

**Yves Tourte**

2<sup>e</sup> CYCLE

# **Génie génétique et biotechnologies : concepts et méthodes**

**Applications à l'agronomie  
et aux bio-industries**



**DUNOD**

Yves Tourte

# GÉNIE GÉNÉTIQUE ET BIOTECHNOLOGIES : CONCEPTS ET MÉTHODES

Cet ouvrage s'adresse aux étudiants de second cycle en biologie, biochimie, biologie cellulaire et physiologie, biologie des organismes, ainsi qu'aux candidats aux concours de l'enseignement secondaire. Il pourra également être utilisé avec profit par les élèves des classes préparatoires aux grandes écoles agronomiques et vétérinaires.

L'auteur présente de façon claire et synthétique les grands principes et concepts à la base du génie génétique et des biotechnologies, et met l'accent sur leurs multiples applications dans les domaines de l'agronomie, de l'agro-alimentaire et des bio-industries.

S'agissant d'une discipline en pleine évolution dont les premiers résultats commencent à entrer dans notre quotidien, les exemples sont nombreux et concrets, illustrés de schémas. Les exercices corrigés permettent à l'étudiant de contrôler ses acquis.

YVES TOURTE

est professeur à  
l'université de Poitiers.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

PHYSIQUE APPLIQUÉE

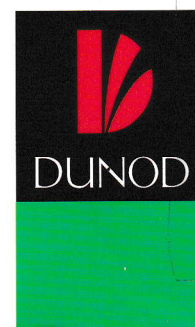
INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA NATURE  
ET DE LA VIE



9 782100 039890

ISBN 2 10 003989 X  
Code 043989



|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Avant-propos</b>                                                          | <b>1</b>  |
| <b>Introduction</b>                                                          | <b>3</b>  |
| <b>Chapitre 1 – Rappel de quelques notions de base en biologie</b>           | <b>5</b>  |
| <b>1.1. Notions de base en biologie et physiologie végétales</b>             | <b>5</b>  |
| 1.1.1. Panorama des êtres vivants et place des végétaux                      | 5         |
| 1.1.1.1. Les grandes divisions du monde vivant                               | 5         |
| 1.1.1.2. Une définition des végétaux                                         | 6         |
| 1.1.1.3. Les frontières du règne végétal                                     | 6         |
| 1.1.1.4. Les grands groupes végétaux et les biotechnologies                  | 8         |
| 1.1.2. La croissance et le développement des plantes                         | 10        |
| 1.1.2.1. Les programmes ontogéniques                                         | 10        |
| 1.1.2.2. L'édification de l'appareil végétatif                               | 11        |
| 1.1.3. La reproduction des plantes                                           | 22        |
| 1.1.3.1. Les modalités                                                       | 22        |
| 1.1.3.2. La reproduction sexuée des plantes                                  | 23        |
| 1.1.3.3. La reproduction asexuée                                             | 40        |
| 1.1.3.4. La multiplication végétative                                        | 40        |
| <b>1.2. Rappel des notions de base en agronomie</b>                          | <b>42</b> |
| 1.2.1. Plantes sauvages et plantes cultivées                                 | 42        |
| 1.2.2. Agriculture et agronomie                                              | 42        |
| 1.2.3. Les missions de l'agriculture                                         | 44        |
| 1.2.3.1. L'environnement de la plante                                        | 44        |
| 1.2.3.2. L'exploitation des potentialités de la plante                       | 46        |
| 1.2.3.3. La protection des plantes, des cultures<br>et de leur environnement | 52        |
| 1.2.3.4. La valorisation des cultures                                        | 55        |
| <b>1.3. Notions de base en biologie cellulaire et moléculaire</b>            | <b>57</b> |
| 1.3.1. L'information dans la cellule                                         | 57        |
| 1.3.1.1. Information génétique, ADN et chromatine                            | 57        |
| 1.3.1.2. L'entité d'information génétique : le gène                          | 59        |
| 1.3.1.3. Les différents types de gènes                                       | 62        |
| 1.3.2. La maîtrise de l'information génétique                                | 64        |
| 1.3.2.1. La plasticité de la molécule d'ADN                                  | 64        |
| 1.3.2.2. Les banques d'ADN                                                   | 66        |
| 1.3.2.3. La cartographie des génomes                                         | 72        |

|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Chapitre 2 – Les biotechnologies végétales et le génie génétique</b>                       | <b>79</b>  |
| <b>2.1. Une science récente mais une complicité avec l'agriculture déjà très fructueuse</b>   | <b>79</b>  |
| <b>2.2. La culture in vitro</b>                                                               | <b>80</b>  |
| 2.2.1. Les cultures d'organes et de tissus in vitro                                           | 80         |
| 2.2.2. La culture in vitro des méristèmes                                                     | 83         |
| 2.2.2.1. Les applications phytosanitaires                                                     | 84         |
| 2.2.2.2. La « micropropagation »                                                              | 84         |
| 2.2.2.3. Les caractéristiques cellulaires du développement                                    | 86         |
| 2.2.3. La culture des cellules végétales                                                      | 89         |
| 2.2.3.1. D'Haberlandt à Steward                                                               | 89         |
| 2.2.3.2. Les semences artificielles                                                           | 91         |
| 2.2.3.3. Les applications pratiques des cultures de cellules isolées                          | 92         |
| 2.2.4. Les protoplastes                                                                       | 92         |
| 2.2.4.1. L'obtention des protoplastes                                                         | 93         |
| 2.2.4.2. La fusion des protoplastes                                                           | 95         |
| 2.2.4.3. Hybrides somatiques et cybrides                                                      | 96         |
| 2.2.4.4. Intérêt pratique de la culture des protoplastes                                      | 97         |
| 2.2.5. La culture in vitro des haploïdes                                                      | 98         |
| 2.2.5.1. Principes                                                                            | 98         |
| 2.2.5.2. L'androgenèse                                                                        | 98         |
| 2.2.5.3. La gynogenèse                                                                        |            |
| 2.2.5.4. Intérêts des haploïdes en agronomie                                                  |            |
| <b>2.3. Le transfert de gènes chez les végétaux</b>                                           | <b>103</b> |
| 2.3.1. Une pratique aussi « vieille » que la vie                                              | 103        |
| 2.3.2. La maladie de la galle du collet et la transgenèse naturelle                           | 104        |
| 2.3.2.1. Les manifestations de cette maladie                                                  | 104        |
| 2.3.2.2. La cartographie du plasmide Ti                                                       | 104        |
| 2.3.3. La transgenèse dirigée                                                                 | 107        |
| 2.3.3.1. La transformation indirecte                                                          | 107        |
| 2.3.3.2. Les mutations par insertion d'ADN-T                                                  | 118        |
| 2.3.3.3. Méthodes directes de transformation génétique                                        | 118        |
| <b>2.4. Biotechnologies végétales et autres biotechnologies</b>                               | <b>125</b> |
| <b>Chapitre 3 – Biotechnologies et génie génétique appliqués</b>                              | <b>129</b> |
| <b>3.1. Quelques exemples d'impact des biotechnologies et du génie génétique en agronomie</b> | <b>129</b> |
| 3.1.1. Problèmes de choix et d'évaluation                                                     | 129        |
| 3.1.2. Les plantes concernées par les biotechnologies                                         | 130        |
| 3.1.3. La plante entière et ses organes                                                       | 131        |

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.1.4. Les grandes voies métaboliques                                   | 134        |
| 3.1.4.1. La voie des acides gras                                        | 134        |
| 3.1.4.2. La voie des isoprènes                                          | 137        |
| 3.1.4.3. La nutrition azotée de la plante                               | 143        |
| 3.1.4.4. Quelques autres voies métaboliques                             | 144        |
| 3.1.5. Résistances et phytoprotection                                   | 144        |
| 3.1.5.1. Un problème important pour l'agriculture                       | 144        |
| 3.1.5.2. La résistance aux herbicides                                   | 145        |
| 3.1.5.3. L'identification des pathogènes                                | 146        |
| 3.1.5.4. La résistance des plantes aux virus                            | 148        |
| 3.1.5.5. La résistance aux insectes                                     | 149        |
| 3.1.5.6. La résistance aux Mycophytes                                   | 150        |
| 3.1.6. Marquage moléculaire et amélioration des plantes                 | 150        |
| 3.1.7. En guise de bilan très provisoire                                | 151        |
| <b>3.2. Les biotechnologies végétales et les bioindustries</b>          | <b>152</b> |
| 3.2.1. Rapide panorama des bioindustries                                | 152        |
| 3.2.2. Les biotechnologies végétales et l'industrie agro-alimentaire    | 155        |
| 3.2.2.1. Les industries des glucides                                    | 155        |
| 3.2.2.2. Les industries des lipides                                     | 157        |
| 3.2.2.3. Les protéines                                                  | 157        |
| 3.2.2.4. Les arômes et parfums                                          | 158        |
| 3.2.3. Les biotechnologies et l'industrie des fibres                    | 159        |
| 3.2.4. Les biotechnologies végétales et le secteur de la santé          | 161        |
| 3.2.5. Les biotechnologies végétales et l'environnement                 | 164        |
| 3.2.6. Les biotechnologies et le secteur des énergies                   | 166        |
| 3.2.7. En guise de bilan très provisoire                                | 167        |
| <b>Chapitre 4 – Les biotechnologies végétales et la bioéthique</b>      | <b>169</b> |
| <b>4.1. Une évaluation des risques</b>                                  | <b>169</b> |
| 4.1.1. La transmission des transgènes par l'alimentation                | 170        |
| 4.1.2. Le comportement du transgène<br>dans son nouvel environnement    | 171        |
| 4.1.3. Flux et dissémination des transgènes                             | 172        |
| 4.1.4. L'apparition de résistances                                      | 172        |
| 4.1.5. La propriété des plantes transformées                            | 173        |
| <b>4.2. Une évaluation des avantages</b>                                | <b>174</b> |
| 4.2.1. Un remarquable outil de connaissance                             | 174        |
| 4.2.2. Une agriculture productive<br>et respectueuse de l'environnement | 175        |
| 4.2.3. Des débouchés industriels mieux ciblés                           | 176        |
| <b>4.3. Les dispositions réglementaires</b>                             | <b>177</b> |

**Conclusion**

*L'avenir des biotechnologies et du génie génétique  
chez les végétaux*

**Exercices commentés**

*Quelques éléments de réponses*

**Glossaire**

**Index**

18

18

18

18

20

20