



# Génétique

8<sup>e</sup> édition

William Klug • Michael Cummings • Charlotte Spencer



**NOUVEAUX  
HORIZONS**

**PEARSON**  
Education

Traduction française coordonnée par  
Louise Blottière

**BEST-  
SELLER**  
INTERNATIONAL

# Génétique

8<sup>e</sup> édition

Caractérisée par un essor fulgurant au cours des dernières décennies, la génétique se trouve désormais au centre d'enjeux biologiques et médicaux considérables. Apprendre la génétique aujourd'hui, c'est, avant tout, comprendre et faire sien le raisonnement analytique des généticiens. C'est ensuite acquérir des connaissances. C'est enfin appréhender l'impact de cette science sur la société et faire rimer génétique avec éthique.

*Génétique* relève ce triple défi.

- Écrit de façon particulièrement pédagogique, *Génétique* invite l'étudiant à refaire le cheminement parcouru par les chercheurs pour aboutir aux grandes découvertes de la génétique : il exerce ainsi les capacités d'analyse et de déduction du lecteur. Il propose en outre de très nombreux exercices corrigés.
- *Génétique* est un ouvrage très complet, reflétant les découvertes les plus récentes et les plus significatives du domaine (puces à ADN, thérapie génique, etc.). Il constitue, grâce également au soin qui a été apporté lors de sa traduction, un manuel de référence y compris au niveau terminologique. Le texte est soutenu par de très nombreux schémas et illustrations didactiques.
- En complément des éléments théoriques et des exercices, *Génétique*, via ses encadrés « Génétique, technologie et société » et son chapitre « Les applications des biotechnologies et leurs aspects éthiques », fait le point sur des découvertes récentes dans le domaine de la génétique et leurs impacts sur la société.

*Génétique* constitue un manuel de cours d'initiation et d'approfondissement, parfaitement adapté pour accompagner l'étudiant tout au long de son cursus.

**Public** : étudiants en génétique, biologie moléculaire, médecine et pharmacie ; classes préparatoires biologiques ; candidats au Capes ou à l'agrégation de SVT/ST

**Cours** : génétique mendélienne, génétique moléculaire, génétique du développement, génétique des populations

**Niveau** : licence, master, BCPST, Capes, agrégation

**William S. Klug** est professeur de biologie à l'université du New-Jersey (Ewing, New-Jersey, États-Unis). Il a été récompensé à plusieurs reprises pour la qualité de son enseignement.

**Michael R. Cummings** est directeur de recherches au département des sciences biologiques, chimiques et physiques de l'Institut technologique de l'Illinois (Chicago, Illinois, États-Unis). Il est également l'auteur de plusieurs autres ouvrages de génétique.

**Charlotte A. Spencer** est maître de conférence au département Oncologie de l'université d'Alberta (Edmonton, Alberta, Canada). Elle apporte sa touche au livre depuis plusieurs éditions, via les encadrés « Génétique, technologie et société ».

PEARSON  
Education  
France

Pearson Education France  
47 bis, rue des Vinaigriers  
75010 Paris  
Tél. : 01 72 74 90 00  
Fax : 01 42 05 22 17  
www.pearsoneducation.fr



ISBN : 978-2-35745-077-6



9 782357 450776

BL 340

046282/ (2)



# Génétique

Huitième Édition

**WILLIAM S. KLUG**  
Université du New Jersey

**MICHAEL R. CUMMINGS**  
Institut de technologie de l'Illinois

**CHARLOTTE A. SPENCER**  
Université d'Alberta

Avec la contribution de

Sarah M. Ward, Université de l'État du Colorado

Traduction française dirigée par Louise Blottière, docteur en génétique



# Sommaire

## Partie Une Gènes, chromosomes, et hérédité

- 1 Introduction à la génétique 1
- 2 Mitose et méiose 18
- 3 Génétique mendélienne 40
- 4 Prolongements de la génétique mendélienne 68
- 5 Cartographie chromosomique chez les eucaryotes 102
- 6 Analyse génétique et cartographie chez les bactéries et les bactériophages 139
- 7 Détermination du sexe et chromosomes sexuels 168
- 8 Mutations chromosomiques : variations du nombre de chromosomes et réarrangements 192
- 9 Hérédité extranucléaire 219

## Partie Deux ADN : structure, réplication et organisation

- 10 Structure de l'ADN et analyse 236
- 11 Réplication de l'ADN et recombinaison 269
- 12 Organisation de l'ADN dans les chromosomes 293

## Partie Trois Expression et régulation de l'information génétique

- 13 Code génétique et transcription 313
- 14 Traduction et protéines 341
- 15 Mutations, réparation de l'ADN et transposition 369
- 16 Régulation de l'expression des gènes chez les procaryotes 402
- 17 Régulation de l'expression des gènes eucaryotes 421
- 18 Régulation du cycle cellulaire et cancer 444

## Partie Quatre Analyse des génomes

- 19 Technologie de l'ADN recombinant 468
- 20 Génomique et protéomique 497
- 21 Dissection de la fonction des gènes : analyse de mutants chez des organismes modèles 530
- 22 Applications des biotechnologies et aspects éthiques 566

## Partie Cinq Génétique des organismes et des populations

- 23 Contrôle génétique du développement d'organismes modèles 595
- 24 Génétique quantitative et étude des caractères multifactoriels 621
- 25 Génétique des populations 640
- 26 Génétique évolutive 664
- 27 Génétique de la conservation 688

Annexe A Glossaire A-1

Annexe B Réponses à une sélection de problèmes A-17

# Table des matières

## Préface

XXII

## Partie Une

### Gènes, chromosomes, et hérédité

<b>1</b>	<b>Introduction à la génétique</b>	<b>1</b>
1.1	Il y a moins d'un siècle de Mendel à l'ADN	2
	Les travaux de Mendel sur la transmission des caractères héréditaires	3
	La théorie chromosomique de l'hérédité : trait d'union entre les principes de Mendel et la méiose	3
	La variation génétique	4
	À la recherche de la nature chimique du gène : protéine ou ADN ?	5
1.2	La découverte de la double hélice prépare l'ère de l'ADN recombinant	5
	La structure de l'ADN et de l'ARN	5
	L'expression du gène : de l'ADN au phénotype	6
	La fonction biologique des protéines	6
	La liaison génotype-phénotype dans l'exemple de la drépanocytose	7
1.3	De l'ADN recombinant à la génomique	8
	On a appris à recombiner et cloner des molécules d'ADN	8
	Le séquençage des génomes : le « Projet génome humain »	9
1.4	L'importance croissante des biotechnologies	9
	Végétaux, animaux et production alimentaire	10
	À qui appartient un organisme transgénique ?	11
	Les biotechnologies en génétique et en médecine	11
1.5	Études génétiques et organismes modèles	13
	Le panel des organismes modèles de la génétique contemporaine	13
	Les organismes modèles et les maladies humaines	14
1.6	Nous vivons à « l'ère de la génétique »	15

### Génétique, technologie et société

	Résumé du chapitre	17
	Problèmes et sujets de réflexion	17
	Bibliographie	18

## 2 Mitose et méiose

2.1	Structure cellulaire et fonction génétique	19
	Délimitations cellulaires	19
	Le noyau	19
	Le cytoplasme et les organites cellulaires	21
2.2	Chromosomes sous forme de paires homologues chez les organismes diploïdes	21
2.3	Mitose et partage des chromosomes dans les cellules en division	24
	L'interphase et le cycle cellulaire	24
	La prophase	25
	La prométaphase et la métaphase	25
	L'anaphase	26
	La télophase	28
2.4	Méiose et passage de l'état diploïde à l'état haploïde	28
	Une vue d'ensemble de la méiose	28
	La première division de méiose : prophase I	29
	Métaphase, anaphase et télophase I	30
	La deuxième division de méiose	31
2.5	Développement différent des gamètes mâles et femelles	33
2.6	Méiose et reproduction sexuée des organismes diploïdes	33
2.7	Nature cytologique des chromosomes mitotiques et méiotiques	34
	Chromatine et chromosomes	34
	Le complexe synaptonémal	35
	Résumé du chapitre	36
	Problèmes et solutions	37
	Problèmes et sujets de réflexion	38
	Problèmes plus ardu	39
	Bibliographie	39

## 3 Génétique mendélienne

3.1	Mendel et les modalités de la transmission héréditaire	41
3.2	Monohybridisme et transmission d'un caractère biologique d'une génération à l'autre	41
	Les trois premiers principes de Mendel	43
	La terminologie moderne de la génétique	43
	L'approche analytique de Mendel	44
	Le tableau de croisement des gamètes de Punnett	45
	Le test-cross dans l'analyse d'un caractère	45

<b>3.3</b>	<b>Dihybridisme et assortiment indépendant</b>	<b>46</b>	<b>4.9</b>	<b>Expression d'un gène unique et conséquences multiples</b>	<b>82</b>
	L'assortiment indépendant	46	<b>4.10</b>	<b>Liaison à l'X</b>	<b>83</b>
	Le test-cross dans l'analyse de deux caractères	47		La liaison à l'X chez la drosophile	83
<b>3.4</b>	<b>Trihybridisme et étude des caractères quantitatifs</b>	<b>48</b>		La liaison à l'X chez les êtres humains	84
	La méthode des embranchements	48	<b>4.11</b>	<b>Transmissions limitées au sexe et influencées par le sexe</b>	<b>86</b>
<b>3.5</b>	<b>Redécouverte des travaux de Mendel au début du XX<sup>e</sup> siècle</b>	<b>50</b>		<i>Le syndrome de Lesch-Nyhan : les bases moléculaires d'une maladie rare récessive et liée à l'X</i>	<i>86</i>
<b>3.6</b>	<b>Émergence de la théorie moderne de la génétique de la transmission</b>	<b>50</b>	<b>4.12</b>	<b>Expression phénotypique : le reflet direct du génotype ?</b>	<b>87</b>
	Les gènes, les allèles et les chromosomes homologues	51		La pénétrance et l'expressivité	88
<b>3.7</b>	<b>Assortiment indépendant et variation génétique</b>	<b>52</b>		Le fond génétique : suppression et effets de position	88
<b>3.8</b>	<b>Lois de probabilité et événements génétiques</b>	<b>53</b>		Les effets de la température	89
	La loi du produit et la loi de la somme des probabilités	53		Les effets nutritionnels	89
	Les probabilités conditionnelles	53		L'initiation de l'expression génétique	90
	La loi binomiale	54		L'anticipation génétique	90
<b>3.9</b>	<b>Test du chi-carré et influence du hasard sur les données génétiques</b>	<b>55</b>		L'empreinte génomique parentale (imprinting)	91
	L'interprétation d'un calcul de $\chi^2$	57	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>92</b>	
<b>3.10</b>	<b>Analyse d'arbres généalogiques</b>	<b>58</b>		Améliorer la destinée génétique des chiens de race	92
	Les conventions utilisées dans les arbres généalogiques	58		<i>Résumé du chapitre</i>	<i>93</i>
	L'analyse généalogique	59		<i>Problèmes et solutions</i>	<i>94</i>
				<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	<i>95</i>
				<i>Problèmes plus ardu</i>	<i>99</i>
				<i>Bibliographie</i>	<i>101</i>
<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>61</b>		<b>5</b>	<b>Cartographie chromosomique chez les eucaryotes</b>	<b>102</b>
	La maladie de Tay-Sachs : une maladie récessive humaine	61	<b>5.1</b>	<b>Ségrégation conjointe des gènes situés sur le même chromosome</b>	<b>103</b>
	<i>Résumé du chapitre</i>	<i>61</i>		Le taux de liaison	104
	<i>Problèmes et solutions</i>	<i>62</i>	<b>5.2</b>	<b>Estimation des distances entre gènes grâce aux crossing-over</b>	<b>106</b>
	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	<i>64</i>		Morgan et le crossing-over	106
	<i>Problèmes plus ardu</i>	<i>66</i>		Sturtevant et la carte génétique	106
	<i>Bibliographie</i>	<i>67</i>		Crossing-over unique	108
<b>4</b>	<b>Prolongements de la génétique mendélienne</b>	<b>68</b>	<b>5.3</b>	<b>Détermination de l'ordre des gènes grâce aux crossing-over multiples</b>	<b>109</b>
<b>4.1</b>	<b>Influence variable des allèles sur les phénotypes</b>	<b>69</b>		Échanges multiples	109
<b>4.2</b>	<b>Symboles utilisés pour représenter les allèles</b>	<b>70</b>		Test trois-points chez la drosophile	110
<b>4.3</b>	<b>Dominance incomplète : aucun allèle ne domine l'autre</b>	<b>70</b>		Détermination de l'ordre des gènes	112
<b>4.4</b>	<b>Codominance : l'influence des deux allèles chez l'hétérozygote est manifeste</b>	<b>71</b>		Un exemple de cartographie chez le maïs	113
<b>4.5</b>	<b>Plusieurs allèles possibles pour un gène dans une population</b>	<b>72</b>	<b>5.4</b>	<b>Interférence : échanges multiples affectés</b>	<b>116</b>
	Les groupes sanguins ABO	72	<b>5.5</b>	<b>Gènes éloignés : cartographie imprécise</b>	<b>117</b>
	Les antigènes A et B	73	<b>5.6</b>	<b>Cartographie des gènes de la drosophile</b>	<b>118</b>
	Le phénotype Bombay	74	<b>5.7</b>	<b>Crossing-over et échange physique entre les chromatides</b>	<b>119</b>
	Le locus <i>white</i> de la drosophile	74	<b>5.8</b>	<b>Recombinaison entre chromosomes mitotiques</b>	<b>120</b>
<b>4.6</b>	<b>Allèles létaux et gènes essentiels</b>	<b>74</b>	<b>5.9</b>	<b>Échanges entre chromatides sœurs</b>	<b>122</b>
	Les mutations dominantes létales	75	<b>5.10</b>	<b>Analyses de liaison et cartographie chez les organismes haploïdes</b>	<b>122</b>
<b>4.7</b>	<b>Modification du ratio 9 : 3 : 3 : 1</b>	<b>76</b>		Distance gène-centromère	123
<b>4.8</b>	<b>Phénotypes sous le contrôle de plus d'un gène</b>	<b>77</b>			
	L'épistasie	77			
	Les profils de transmission unique	77			
	Les phénotypes nouveaux	80			
	D'autres ratios dihybrides modifiés	81			

Analyse de tétrades ordonnées ou non ordonnées	125		
Liaison et cartographie	126		
<b>5.11 Analyse de lod score, hybridation somatique et cartes des chromosomes humains</b>	<b>128</b>		
<b>5.12 Cartographie génique et analyse moléculaire de l'ADN</b>	<b>130</b>		
Cartographie génique par annotation des bases de données informatiques	130		
<b>5.13 Mendel a-t-il été confronté à la liaison ?</b>	<b>130</b>		
<i>Pourquoi Gregor Mendel n'a-t-il pas rencontré de liaison génétique ?</i>	131		
<i>Résumé du chapitre</i>	131		
<i>Problèmes et solutions</i>	132		
<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	134		
<i>Problèmes plus ardu</i>	137		
<i>Bibliographie</i>	138		
<b>6 Analyse génétique et cartographie chez les bactéries et les bactériophages</b>	<b>139</b>		
<b>6.1 Mutations spontanées et croissance exponentielle chez les bactéries</b>	<b>140</b>		
<b>6.2 Conjugaison : l'un des mécanismes de la recombinaison génétique chez les bactéries</b>	<b>141</b>		
Les bactéries $F^-$ et $F^+$	142		
Les bactéries Hfr et la cartographie chromosomique	143		
La recombinaison dans les croisements $F^+ \times F^-$ : un nouvel examen	147		
L'état $F^+$ et les mérozygotes	147		
<b>6.3 Découverte des protéines Rec grâce à l'analyse mutationnelle</b>	<b>147</b>		
<b>6.4 Nature plasmidique des facteurs F</b>	<b>149</b>		
<b>6.5 Transformation : autre mécanisme de recombinaison génétique chez les bactéries</b>	<b>149</b>		
Le processus de transformation	149		
La transformation et les gènes liés	150		
<b>6.6 Bactériophages : virus bactériens</b>	<b>151</b>		
Le phage T4 : structure et cycle	151		
Le test de plages de lyse	152		
La lysogénie	153		
<b>6.7 Transduction : transfert d'ADN bactérien par l'intermédiaire des virus</b>	<b>153</b>		
L'expérience de Lederberg-Zinder	153		
La nature de la transduction	154		
La transduction et la cartographie	155		
<b>6.8 Bactériophages et recombinaison intergénique</b>	<b>156</b>		
La cartographie chez les bactériophages	156		
<b>6.9 Recombinaison intragénique chez le phage T4</b>	<b>157</b>		
Le locus <i>rII</i> du phage T4	157		
La complémentation entre mutations <i>rII</i>	158		
L'analyse de la recombinaison	159		
La cartographie par délétions du locus <i>rII</i>	159		
La carte du gène <i>rII</i>	160		
		<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>162</b>
		Gènes bactériens et maladies : de l'expression des gènes aux vaccins comestibles	162
		<i>Résumé du chapitre</i>	163
		<i>Problèmes et solutions</i>	163
		<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	164
		<i>Problèmes plus ardu</i>	166
		<i>Bibliographie</i>	167
<b>7 Détermination du sexe et chromosomes sexuels</b>	<b>168</b>		
<b>7.1 Différenciation sexuelle et cycles biologiques</b>	<b>169</b>		
L'algue verte <i>Chlamydomonas</i>	169		
Le maïs <i>Zea mays</i>	170		
Le ver <i>Caenorhabditis elegans</i>	172		
<b>7.2 Chromosomes X et Y et détermination du sexe</b>	<b>172</b>		
<b>7.3 Chromosome Y et masculinité chez l'être humain</b>	<b>173</b>		
Les syndromes de Klinefelter et de Turner	174		
Le syndrome 47, XXX	175		
L'état 47, XYY	176		
La différenciation sexuelle chez l'être humain	176		
Le chromosome Y et le développement mâle	177		
<b>7.4 Sexe ratio différent de 1,0 dans l'espèce humaine</b>	<b>178</b>		
<b>7.5 Compensation de dose et gènes liés au chromosome X</b>	<b>179</b>		
Les corpuscules de Barr	179		
L'hypothèse de Lyon	180		
Le mécanisme de l'inactivation	182		
<b>7.6 Détermination du sexe chez la drosophile</b>	<b>182</b>		
La compensation de dose chez la drosophile	184		
Les drosophiles mosaïques	185		
<b>7.7 Détermination du sexe chez les reptiles</b>	<b>185</b>		
<i>Résumé du chapitre</i>	187		
		<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>187</b>
		Une question de genre : la sélection du sexe chez l'être humain	187
		<i>Problèmes et solutions</i>	187
		<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	188
		<i>Problèmes plus ardu</i>	190
		<i>Bibliographie</i>	167
<b>8 Mutations chromosomiques : variations du nombre de chromosomes et réarrangements</b>	<b>192</b>		
<b>8.1 Nombre de chromosomes : terminologie</b>	<b>193</b>		
<b>8.2 Non-disjonction et variation du nombre de chromosomes</b>	<b>193</b>		
<b>8.3 Monosomie</b>	<b>194</b>		



L'analyse par diffraction aux rayons X	251	11.11 Synthèse d'ADN eucaryote : similaire à celle des procaryotes, mais plus complexe	281
Le modèle de Watson-Crick	251	Des origines de réplication multiples	282
<b>10.8 Autres formes d'ADN</b>	<b>253</b>	Les ADN polymérases eucaryotes	282
<b>10.9 Structure de l'ARN : chimiquement identique à celle de l'ADN, mais simple-brin</b>	<b>254</b>	<b>11.12 Extrémités des chromosomes linéaires et réplication</b>	<b>283</b>
<b>10.10 Étude de l'ADN et de l'ARN : techniques d'analyse</b>	<b>255</b>	<b>11.13 Recombinaison : contrôlée par des enzymes spécifiques</b>	<b>285</b>
L'absorption de la lumière ultra-violette (UV)	255	<b>11.14 Conversion génique : une conséquence de la recombinaison</b>	<b>285</b>
<i>Structure moléculaire des acides nucléiques : une structure pour l'acide désoxyribonucléique</i>	256	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>287</b>
La sédimentation	257	Téломérase : la clef vers l'immortalité ?	287
La dénaturation et la renaturation des acides nucléiques	258	<i>Résumé du chapitre</i>	288
L'hybridation moléculaire	259	<i>Problèmes et solutions</i>	289
L'hybridation <i>in situ</i> fluorescente (FISH)	260	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	290
La vitesse de réassociation et les séquences répétitives d'ADN	260	<i>Problèmes plus ardu</i>	290
L'électrophorèse d'acides nucléiques	262	<i>Bibliographie</i>	292
<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>263</b>	<b>12 Organisation de l'ADN dans les chromosomes</b>	<b>293</b>
Les tours et détours de la révolution hélicoïdale	263	<b>12.1 Chromosomes viraux et bactériens : des molécules d'ADN relativement simples</b>	<b>294</b>
<i>Résumé du chapitre</i>	264	<b>12.2 Chromosomes viraux et bactériens surenroulés en général</b>	<b>296</b>
<i>Problèmes et solutions</i>	265	<b>12.3 Variations de structure révélées par des chromosomes spécialisés</b>	<b>297</b>
<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	265	Les chromosomes polytènes	297
<i>Problèmes plus ardu</i>	267	Les chromosomes en écouvillon	298
<i>Bibliographie</i>	267	<b>12.4 Organisation de l'ADN sous forme de chromatine chez les eucaryotes</b>	<b>299</b>
<b>11 Réplication de l'ADN et recombinaison</b>	<b>269</b>	La structure de la chromatine et les nucléosomes	299
<b>11.1 Reproduction de l'ADN par réplication semi-conservative</b>	<b>270</b>	L'étude à haute résolution du nucléosome	301
L'expérience de Meselson-Stahl	271	L'hétérochromatine	303
La réplication semi-conservative chez les eucaryotes	272	<b>12.5 Bandes chromosomiques et différenciation des régions dans les chromosomes mitotiques</b>	<b>303</b>
Les origines, les fourches et les unités de réplication	273	<b>12.6 Organisation complexe des chromosomes eucaryotes</b>	<b>304</b>
<b>11.2 Synthèse d'ADN chez les bactéries : cinq polymérases et d'autres enzymes</b>	<b>274</b>	L'ADN répété et l'ADN satellite	305
L'ADN polymérase I	274	Les séquences d'ADN centromérique	305
La synthèse d'ADN biologiquement actif	275	Les séquences d'ADN télomérique	306
Les ADN polymérases II, III, IV et V	276	Les séquences d'ADN moyennement répétées : VNTR et répétitions de dinucléotides	307
<b>11.3 Réplication de l'ADN : problèmes à résoudre</b>	<b>277</b>	Les éléments transposables répétés : SINES et LINES	307
<b>11.4 Déroulement de l'hélice d'ADN</b>	<b>278</b>	Les gènes à copies multiples moyennement répétées	308
<b>11.5 Amorces ARN : nécessaires à l'initiation de la synthèse d'ADN</b>	<b>279</b>	<b>12.7 Pas de gènes fonctionnels dans la grande majorité d'un génome eucaryote</b>	<b>308</b>
<b>11.6 Brins antiparallèles : nécessité d'une synthèse d'ADN continue et discontinue</b>	<b>279</b>	<i>Résumé du chapitre</i>	308
<b>11.7 Synthèse simultanée sur les brins précoce et retardé</b>	<b>279</b>	<i>Problèmes et solutions</i>	309
<b>11.8 Relecture sur épreuve et correction d'erreurs</b>	<b>280</b>	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	309
<b>11.9 Modèle cohérent pour résumer la réplication de l'ADN</b>	<b>280</b>	<i>Problèmes plus ardu</i>	310
<b>11.10 Réplication : sous le contrôle de divers gènes</b>	<b>281</b>	<i>Bibliographie</i>	312



<b>15 Mutations, réparation de l'ADN et transposition</b>	<b>369</b>		
<b>15.1 Mutations : différentes classifications</b>	<b>370</b>		
Les mutations spontanées, induites et adaptatives	370		
La classification en fonction de la localisation des mutations	371		
La classification en fonction de la nature du changement moléculaire	372		
La classification en fonction des effets phénotypiques	373		
<b>15.2 Taux de mutations spontanées</b>	<b>373</b>		
Les mutations délétères chez l'homme	373		
<i>Les chances de perdre à la roulette génétique</i>	375		
<b>15.3 Erreurs de la réplication, modifications des bases et mutations spontanées</b>	<b>376</b>		
Les erreurs de réplication de l'ADN	376		
Le dérapage réplicatif	376		
L'isomérisation tautomérique	376		
La dépurination et la désamination	377		
L'oxydation de bases	378		
Les transposons	378		
<b>15.4 Lésions de l'ADN par des agents chimiques ou des radiations et mutations induites</b>	<b>378</b>		
Les analogues de bases	379		
Les agents alkylants	379		
Les colorants acridiniques et les mutations par décalage du cadre de lecture	379		
Le rayonnement ultraviolet et les dimères de thymine	380		
Les radiations ionisantes	380		
<b>15.5 Meilleure compréhension des mutations chez l'homme grâce à la génomique et au séquençage des gènes</b>	<b>381</b>		
Les groupes sanguins ABO	381		
Les myopathies de Duchenne et de Becker	381		
Les trinuécléotides répétés dans le syndrome de l'X fragile, la dystrophie myotonique et la maladie de Huntington	382		
<b>15.6 Détection des mutations</b>	<b>383</b>		
La détection chez les bactéries et les levures	383		
La détection chez les plantes	384		
La détection chez l'homme	384		
<b>15.7 Test de Ames et mesure de l'effet mutagène d'un composé</b>	<b>386</b>		
<b>15.8 Systèmes de réparation de l'ADN et neutralisation des mutations</b>	<b>386</b>		
La correction d'épreuves et la réparation de mésappariements	386		
La réparation post-réplicative et le système de réparation SOS	387		
La réparation par photoréactivation : la réversion des lésions dues aux UV chez les eucaryotes	388		
La réparation par excision de bases et de nucléotides	388		
		Xeroderma pigmentosum et la réparation par excision de nucléotides	389
		La réparation de cassures double-brin chez les eucaryotes	390
		<b>15.9 Éléments transposables et perturbation de la fonction des gènes</b>	<b>391</b>
		Les séquences d'insertion	391
		Les transposons bactériens	392
		Le système <i>Ac-Ds</i> chez le maïs	392
		Les éléments mobiles et les pois ridés : les lois de Mendel revisitées	392
		Les éléments <i> copia </i> chez la drosophile	393
		Les éléments <i> P </i> chez la drosophile	394
		Les éléments transposables chez l'homme	395
		<i>Résumé du chapitre</i>	396
		<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>396</b>
		L'héritage de Tchernobyl	396
		<i>Problèmes et solutions</i>	398
		<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	398
		<i>Problèmes plus ardu</i>	399
		<i>Bibliographie</i>	401
		<b>16 Régulation de l'expression des gènes chez les procaryotes</b>	<b>402</b>
		<b>16.1 Mécanismes génétiques en réponse aux variations environnementales</b>	<b>403</b>
		<b>16.2 Métabolisme du lactose chez <i>E. coli</i> : régulation par un système inductible</b>	<b>403</b>
		Les gènes structuraux	404
		La découverte des mutations de régulation	405
		Le modèle de l'opéron : un contrôle négatif	405
		La démonstration génétique du modèle de l'opéron	406
		L'identification du répresseur	407
		<b>16.3 Contrôle positif de la CAP (Catabolite-Activating Protein) sur l'opéron <i>lac</i></b>	<b>409</b>
		<b>16.4 Confirmation du modèle de l'opéron par cristallographie</b>	<b>409</b>
		<b>16.5 Opéron tryptophane (<i>trp</i>) d'<i>E. coli</i> : système répressible</b>	<b>411</b>
		La démonstration de l'opéron <i>trp</i>	412
		<b>16.6 Atténuation : processus essentiel de la régulation de l'opéron <i>trp</i> chez <i>E. coli</i></b>	<b>412</b>
		<b>16.7 Protéines TRAP et AT et atténuation chez <i>B. subtilis</i></b>	<b>413</b>
		<b>16.8 Opéron <i>ara</i> et contrôle positif ou négatif</b>	<b>414</b>
		<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>416</b>
		Le quorum sensing : comment les bactéries communiquent entre elles	416
		<i>Résumé du chapitre</i>	417
		<i>Problèmes et solutions</i>	417
		<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	418
		<i>Problèmes plus ardu</i>	419
		<i>Bibliographie</i>	420

<b>17 Régulation de l'expression des gènes eucaryotes</b>	<b>421</b>	<b>18.2 Stabilité du génome et réparation de l'ADN affectées</b>	<b>448</b>
17.1 Régulation des gènes eucaryotes différente de celle des gènes procaryotes	422	<b>18.3 Régulation du cycle cellulaire perturbée</b>	<b>449</b>
17.2 Organisation des chromosomes dans le noyau et expression des gènes	423	Le cycle cellulaire et la transduction du signal	450
17.3 Initiation de la transcription : mécanisme majeur pour la régulation de l'expression des gènes	423	Le cycle cellulaire et les points de contrôle	450
Les promoteurs : organisation modulaire	423	<b>18.4 Gènes impliqués à la fois dans le cancer et le contrôle du cycle cellulaire</b>	<b>452</b>
Les enhancers : contrôle du taux de transcription	424	Les proto-oncogènes <i>cycline D1</i> et <i>cycline E</i>	453
17.4 Transcription chez les eucaryotes	426	Les proto-oncogènes <i>ras</i>	454
La transcription et le remodelage de la chromatine	426	Le gène suppresseur de tumeur <i>p53</i>	454
La modification des histones et le remodelage de la chromatine	427	Le gène suppresseur de tumeur <i>RBI</i>	455
17.5 Assemblage du complexe basal de la transcription au niveau du promoteur	427	<b>18.5 Cancer : maladie génétique affectant les contacts cellule-cellule</b>	<b>456</b>
ARN polymérase et transcription	428	<b>18.6 Prédiposition à certains cancers peut être héréditaire</b>	<b>458</b>
La formation du complexe d'initiation de la transcription	428	<b>18.7 Virus et cancers</b>	<b>460</b>
Les activateurs et le taux d'initiation de la transcription	429	<b>18.8 Facteurs environnementaux et cancers</b>	<b>462</b>
17.6 Exemple de régulation : activation et répression catabolite du gène <i>gal</i> de levure	431	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>463</b>
17.7 Méthylation de l'ADN et régulation de l'expression des gènes	432	Les cancers du sein : l'arme à double tranchant du test génétique	463
17.8 Régulations post-transcriptionnelles	433	<i>Résumé du chapitre</i>	464
L'épissage alternatif des ARNm	434	<i>Problèmes et solutions</i>	464
L'épissage alternatif et la fonction cellulaire	434	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	465
L'épissage alternatif et le nombre de protéines produites par un génome	434	<i>Problèmes plus ardu</i>	466
L'extinction de l'expression génique par l'ARN	435	<i>Bibliographie</i>	467
17.9 Épissage alternatif, stabilité des ARNm et régulation de l'expression des gènes	436	<b>Partie Quatre</b>	
Le déterminisme sexuel chez la drosophile : un modèle de régulation de l'épissage alternatif	437	<b>Analyse des génomes</b>	
Le contrôle de la stabilité des ARNm	438	<b>19 Technologie de l'ADN recombinant</b>	<b>468</b>
<i>Résumé du chapitre</i>	439	<b>19.1 Technologie de l'ADN recombinant : plusieurs techniques expérimentales</b>	<b>469</b>
<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>439</b>	<b>19.2 Technologie de l'ADN recombinant et analyse des génomes</b>	<b>469</b>
Maladies génétiques humaines et perte de la régulation génique	439	<b>19.3 Enzymes de restriction et sites de reconnaissance spécifiques</b>	<b>469</b>
<i>Problèmes et solutions</i>	440	<b>19.4 Vecteurs et transport de molécules d'ADN à cloner</b>	<b>471</b>
<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	441	Les vecteurs plasmidiques	472
<i>Problèmes plus ardu</i>	443	Les vecteurs phagiques Lambda ( $\lambda$ )	473
<i>Bibliographie</i>	443	Les vecteurs cosmiques	474
<b>18 Régulation du cycle cellulaire et cancer</b>	<b>444</b>	Les chromosomes bactériens artificiels	474
<b>18.1 Cancer : maladie génétique</b>	<b>445</b>	Les vecteurs d'expression	474
Qu'est ce que le cancer ?	446	<b>19.5 Clonage dans des cellules hôtes procaryotes</b>	<b>475</b>
L'origine clonale des cellules cancéreuses	446	<b>19.6 Hôte eucaryote pour le clonage : la levure</b>	<b>477</b>
Le cancer : un processus multi-étapes qui nécessite de multiples mutations	446	<b>19.7 Transfert de gènes dans des cellules eucaryotes</b>	<b>477</b>
		Les hôtes cellulaires végétaux	477
		Les hôtes cellulaires mammifères	478
		<b>19.8 PCR et production de copies d'ADN sans cellules hôtes</b>	<b>478</b>

Les limites de la PCR	479	Les origines du Projet génome humain	509
D'autres applications de la PCR	479	Les principales caractéristiques du génome humain	511
<b>19.9 Collections de séquences clonées : les banques</b>	<b>480</b>	Les travaux inachevés du séquençage du génome humain	511
Les banques génomiques	480	Notre génome et celui du chimpanzé	512
Les banques chromosomiques	480	<b>20.8 Génomique comparative : un outil polyvalent</b>	<b>513</b>
Les banques d'ADNc	481	La découverte de nouveaux gènes par la génomique comparative	513
<b>19.10 Extraction de clones spécifiques à partir d'une banque</b>	<b>482</b>	La génomique comparative et les organismes modèles	514
Des sondes identifient des clones spécifiques	483	La génomique comparative des récepteurs nucléaires et le développement d'agents thérapeutiques	514
Le criblage d'une banque	484	Le génome minimum des cellules vivantes	516
<b>19.11 Caractérisation des séquences clonées</b>	<b>484</b>	<b>20.9 Familles multigéniques et diversification des fonctions des gènes</b>	<b>517</b>
La carte de restriction	484	Les duplications de gène	517
Le marquage par hybridation des acides nucléiques	486	L'évolution des gènes des globines	518
<b>19.12 Séquençage de l'ADN : caractérisation ultime d'un clone</b>	<b>488</b>	<b>20.10 Protéomique : identification et analyse des protéines d'une cellule</b>	<b>519</b>
Le séquençage de l'ADN et les projets génomiques	490	La concordance du nombre de gènes et du nombre de protéines	520
<i>Résumé du chapitre</i>	<i>491</i>	La technologie protéomique	520
<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>491</b>	Le protéome bactérien change selon les variations de l'environnement	522
Les empreintes ADN et la médecine légale : le cas de l'indicateur paloverde bleu	491	L'analyse protéomique d'un organelle : le nucléole	522
<i>Problèmes et solutions</i>	<i>492</i>	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>524</b>
<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	<i>493</i>	Au-delà de Dolly : le clonage de l'homme	524
<i>Bibliographie</i>	<i>496</i>	<i>Résumé du chapitre</i>	<i>525</i>
<b>20 Génomique et protéomique</b>	<b>497</b>	<i>Problèmes et solutions</i>	<i>525</i>
<b>20.1 Génomique : identification et cartographie de tous les gènes d'un génome par séquençage</b>	<b>499</b>	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	<i>526</i>
<b>20.2 Présentation générale de l'analyse génomique</b>	<b>500</b>	<i>Problèmes plus ardux</i>	<i>529</i>
Contrôler la qualité de la séquence	500	<i>Bibliographie</i>	<i>529</i>
L'annotation de la séquence	500	<b>21 Dissection de la fonction des gènes : analyse de mutants chez des organismes modèles</b>	<b>530</b>
<b>20.3 Génomique fonctionnelle : classement des gènes et identification de leurs fonctions</b>	<b>502</b>	<b>21.1 Manipulations génétiques chez les organismes modèles</b>	<b>531</b>
La génomique fonctionnelle d'un génome bactérien	502	Les caractéristiques des organismes modèles en génétique	531
Les stratégies pour attribuer une fonction à un gène inconnu	502	La levure comme organisme modèle en génétique	532
<b>20.4 Caractéristiques inattendues dans les génomes procaryotes</b>	<b>504</b>	La drosophile comme organisme modèle en génétique	533
L'échelle des tailles des génomes eubactériens	504	La souris comme organisme modèle en génétique	536
Les chromosomes linéaires et les chromosomes multiples chez les bactéries	504	<b>21.2 Génétique classique et mutations pour disséquer la fonction de gènes</b>	<b>537</b>
<b>20.5 Génomes procaryotes des eubactéries et des archées</b>	<b>505</b>	La création de mutants par radiations, agents chimiques et insertions de transposons	537
Les génomes des eubactéries	505	Le criblage des mutants	538
Les génomes des archées (Archae)	506	La sélection de mutants	540
<b>20.6 Plusieurs types d'organisation pour les génomes eucaryotes</b>	<b>507</b>	Définir les gènes	541
Les caractéristiques générales des génomes eucaryotes	507	La dissection des réseaux génétiques : relations d'épistasie et voies de biosynthèse	541
Les unités transcriptionnelles du génome de <i>C. elegans</i>	508		
Les génomes des plantes supérieures	508		
<b>20.7 Génome de l'homme : le Projet génome humain (PGH)</b>	<b>509</b>		

Une extension de l'analyse : les suppresseurs et les « enhancers »	542	Le développement de médicaments	576
Une extension de l'analyse : le clonage des gènes	543	Le diagnostic des maladies	577
Une extension de l'analyse : les fonctions biochimiques	544	L'analyse du génome	578
<b>21.3 Dissection de la fonction des gènes grâce à la génomique et à la génétique inverse</b>	<b>544</b>	Les tests génétiques et les dilemmes éthiques	578
L'analyse génétique à partir d'une protéine purifiée	545	<b>22.4 Traitement de maladies génétiques par thérapie génique</b>	<b>579</b>
L'analyse génétique à partir d'un organisme modèle mutant	546	La thérapie génique pour traiter le déficit immunitaire combiné sévère (SCID)	580
L'analyse génétique à partir d'un gène cloné	547	Les problèmes et les échecs de la thérapie génique	580
L'analyse génétique utilisant les technologies de ciblage de gènes	549	L'avenir de la thérapie génique	581
<b>21.4 Dissection de la fonction des gènes grâce à la génomique fonctionnelle et aux technologies de l'ARNi</b>	<b>552</b>	<b>22.5 Thérapie génique et questions éthiques</b>	<b>582</b>
L'ARNi : l'analyse génétique sans mutations	552	<b>22.6 Projet génome humain et questions éthiques</b>	<b>582</b>
Les techniques de génomique fonctionnelle à grande échelle	553	Le programme des implications éthiques, légales et sociales	582
Des puces pour mesurer l'expression des gènes	553	<b>22.7 Découverte et localisation des gènes du génome humain par la technologie de l'ADN recombinant</b>	<b>583</b>
La cartographie des sites de fixation protéine-ADN à l'échelle du génome	554	Les RFLP comme marqueurs génétiques	583
<b>21.5 Compréhension des processus moléculaires grâce aux organismes modèles</b>	<b>554</b>	L'analyse de liaison à l'aide des RFLP	584
La levure : les gènes du cycle cellulaire	555	Le clonage positionnel : le gène de la neurofibromatose	584
La drosophile : les cribles de Heidelberg	557	La localisation génique par hybridation <i>in situ</i> fluorescente	586
La souris : un modèle pour la thérapie génique de la SLA	560	<b>22.8 Les empreintes ADN peuvent identifier des individus</b>	<b>586</b>
<i>Résumé du chapitre</i>	561	Les minisatellites (VNTR) et les microsatellites (STR)	586
<i>Problèmes et solutions</i>	562	Les applications en médecine légale	588
<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	563	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>588</b>
<i>Problèmes plus ardens</i>	564	La thérapie génique, deux pas en avant, deux pas en arrière	588
<i>Bibliographie</i>	565	<i>Résumé du chapitre</i>	589
<b>22 Applications des biotechnologies et aspects éthiques</b>	<b>566</b>	<i>Problèmes et solutions</i>	590
<b>22.1 Biotechnologies et révolution de l'agriculture</b>	<b>567</b>	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	591
Les cultures transgéniques et la résistance aux herbicides	567	<i>Problèmes plus ardens</i>	593
L'amélioration nutritionnelle des cultures	568	<i>Bibliographie</i>	594
Les inquiétudes concernant les organismes génétiquement modifiés	569	<b>Partie Cinq</b>	
<b>22.2 Synthèse de produits pharmaceutiques chez des organismes génétiquement modifiés</b>	<b>569</b>	<b>Génétique des organismes et des populations</b>	
La production de l'insuline dans les bactéries	570	<b>23 Contrôle génétique du développement d'organismes modèles</b>	<b>595</b>
Les animaux transgéniques hôtes et les produits pharmaceutiques	571	<b>23.1 Génétique du développement : comment un état différencié se met-il en place à partir du génome d'un organisme</b>	<b>596</b>
Les plantes transgéniques et les vaccins comestibles	571	<b>23.2 Conservation des mécanismes de développement et utilisation des organismes modèles</b>	<b>597</b>
<b>22.3 Biotechnologies : diagnostic et dépistage des maladies génétiques</b>	<b>573</b>	Les organismes modèles pour l'étude du développement	597
Le diagnostic prénatal de la drépanocytose	573		
Les polymorphismes nucléotidiques et le dépistage génétique	574		
Les puces à ADN	575		

L'analyse des mécanismes du développement	597	L'hypothèse multigénique de l'hérédité quantitative	623
Les concepts fondamentaux de la génétique du développement	597	Les allèles additifs :	
<b>23.3 Gènes maîtres et programmation de l'expression du génome</b>	<b>598</b>	la base de la variation continue	624
Le contrôle de la formation de l'œil : de la drosophile à la souris	598	Le calcul du nombre de polygènes	624
<b>23.4 Analyse génétique du développement embryonnaire de la drosophile : détermination de l'axe du corps</b>	<b>599</b>	<b>24.3 Étude des caractères polygéniques et analyses statistiques</b>	<b>625</b>
Une vue d'ensemble du développement de la drosophile	599	La moyenne	625
Les gènes qui régulent la formation de l'axe antéro-postérieur du corps	601	La variance	626
L'analyse génétique de l'embryogenèse	601	L'écart-type	626
<b>23.5 Gènes zygotiques et formation des segments chez la drosophile</b>	<b>603</b>	L'erreur standard de la moyenne	626
Les gènes gap	603	La covariance	626
Les gènes pair-rule	604	L'analyse d'un caractère quantitatif	627
Les gènes de polarité segmentaire	604	<b>24.4. Héritabilité : mesure de la contribution génétique à la variation phénotypique</b>	<b>627</b>
<b>23.6 Gènes homéotiques et destin des segments le long de l'axe antéro-postérieur</b>	<b>605</b>	L'héritabilité au sens large	628
Les gènes homéotiques de la drosophile	605	L'héritabilité au sens étroit	629
Les gènes <i>Hox</i> et les maladies génétiques humaines	606	La sélection artificielle	629
Le contrôle de l'expression des gènes <i>Hox</i>	608	<b>24.5 Étude des jumeaux et estimation de l'héritabilité chez l'homme</b>	<b>631</b>
<b>23.7 Différenciation et cascades d'activités géniques</b>	<b>608</b>	<b>24.6 Cartographie des caractères quantitatifs</b>	<b>631</b>
<b>23.8 Gènes homéotiques chez les plantes</b>	<b>609</b>	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>633</b>
Les gènes homéotiques chez <i>Arabidopsis</i>	610	La révolution verte revisitée	633
Les divergences évolutives des gènes homéotiques	610	<i>Résumé du chapitre</i>	634
<b>23.9 Interactions cellule-cellule au cours du développement de <i>C. elegans</i></b>	<b>611</b>	<i>Problèmes et solutions</i>	634
Les voies de signalisation au cours du développement	611	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	635
La voie de signalisation Notch	612	<i>Problèmes plus ardu</i>	637
Une vue d'ensemble du développement de <i>C. elegans</i>	612	<i>Bibliographie</i>	639
L'analyse génétique de la formation de la vulve	613	<b>25 Génétique des populations</b>	<b>640</b>
<b>23.10 Mort cellulaire programmée : nécessaire au développement normal</b>	<b>615</b>	<b>25.1 Variations spatio-temporelles des fréquences alléliques dans le pool de gènes d'une population</b>	<b>641</b>
<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>616</b>	<b>25.2 Loi de Hardy-Weinberg et description des relations entre fréquences alléliques et génotypiques dans une population idéale</b>	<b>641</b>
La guerre des cellules souches	616	<b>25.3 Loi de Hardy-Weinberg : application aux populations humaines</b>	<b>643</b>
<i>Résumé du chapitre</i>	617	Tester l'équilibre de Hardy-Weinberg	645
<i>Problèmes et solutions</i>	617	<b>25.4 Loi de Hardy-Weinberg : autres applications</b>	<b>646</b>
<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	618	Le calcul des fréquences pour des allèles multiples	646
<i>Problèmes plus ardu</i>	619	Le calcul des fréquences pour les caractères liés au sexe	646
<i>Bibliographie</i>	620	Le calcul de la fréquence des hétérozygotes	647
<b>24 Génétique quantitative et étude des caractères multifactoriels</b>	<b>621</b>	<b>25.5 Sélection naturelle et variation de fréquence allélique</b>	<b>648</b>
<b>24.1 Caractères polygéniques et variations discontinues</b>	<b>622</b>	La sélection naturelle	648
<b>24.2 Explication des caractères quantitatifs en termes mendéliens</b>	<b>623</b>	La valeur sélective et la sélection	648
		La sélection dans les populations naturelles	650
		La sélection naturelle et les caractères quantitatifs	651
		<b>25.6 Mutations et création de nouveaux allèles dans le pool de gènes</b>	<b>652</b>

<b>25.7</b>	<b>Modification des fréquences alléliques par migration et flux de gènes</b>	<b>654</b>			
<b>25.8</b>	<b>Dérive génétique et changements de fréquences aléatoires dans les petites populations</b>	<b>655</b>			
<b>25.9</b>	<b>Croisements non aléatoires : impact sur les fréquences génotypiques mais pas sur les fréquences alléliques</b>	<b>656</b>			
	La consanguinité	656			
	Les effets génétiques de la consanguinité	658			
	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>659</b>			
	À la poursuite de nos empreintes génétiques en dehors de l'Afrique	659			
	<i>Résumé du chapitre</i>	660			
	<i>Problèmes et solutions</i>	660			
	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	661			
	<i>Problèmes plus ardu</i>	662			
	<i>Bibliographie</i>	663			
<b>26</b>	<b>Génétique évolutive</b>	<b>664</b>			
<b>26.1</b>	<b>Spéciation : par transformation ou par séparation du pool de gènes</b>	<b>665</b>			
<b>26.2</b>	<b>Variabilité génétique : considérable chez la plupart des populations et des espèces</b>	<b>666</b>			
	La sélection artificielle	666			
	Le polymorphisme des protéines	666			
	Les variations de séquences nucléotidiques	667			
	Comment expliquer le niveau important de variabilité génétique dans les populations ?	668			
<b>26.3</b>	<b>Évolution spatio-temporelle de la structure génétique des populations</b>	<b>669</b>			
<b>26.4</b>	<b>Définition de l'espèce : un grand défi pour la biologie de l'évolution</b>	<b>671</b>			
<b>26.5</b>	<b>Spéciation par réduction des flux de gènes entre populations et sélection divergente ou dérive génétique</b>	<b>672</b>			
	Des exemples de spéciation	673			
	La distance génétique minimum nécessaire à la spéciation	674			
	Au moins dans certains cas, la spéciation est rapide	675			
<b>26.6</b>	<b>Reconstruire l'histoire évolutive</b>	<b>677</b>			
	Une méthode pour la reconstruction d'arbres évolutifs à partir de données génétiques	678			
	Les horloges moléculaires	679			
<b>26.7</b>	<b>Histoire évolutive : des réponses à un grand nombre de questions</b>	<b>681</b>			
	La transmission du VIH d'un dentiste à ses patients	681			
	La relation entre les Néandertaliens et l'homme moderne	682			
	L'origine de la mitochondrie	682			
	<i>Résumé du chapitre</i>	683			
	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>684</b>			
	Quels enseignements devons-nous tirer de l'échec du mouvement eugéniste ?	684			
	<i>Problèmes et solutions</i>	685			
	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	685			
	<i>Problèmes plus ardu</i>	686			
	<i>Bibliographie</i>	687			
<b>27</b>	<b>Génétique de la conservation</b>	<b>688</b>			
<b>27.1</b>	<b>Génétique de la conservation et diversité génétique</b>	<b>690</b>			
	La perte de la diversité génétique	690			
	Identifier la diversité génétique	691			
<b>27.2</b>	<b>Taille des populations et survie des espèces</b>	<b>692</b>			
<b>27.3</b>	<b>Effets génétiques : plus prononcés dans les petites populations isolées</b>	<b>693</b>			
	La dérive génétique	693			
	La consanguinité	693			
	La réduction du flux de gènes	695			
<b>27.4</b>	<b>Érosion génétique et diminution de la diversité génétique</b>	<b>695</b>			
<b>27.5</b>	<b>Conservation de la diversité génétique : essentielle pour la survie des espèces</b>	<b>696</b>			
	La conservation <i>ex situ</i> : l'élevage en captivité	696			
	L'élevage en captivité : le putois à pattes noires	697			
	La conservation <i>ex situ</i> et les banques de gènes	698			
	La conservation <i>in situ</i>	698			
	L'accroissement de population	699			
	<b>Génétique, technologie et société</b>	<b>700</b>			
	Pools de gènes et espèces en voie d'extinction : la situation critique de la « panthère » de Floride	700			
	<i>Résumé du chapitre</i>	701			
	<i>Problèmes et solutions</i>	701			
	<i>Problèmes et sujets de réflexion</i>	702			
	<i>Problèmes plus ardu</i>	702			
	<i>Bibliographie</i>	703			
	<b>Annexe A</b>	<b>Glossaire</b>	<b>A-1</b>		
	<b>Annexe B</b>	<b>Réponses à une sélection de problèmes</b>	<b>A-17</b>		
	<b>Crédits</b>		<b>C-1</b>		
	<b>Index</b>		<b>I-1</b>		