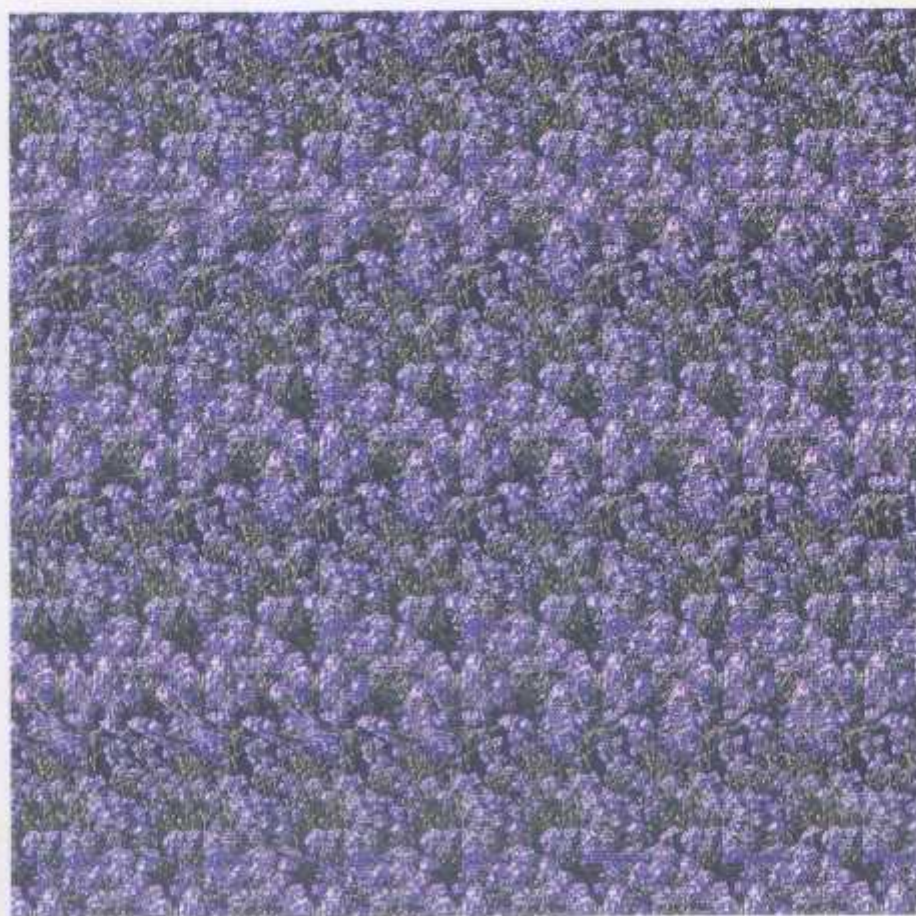


Synthèses

# Génétique moléculaire des plantes

F. Samouelian, V. Gaudin, M. Boccara



éditions  
Quæ

BL526

# Génétique moléculaire des plantes

Frank Samouelian, Valérie Gaudin et Martine Boccara

057172



# Table des matières

Avant-propos .....	5
Table des matières .....	9
Remerciements .....	13
<b>Quelques espèces de référence</b> .....	15
<i>Arabidopsis thaliana</i> .....	15
<i>Medicago truncatula</i> .....	16
<i>Oriza sativa</i> .....	16
<i>Populus trichocarpa</i> .....	17
<i>Triticum sp.</i> .....	17
<i>Vitis vinifera</i> .....	18
<i>Zea maïs</i> .....	18
<b>Fil rouge : biosynthèse des anthocyanes</b> .....	21
Généralités .....	21
Structure des anthocyanes .....	21
Voie de biosynthèse .....	22
Gènes .....	22

## I. LES GÉNOMES VÉGÉTAUX

<b>1. Génomes cytoplasmiques</b> .....	27
Génome plastidial .....	27
Généralités .....	27
Structure de l'ADN chloroplastique .....	28
Expression des gènes chloroplastiques .....	30
Génome mitochondrial .....	31
Généralités .....	31
Taille et évolution .....	32
Organisation .....	32
Expression des gènes mitochondriaux .....	33

<b>2. Génome nucléaire</b> .....	37
Organisation du génome .....	37
Structure des chromosomes .....	37
Notion de ploïdie .....	39
Du chromosome au nucléosome .....	41
Notion d'hétérochromatine et d'euchromatine .....	41
Unité de base de la chromatine .....	43
Caractéristiques du génome nucléaire .....	44
Taille du génome nucléaire .....	44
Nombre de gènes .....	44
Organisation des séquences nucléiques d'un génome .....	45
Séquences répétées en tandem .....	46
Séquences répétées dispersées .....	48
<b>3. Éléments mobiles</b> .....	51
Deux grandes classes d'éléments mobiles .....	51
Les transposons .....	54
Caractéristiques .....	54
Les éléments <i>Ac</i> et <i>Ds</i> .....	57
éléments <i>En1</i> ou <i>Spm/dSpm</i> .....	58
Les rétrotransposons .....	58
Rétrotransposons à LTR .....	58
Rétrotransposons sans LTR .....	60
<b>4. Régulation génique</b> .....	63
Régulation transcriptionnelle .....	64
Séquences régulatrices en cis de l'unité transcriptionnelle .....	65
Facteurs de transcription .....	67
Méthylation de l'ADN .....	69
Code des histones .....	74
Régulation post-transcriptionnelle .....	77
Historique de la PTGS .....	78
Mécanisme et acteurs de la PTGS .....	80
Rôle de l'interférence par l'ARN .....	82
Régulation par les microARN .....	83
Une troisième classe de petits ARN, les ta-siARN .....	87
TGS et PTGS, deux mondes assez proches .....	88

## II. OUTILS DE LA GÉNÉTIQUE MOLÉCULAIRE VÉGÉTALE

<b>5. Transgénèse végétale</b> .....	91
Transgénèse naturelle par conjugaison interspécifique .....	92
<i>Agrobacterium</i> , une bactérie phytopathogène .....	92
Structure du plasmide Ti .....	95
Mécanisme moléculaire du transfert génétique .....	102

Analogies avec la conjugaison bactérienne .....	109
Modalités de la transgénèse expérimentale .....	109
Constructions .....	110
Transformation via <i>Agrobacterium tumefaciens</i> .....	113
Transformation par transfert direct .....	116
Transformation de l'ADN chloroplastique .....	116
Variabilité des niveaux d'expression entre plantes transgéniques .....	118
<b>6. Mutagenèse</b> .....	121
Mutations et mutants .....	121
Quelques rappels .....	121
Différents types de mutations .....	122
Caractérisation d'un mutant .....	124
Mutagenèse et génétique classique .....	124
Mutagenèse chimique .....	124
Mutagenèse physique .....	125
Mutagenèse insertionnelle .....	127
Collections de mutants d'insertion .....	134
Méthode du Tilling .....	134
Mutagenèse et génétique inverse .....	134
Inactivation génique ciblée .....	137
Inactivation par l'interférence par l'ARN .....	137
Inactivation par l'intermédiaire de virus .....	138
<b>7. Cartographie moléculaire</b> .....	141
Marqueurs génétiques moléculaires .....	142
Catégories de marqueurs génétiques moléculaires .....	144
Marqueurs RFLP, détectables par la technique de Southern .....	144
Marqueurs monocus détectables par PCR .....	146
Marqueurs multilocus détectables par PCR .....	148
Marqueurs microsatellites .....	151
Cartes génétiques .....	153
Principe de l'analyse génétique chez les plantes .....	153
Types de populations .....	154
Principe de l'établissement des cartes génétiques avec des marqueurs moléculaires .....	158
Caractéristiques des cartes génétiques .....	158
Exemples de cartes génétiques .....	160
Cartes physiques .....	161
Principe de l'élaboration des cartes physiques .....	161
Banques génomiques .....	161
Criblage de banques et ordonnancement des clones .....	164
Utilisation de la cytogénétique en cartographie .....	164
Applications des cartes de marqueurs moléculaires .....	165
Analyse phylogénétique et synténie .....	165
Sélection assistée par marqueurs .....	167

Clonage positionnel .....	168
Caractérisation de QTL .....	172
<b>Conclusion</b> .....	175
<b>Annexe 1. Notions de biologie végétale</b> .....	177
Cycle biologique des plantes à fleur .....	178
La fleur .....	178
Gamétophyte femelle .....	178
Gamétophyte mâle .....	179
Double fécondation .....	179
Embryogenèse .....	180
Germination de la graine .....	180
Quelques particularités végétales .....	180
Spécificités cytologiques .....	180
Méristèmes des végétaux .....	182
Hormones végétales et facteurs environnementaux .....	182
Totipotence végétale .....	183
Autogamie et allogamie .....	183
Quelques spécificités des monocotylédones et des dicotylédones .....	183
<b>Annexe 2. Mitose et méiose</b> .....	185
Cycle cellulaire et mitose .....	185
Méiose .....	185
<b>Annexe 3. Notions de génétique mendélienne</b> .....	189
Lois de Mendel .....	189
Première Loi de Mendel .....	189
Deuxième loi de Mendel .....	190
Liaison génétique, recombinaison et distance génétique .....	190
<b>Annexe 4. Expression des gènes eucaryotes</b> .....	193
Éléments régulateurs en <i>cis</i> de l'unité transcriptionnelle .....	193
Relation séquence nucléique – séquence peptidique .....	194
Régulations post-traductionnelles .....	197
<b>Références bibliographiques</b> .....	199
<b>Liste des abréviations</b> .....	205
<b>Index</b> .....	207

La diversité et la richesse adaptatives du monde végétal, ainsi que son importance pour la biosphère font des plantes un sujet d'étude très important tant en recherche fondamentale que pour l'agronomie et l'environnement.

Depuis les lois de la génétique de Gregor Mendel au XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'aux mécanismes épigénétiques récemment mis en évidence, en passant par la découverte des transposons par Barbara McClintock, les plantes ont accompagné l'histoire de la biologie en contribuant largement à la connaissance du vivant. Grâce au développement des outils de génomique (techniques de clonage, séquençage, cartographie, prédictions et annotations des génomes, principalement) et à l'émergence de plantes de référence comme l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*), la génétique moléculaire végétale a pris un essor considérable.

Cet ouvrage offre au lecteur un panorama de la génétique moléculaire végétale afin de mieux suivre et appréhender les évolutions de ce domaine. Dans une première partie, il décrit des génomes végétaux et aborde les aspects les plus récents de la régulation de leur expression. Dans la seconde partie, les méthodologies qui ont conduit à ces connaissances - transgénèse, mutagenèse, cartographie - sont présentées.

Pédagogique et largement illustré, ce livre s'adresse à un lectorat scientifique très large : étudiants des universités, enseignants en biologie et biotechnologies, voire toute personne curieuse de ces sujets et ayant quelques bases de biologie générale.

**Martine Boccara**, docteur ès sciences de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris), professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, étudie les modifications génétiques et épigénétiques lors d'interactions plantes-pathogènes.

**Valérie Gaudin**, ancienne élève de l'ENS Ulm-Sèvres, docteur ès sciences de l'Université Paris XI, chargée de recherches à l'Inra de Versailles, étudie la dynamique de la chromatine chez les végétaux.

**Frank Samouelian**, agrégé de biochimie et génie biologique est ancien professeur à l'École nationale de chimie physique-biologie (ENCPB) à Paris.

En couverture : Stéréogramme donnant l'impression d'un champ fleuri. En vision stéréoscopique, l'image virtuelle en trois dimensions de deux demi-cercles rappelle la structure en double hélice de l'ADN. Cette image spatiale se veut une métaphore de l'information épigénétique « cachée » dans l'information génétique. Stéréogramme réalisé par F. Samouelian.

éditions  
**Quæ**

Éditions Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra  
www.quae.com

Prix : 35 €

ISBN : 978-2-7592-0294-2



ISSN : 1777-4624  
Réf. : 02119