

# Sciences de la Vie et de la Terre

Préparation aux concours  
(Grandes Écoles, CAPES, Agrégation)

## **BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE**

### **1**

Cycle, différenciation et mort cellulaire  
chez les Animaux et les Végétaux

Jean CLOS  
Marc COUMANS  
Yves MULLER



BL 273/4

# BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE

Cycle, différenciation et mort cellulaire  
chez les Animaux et les Végétaux



**Jean Clos**

Professeur à l'université Montpellier 2  
Département de Biochimie-Physiologie

**Marc Coumans**

Maitre de conférences à l'université Montpellier 2  
Département de Biochimie-Physiologie

**Yves Muller**

PRAG à l'université Montpellier 2-Nîmes  
Département de Biochimie-Physiologie

25110

$\frac{4}{10}$



# Table des matières

<b>PARTIE 1. LES IDÉES ESSENTIELLES</b>	<b>9</b>
<b>1. Le cycle cellulaire</b>	<b>11</b>
1.1. L'importance biologique de la division cellulaire	12
1.1.1. Chez les Animaux	12
1.1.2. Chez les Végétaux	26
1.2. Les étapes du cycle cellulaire	36
1.2.1. Chez les Animaux	36
1.2.2. Chez les Végétaux	42
1.3. La régulation intrinsèque du cycle cellulaire : rôle des cyclines et des kinases	50
1.3.1. Chez les Animaux	50
1.3.2. Chez les Végétaux supérieurs	58
1.4. Le contrôle de la division cellulaire par l'environnement cellulaire	62
1.4.1. Chez les Animaux	62
1.4.2. Chez les Végétaux	70
<b>2. La différenciation cellulaire</b>	<b>78</b>
2.1. Les caractéristiques structurales et fonctionnelles de la différenciation et son importance biologique	79
2.1.1. Chez les Animaux	79
2.1.2. Chez les Végétaux	89
2.2. Le déterminisme moléculaire de la différenciation cellulaire	98
2.2.1. Chez les Animaux	98
2.2.2. Chez les Végétaux	118
2.3. Le contrôle de la différenciation par l'environnement cellulaire	122
2.3.1. Chez les Animaux	122
2.3.2. Chez les Végétaux	133
<b>3. La mort cellulaire programmée</b>	<b>145</b>
3.1. Chez les Animaux	146
3.1.1. Importance biologique d'une autodestruction au cœur de l'organisme vivant	146
3.1.2. Apoptose et nécrose : des modifications ultrastructurales et fonctionnelles différentes	152
3.1.3. La mitochondrie : chef d'orchestre des mécanismes moléculaires de l'apoptose	155

3.1.4. Les « arbitres » intracellulaires de l'apoptose : les protéines anti-apoptotiques et pro-apoptotiques de la famille Bcl-2	163
3.1.5. Le contrôle de l'apoptose par des facteurs extracellulaires	174
3.2. Chez les Végétaux	180
3.2.1. Quelques généralités sur l'implication de la mort cellulaire programmée dans l'édification et la sénescence de la plante	180
3.2.2. Quelques événements de la mort cellulaire programmée au cours du développement de la plante	182
3.2.3. Les caractéristiques structurales et fonctionnelles de la mort cellulaire programmée : comparaison avec les cellules animales	186
3.2.4. Le déterminisme génétique de la mort cellulaire programmée ontogénétique	192
3.2.5. Le contrôle de la mort cellulaire programmée par l'environnement intra- et extracellulaire	195
<b>PARTIE 2. LES FAITS SCIENTIFIQUES</b>	<b>197</b>
<b>1. Le cycle cellulaire</b>	<b>199</b>
1. La mise en évidence dans les années 57-58 de la conservation de l'information génétique au cours de la réplication de l'ADN par Meselson et Stahl (sur une bactérie) et par Taylor (sur des racines de plantules)	199
2. La découverte dans les années 70-80 du MPF ( <i>Maturation/Mitosis Promoting Factor</i> ) dans l'ovocyte de Xénope	204
3. La mise en évidence dans les années 70 des gènes impliqués dans la transition G1/S sur les mutants thermosensibles d'une levure bourgeonnante <i>Saccharomyces cerevisiae</i> et dans la transition G2/M sur les mutants thermosensibles d'une levure fissipare <i>Schizosaccharomyces pombe</i>	207
4. Régulation spatio-temporelle des cyclines mitotiques de type B par les phytohormones pendant le développement du Lupin jaune	209
5. Continuité vasculaire et signaux auxiniques	211
6. Les techniques d'étude du cycle cellulaire chez les plantes en cultures synchrones	214
<b>2. La différenciation</b>	<b>218</b>
1. L'apport de l'hybridation soustractive et des mutations <i>knock out</i> dans la mise en évidence de relations hiérarchiques et de redondances fonctionnelles entre les facteurs myogéniques	218
2. Mise en évidence du rôle du récepteur nucléaire TR $\alpha$ 1 (proto-oncogène <i>c-erbA</i> ) de la triiodothyronine sur la détermination du phénotype « neuronal » et « chromaffine » du précurseur des crêtes neurales respectivement induit par le NGF et les corticostéroïdes	220

3.	Un exemple d'interaction cellulaire : la mise en évidence <i>in situ</i> et en culture du rôle joué par la cellule granulaire dans la différenciation de la cellule de Purkinje du cervelet. Importance relative de l'hormone thyroïdienne et de la neurotrophine 3	223
4.	Les techniques de réassociation ADN/ADN et ADN/ARN et leurs développements chez les Végétaux	230
<b>3.</b>	<b>La mort cellulaire</b>	<b>234</b>
1.	La découverte des gènes impliqués dans la mort cellulaire programmée chez le nématode <i>Caenorhabditis elegans</i>	234
2.	La mise en évidence en culture du rôle des neurotrophines dans le contrôle de la mort neuronale programmée : étude sur le modèle « cervelet »	237
3.	Le rôle des espèces réactives de l'oxygène (ERO) dans l'induction de la mort cellulaire programmée lors de la réponse hypersensible (RH) aux pathogènes chez les Végétaux	241
	<b>PARTIE 3. ENTRAÎNEMENT</b>	<b>245</b>
<b>1.</b>	<b>Corrigés et propositions de plans</b>	<b>247</b>
	Sujet 1. Les kinases	247
	Sujet 2. Un exemple de cellule différenciée : l'ovocyte	252
	Sujet 3. Un exemple de cellule différenciée : le neurone	257
	Sujet 4. Un exemple de cellule différenciée : l'hématie	268
	Sujet 5. La mitochondrie	274
	Sujet 6. Le vieillissement cellulaire	276
	Sujet 7. Les cellules souches	277
	Sujet 8. Le renouvellement cellulaire	278
	Sujet 9. Oncogènes et cancers	279
	Sujet 10. La division cellulaire chez les Eucaryotes	280
	Sujet 11. Voies de communication intercellulaires à courte et longue distance chez les plantes supérieures	281
	Sujet 12. Fécondation et compatibilité chez les Végétaux supérieurs	284
	Sujet 13. Fonctionnement cellulaire et moléculaire des méristèmes caulinaires	286
	Sujet 14. Les plasmodesmes et leur rôle dans la différenciation cellulaire	288
	Sujet 15. La régulation du cycle cellulaire chez les Végétaux	289
	Sujet 16. La mort cellulaire programmée chez les Végétaux supérieurs	290
	Sujet 17. Un exemple de cellule différenciée : les cellules spermatiques (gamètes mâles) chez les Végétaux supérieurs	292
	Sujet 18. Différenciation et dédifférenciation de la cellule végétale	297

<b>2. Devoir d'écrit type CAPES (ou type Agrégation-secteur A)</b>	<b>299</b>
Correction	309
<b>3. Sujets oraux et écrits (CAPES-Agrégation)</b>	<b>320</b>
1. Exposés CAPES externe	320
2. Exposés Agrégation externe	321
3. Autres sujets d'oral susceptibles d'être proposés	322
4. Sujets d'écrit	323
<b>4. QCM</b>	<b>324</b>
1. Le cycle cellulaire	324
2. La différenciation cellulaire	329
3. La mort cellulaire programmée	333
Réponses	338
<b>Bibliographie générale</b>	<b>339</b>
<b>Bibliographie spécifique</b>	<b>341</b>
<b>Lexique</b>	<b>353</b>

Un certain nombre de schémas ont été empruntés à la littérature et éventuellement modifiés (cf. Bibliographies générale et spécifique). Les autres sont des compositions originales. Tous ont été (re)dessinés par les auteurs à l'aide du logiciel Adobe Illustrator 7.0.1.

Cet ouvrage fait partie d'un ensemble de fascicules de Biologie des organismes, de Biologie cellulaire et moléculaire, et de Géologie correspondant aux nouveaux champs d'interrogation (écrit + TP + oral) des concours de recrutement (CAPES et Agrégation SVT, Grandes Écoles BCPST, Vêto).

Cette collection se compose des volumes suivants :

### **Biologie des organismes**

1. Intégrité, identité et pérennité des organismes animaux et végétaux face aux contraintes abiotiques
2. Les rythmes biologiques chez les Animaux et les Végétaux
3. Le développement post-embryonnaire chez les Animaux et les Végétaux (à paraître)
4. Les défenses des organismes animaux et végétaux contre les agressions biotiques (à paraître)
5. Perception du milieu, mouvement et communication chez les Animaux et les Végétaux (à paraître)

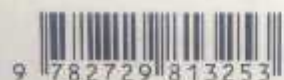
### **Biologie cellulaire et moléculaire**

1. Cycle, différenciation et mort cellulaires chez les Animaux et les Végétaux

D'autres titres sont à paraître.

Photo de couverture :

La photographie numérique prise au microscope confocal montre un neurone pyramidal hippocampique différencié en culture primaire. La double fluorescence révèle deux marqueurs de différenciation dans le corps cellulaire, l'axone et les dendrites : en vert la calbindine ou *calcium binding protein* CaBP (protéine cytosolique jouant le rôle de tampon calcique) et en rouge la protéine TAU phosphorylée appartenant à la famille des MAPs (*microtubule associated proteins*) qui régule l'assemblage des microtubules du cytosquelette à partir des monomères de tubuline  $\alpha$  et  $\beta$  et les stabilise (aimablement fournie par H. Boukhaddaoui, UMR 432, université Montpellier 2).



9 782729 813253

ISBN 2-7298-1325-X