux-Bénatier

Fabienne Remize-Barnavon

Raphaëlle Tourdot-Maréchal

Editions  
**TEC**  
& **DOC**

*Lavoisier*



# **Les bactéries lactiques en œnologie**



# Les bactéries lactiques en œnologie

Hervé Alexandre  
Cosette Grandvalet  
Michèle Guilloux-Bénatier  
Fabienne Remize-Barnavon  
Raphaëlle Tourdot-Maréchal



11, rue Lavoisier  
F-75008 Paris

## Chez le même éditeur

*Erysiphe Necator*

Collection « Monographies de microbiologie »

M.-F. Corio-Costet, 2007

*Manuel de viticulture*

A. Reynier, 10<sup>e</sup> édition, 2007

*L'œnologie*

C. Navarre, F. Langlade, 6<sup>e</sup> édition, 2006

*Le vin – Composition et transformations chimiques*

P. Taillandier, J. Bonnet, 2005

*Cépages et vignobles de France – Tome III, volume 1 : Méditerranée, Rhône-Alpes, Bourgogne, France-Comté, Alsace-Lorraine*

P. Galet, 2<sup>e</sup> édition, 2004

*Le vin – De l'analyse à l'élaboration*

D. Delanoë, C. Maillard, D. Maisondieu, 5<sup>e</sup> édition, 2001

*Droit des appellations d'origine et indications de provenance*

N. Olszak, 2001



© LAVOISIER, 2008  
ISBN : 978-2-7430-1041-6

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées dans le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 – art. L. 122-4 et L. 122-5 et Code pénal art. 425).

# Table des matières

## Partie 1

### Aspects scientifiques

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Introduction</b> ..... | 3 |
|---------------------------|---|

#### Chapitre 1

##### Le monde des bactéries lactiques du vin

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1. Cytologie .....                   | 5  |
| 1.1. Le cytoplasme .....             | 6  |
| 1.2. La membrane cytoplasmique ..... | 6  |
| 1.3. La paroi cellulaire .....       | 7  |
| 1.4. La reproduction .....           | 8  |
| 2. Taxonomie .....                   | 9  |
| 3. Écologie .....                    | 10 |

#### Chapitre 2

##### Métabolisme des bactéries lactiques

|  |    |
|--|----|
| 1. Métabolisme glucidique .....  | 13 |
| 1.1. La voie homofermentaire (ou voie d'Embden-Meyerhof-Parnas) .....    | 13 |
| 1.2. La voie hétérofermentaire (ou voie de la phosphocétolase) .....     | 14 |
| 1.3. Mécanismes de transport des glucides .....                          | 16 |
| 2. Métabolisme des acides organiques .....                               | 17 |
| 2.1. Acide L-malique .....   | 17 |
| 2.2. Acide citrique .....  | 20 |
| 2.3. Acide tartrique .....   | 27 |
| 3. Génération d'énergie métabolique à partir des acides organiques ..... | 28 |
| 3.1. Énergie générée par le métabolisme de l'acide malique .....         | 28 |
| 3.2. Énergie générée par le métabolisme de l'acide citrique .....        | 29 |
| 4. Métabolisme azoté .....   | 29 |
| 4.1. Métabolisme des acides aminés .....                                 | 29 |
| 4.2. Métabolisme des peptides et protéines .....                         | 36 |

#### Chapitre 3

##### Conditions de croissance et facteurs de stress

|  |    |
|--|----|
| 1. Les besoins nutritionnels .....             | 53 |
| 1.1. Sources de carbone utilisables .....      | 53 |
| 1.2. Auxotrophies pour les acides aminés ..... | 54 |
| 1.3. Besoins quantitatifs en azote .....       | 56 |

|  |    |
|--|----|
| 1.4. Exigences en vitamines et composants des acides nucléiques . . .                        | 58 |
| 1.5. Influence des minéraux . . . . .  | 59 |
| 1.6. Influence des lipides . . . . .   | 60 |
| 1.7. Conditions optimales de croissance . . . . .  | 60 |
| 2. Influence des facteurs de stress et mécanismes d'adaptation . . . . .                     | 62 |
| 2.1. Origines et conséquences biochimiques du stress . . . . .                               | 62 |
| 2.2. Un arsenal moléculaire contre le stress . . . . .                                       | 64 |
| 2.3. Mécanismes de régulation de l'expression génétique . . . . .                            | 67 |
| 3. Interactions entre les bactéries et les autres micro-organismes . . . . .                 | 70 |
| 3.1. Inhibition des bactéries lactiques par les levures du vin . . . . .                     | 71 |
| 3.2. Stimulation des bactéries lactiques par les levures . . . . .                           | 73 |
| 3.3. Inhibition des levures par les bactéries . . . . .                                      | 74 |
| 3.4. Influence des pratiques œnologiques sur les interactions<br>levures/bactéries . . . . . | 75 |
| 3.5. Conclusion . . . . .  | 76 |

#### *Chapitre 4*

### **Les altérations liées au développement des bactéries lactiques**

|   |    |
|---|----|
| 1. Production d'acides organiques . . . . .         | 86 |
| 1.1. Piqûre lactique . . . . .                      | 86 |
| 1.2. Tourne . . . . .                               | 87 |
| 2. Dégradation du glycérol . . . . .                | 87 |
| 3. Augmentation de la viscosité du vin . . . . .    | 88 |
| 4. Défauts olfactifs . . . . .                      | 90 |
| 4.1. Odeurs à caractère animal . . . . .            | 90 |
| 4.2. « Goût de souris » . . . . .                   | 91 |
| 4.3. Arôme de géranium . . . . .                    | 92 |
| 5. Production de composés non hygiéniques . . . . . | 93 |
| 5.1. Carbamate d'éthyle . . . . .                   | 93 |
| 5.2. Amines biogènes . . . . .                      | 94 |

#### *Partie 2*

### **Aspects œnologiques**

#### *Chapitre 5*

### **Identification et dénombrement des bactéries lactiques du vin**

|   |     |
|---|-----|
| 1. Intérêts œnologiques . . . . .                     | 103 |
| 2. Dénombrement . . . . .                             | 104 |
| 2.1. Techniques de microbiologie classique . . . . .  | 104 |
| 2.2. Dénombrement des bactéries viables . . . . .     | 108 |
| 3. Identification phénotypique . . . . .              | 113 |
| 3.1. Observation microscopique . . . . .              | 113 |
| 3.2. Isolement et identification en culture . . . . . | 114 |
| 3.3. Caractères biochimiques . . . . .                | 115 |

|  |     |
|--|-----|
| 4. Méthodes génotypiques d'identification et de typage ..... | 116 |
| 4.1. Extraction et purification de l'ADN .....               | 117 |
| 4.2. Hybridation d'acides nucléiques .....                   | 117 |
| 4.3. Typage par amplification .....                          | 119 |
| 4.4. Combinaison de techniques .....                         | 121 |
| 4.5. Séquençage .....  | 122 |
| 4.6. Perspectives .....                                      | 123 |

### Chapitre 6

#### La fermentation malolactique dans les vins

|  |     |
|--|-----|
| 1. Historique .....  | 127 |
| 2. Influence sur la composition et la qualité des vins .....         | 129 |
| 2.1. Modification de l'acidité du vin .....                          | 129 |
| 2.2. Modification de la couleur du vin .....                         | 130 |
| 2.3. Modification de la saveur du vin .....                          | 131 |
| 2.4. Modification de l'arôme du vin .....                            | 132 |
| 2.5. Stabilité microbienne du vin après fermentation malolactique .. | 134 |
| 3. Incidence des pratiques œnologiques .....                         | 135 |
| 3.1. Sulfitage .....   | 135 |
| 3.2. Température .....   | 136 |
| 3.3. Acidité .....   | 136 |
| 3.4. Éthanol .....   | 136 |
| 3.5. Oxygène .....   | 137 |
| 3.6. Techniques de vinification .....                                | 137 |

### Chapitre 7

#### Gestion de la FML

|   |     |
|---|-----|
| 1. Sélection des bactéries lactiques .....        | 141 |
| 1.1. Isolement des bactéries .....                | 141 |
| 1.2. Tests de sélection .....                     | 142 |
| 2. Les différents levains bactériens .....        | 144 |
| 3. Quand ensemercer ? .....                       | 147 |
| 3.1. Co-inoculation levures/bactéries .....       | 147 |
| 3.2. Inoculation en bactéries pendant la FA ..... | 149 |
| 3.3. Inoculation après la FA .....                | 149 |
| 4. Le contrôle de la FML .....                    | 150 |
| 5. Réussir une FML .....                          | 151 |
| 6. Méthodes alternatives .....                    | 151 |
| 6.1. Les levures désacidifiantes .....            | 152 |
| 6.2. Les levures recombinantes .....              | 152 |
| 6.3. Les bioréacteurs .....                       | 153 |

*Chapitre 8***Prévention et traitements des altérations**

|   |     |
|---|-----|
| 1. Prévention .....                                     | 157 |
| 1.1. Suivi de la fermentation malolactique .....        | 157 |
| 1.2. Mise en évidence des formes d'acide lactique ..... | 158 |
| 1.3. Produits de stabilisation microbienne .....        | 158 |
| 2. Traitements .....                                    | 159 |
| 2.1. Vis-à-vis des défauts olfactifs .....              | 159 |
| 2.2. Vis-à-vis de la viscosité .....                    | 160 |
| 2.3. Vis-à-vis des autres altérations .....             | 160 |
| <b>Index</b> .....                                      | 169 |



Contrairement aux autres étapes-clés de la vinification, la fermentation malolactique est une phase souvent mal connue et mal maîtrisée. Pourtant, les recherches conduites ces dernières années ont mis en évidence le rôle majeur des bactéries dans la qualité des vins et leur profil sensoriel.

Pour que cette phase ne soit plus subie mais contrôlée, **Les bactéries lactiques en œnologie** est le premier ouvrage à offrir une synthèse complète des données actuelles sur les bactéries du vin et la fermentation malolactique.

La première partie dresse l'inventaire des notions nécessaires à la compréhension du métabolisme des bactéries, des méthodes d'identification et des altérations liées au développement de certaines bactéries. Elle s'accompagne d'une bibliographie exhaustive qui permet au lecteur d'approfondir certains aspects développés dans le livre.

La seconde partie présente d'un point de vue pratique l'incidence des bactéries sur les qualités du vin, le contrôle de la fermentation malolactique et les conséquences liées à une mauvaise gestion de cette fermentation. De nombreuses situations pratiques sont décrites, de même qu'un éventail des problèmes rencontrés au cours de la fermentation malolactique. Les différentes stratégies pour réaliser cette fermentation sont enfin exposées.

**Les bactéries lactiques en œnologie** s'adresse à tous les spécialistes de la filière, œnologues, techniciens et scientifiques, ainsi qu'aux étu-

**Hervé Alexandre**

est œnologue, professeur d'œnologie à l'Institut universitaire de la vigne et du vin Jules Guyot de l'université de Bourgogne. Il est également recteur à l'union des œnologues de France.

**Michèle Guilloux-Bénatier**

est maître de conférences et directrice de l'Institut universitaire de la vigne et du vin Jules Guyot de l'université de Bourgogne.

**Raphaëlle Tourdot-Maréchal**

est maître de conférences à l'Institut universitaire de la vigne et du vin Jules Guyot de l'université de Bourgogne.

**Cosette Grandvalet et Fabienne Remize-Barnavon**

sont maîtres de conférences à l'École nationale supérieure de biologie appliquée à la nutrition et l'alimentation (Ensbana) de l'université de Bourgogne.

978-2-7430-1041-6



9 782743 010416