

GENETIQUE
ET ÉVOLUTION

C. PETIT
G. PRÉVOST

TABLE

PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉTIQUE

I. PROBLÈMES DE L'HÉRÉDITÉ

1. <i>Généralités</i>	19
2. <i>Reproduction conforme — Variation</i>	21
2.1. Cas des bactéries	21
2.1.1. Notions de clône	21
2.1.2. Mutations	22
2.1.3. Phénotype et génotype	22
2.1.4. Mutations multiples	24
2.1.5. Notion d'allèles	25
2.1.6. Recombinaison génétique	25
2.2. Cas des organismes « supérieurs »	25
2.2.1. Différenciation — Sexualité	25
2.2.2. Phénotype et génotype	26

II. IDENTIFICATION DU MATÉRIEL GÉNÉTIQUE

1. <i>Expériences montrant directement la nature du matériel génétique</i>	29
1.1. Transformation bactérienne (pneumocoque)	29
1.1.1. Expérience de Griffith	30
1.1.2. Rôle de l'ADN	31
1.1.3. Généralisation	32
1.2. Expérience de Hershey et Chase	35
1.3. Rôle de l'ARN des virus à ARN.	35

TABLE

2. Cas des « organismes supérieurs »	37
2.1. Théorie chromosomique de l'hérédité	37
2.2. L'ADN dans la cellule	38
2.3. Stabilité métabolique de l'ADN	40
2.4. Sensibilité du matériel génétique aux rayons ultra-violet	40
2.5. Mutagénèse	41

III. FONCTION AUTOCATALYTIQUE DU GÈNE

1. <i>Processus de reproduction des chromosomes</i>	44
1.1. Cas des eucaryotes, expérience de Taylor	45
1.2. Cas des bactéries, expérience de Cairns	49
2. <i>Duplication de l'ADN</i>	50
2.1. Expérience de Meselson et Stahl	50
3. <i>Structure bihélicoïdale de l'ADN et ses conséquences</i>	53
3.1. Capacité d'autoreproduction de l'ADN	54
3.2. Synthèse de l'ADN <i>in vitro</i>	54
3.3. Produits inhibiteurs de la réplication de l'ADN	57

IV. LA MÉIOSE, LA CARYOGAMIE ET LEURS CONSÉQUENCES

1. <i>Déroulement de la méiose</i>	61
1.1. Notion de Cycle	61
1.2. Étude de la division méiotique	64
1.3. Exemple de quelques cycles	66
1.3.1. Cycle de la levure de boulangerie	66
1.3.2. Cycle de <i>Neurospora</i>	69
1.3.3. Cycle du Maïs	70
1.3.4. Cycle de la Drosophile	70
2. <i>Conséquences de la méiose</i>	73
2.1. Étude de la méiose chez <i>Neurospora</i>	74
2.2. Transmission des facteurs a et A à travers la méiose	76
2.2.1. Étude des ascospores dans les asques	76
2.2.2. Interprétation des résultats	77
2.2.3. Expression de la distance entre un gène et le centromère	79

TABLE

2.3. Transmission de deux caractères portés par le même chromosome	79
2.3.1. Résultats	79
2.3.2. Interprétation	80
2.3.3. Notion de distance	80
2.4. Transmission de deux caractères portés par deux chromosomes différents	82
2.4.1. Résultats	82
2.4.2. Interprétation	82
2.5. Carte factorielle	83
2.6. Différence entre <i>Neurospora</i> et la levure	84
3. <i>Passage des caractères à travers la méiose étudiée chez un organisme diploïde (diplobiontique)</i>	85
3.1. « Monohybridisme »	86
3.1.1. Résultats	86
3.1.2. Interprétation mendelienne	86
3.2. « Dihybridisme »	88
3.2.1. Caractères indépendants	88
3.2.2. Caractères liés	90
3.2.3. Cartes factorielles	94
3.2.4. Comparaison de la carte factorielle et de la carte cytologique	97
4. <i>Génétique du maïs</i>	99
4.1. Caractères visibles chez les gamètes	99
4.2. Caractères de l'albumen de la graine	100
4.3. Cartes chromosomiques	100
5. <i>Hérédité du sexe — hérédité liée au sexe</i>	102
5.1. Déterminisme du sexe	102
5.2. Gènes liés au sexe	104
5.2.1. Cas de la drosophile	104
5.2.2. Cas de la poule	105
5.2.3. Cas de l'homme	107
6. <i>Localisation chromosomique du gène et théorie chromosomique</i>	108

V. LES ALTÉRATIONS NUCLÉAIRES ET LEURS CONSÉQUENCES

1. <i>Variation du nombre des chromosomes</i>	109
1.1. Monoploïdie	110

TABLE

1.2. Polyploïdie	111
1.2.1. Autopolyploïdes	111
1.2.2. Allopolyploïdes	112
1.2.3. Évolution du blé	114
1.3. Aneuploïdie	116
1.3.1. Aneuploïdie et déterminisme du sexe	116
1.3.2. Trisomie et mongolisme	119
2. <i>Altérations structurales des chromosomes</i>	121
2.1. Nature des altérations	121
2.1.1. Inversion	122
2.1.2. Translocation	124
2.1.3. Déficience	127
2.1.4. Chromosomes en anneaux	128
2.1.5. Duplication	129
2.2. Origine des diverses altérations	131
2.3. Importance des altérations	133
VI. ÉCHANGES CHROMOSOMIQUES NON MÉIOTIQUES - PARASEXUALITÉ	
1. <i>Recombinaison mitotique</i>	136
1.1. Crossing-over mitotique	138
1.2. Haploïdisation	138
1.3. Cas des organismes à phase diploïde prépondérante	139
2. <i>Recombinaison bactérienne</i>	139
2.1. Recombinaison à basse fréquence	140
2.1.1. Expérience de Lederberg et Tatum	140
2.1.2. Polarité des croisements	141
2.1.3. Étude génétique des souches F ⁺ et F ⁻	142
2.2. Recombinaison des souches à haute fréquence de recombinaison (Hfr)	143
2.2.1. Expériences utilisant des souches Hfr	143
2.2.2. Transmission polarisée	146
2.2.3. Interprétation	147
2.2.4. Chromosome circulaire de <i>Escherichia coli</i>	148
3. <i>Mise en évidence de liaison grâce à la transformation bactérienne</i>	151
4. <i>La transduction bactérienne</i>	152
4.1. Transduction chez <i>Salmonella</i>	152

TABLE

4.2. Transduction localisée et sexduction	154
4.2.1. Bactériophage λ <i>gal</i> ⁺	154
4.2.2. Établissement d'une liaison génétique	156
4.2.3. Transduction par l'intermédiaire du facteur F — Sexduction	156
5. <i>Recombinaison génétique chez les bactériophages</i> λ	158
5.1. Mutations chez les bactériophages	159
5.1.1. Mutation des caractères de plages	159
5.1.2. Mutation de spécificité	159
5.1.3. Mutation pour la sensibilité à la température	159
5.2. Recombinaison génétique	159
6. <i>Conclusion</i>	161

VII. STRUCTURE FINE DU GÈNE

1. <i>Étude du gène lozange de la drosophile</i>	163
1.1. Recombinaison entre gènes allèles <i>lz</i>	164
1.2. Définition d'une unité de fonction	164
1.3. Carte génétique du Cistron <i>lz</i>	165
1.4. Homoallélisme	165
1.5. Conclusion	166
2. <i>Étude d'un cistron chez le bactériophage T4</i>	166
2.1. Recombinaison entre les mutants rII du bactériophage T4	167
2.2. Application du test cis-trans	169
2.3. Évaluation de la taille des diverses unités génétiques	171
2.4. Mutation rII correspondant à des déficiences	171
3. <i>Conversion génique</i>	176
4. <i>Conclusion</i>	176

VIII. FONCTION HÉTÉROCATALYTIQUE DU GÈNE

1. <i>Évolution des idées au sujet des fonctions hétéro-catalytiques des gènes</i>	179
1.1. Étude des pigments des fleurs (J. B. S. Haldane)	179
1.2. Erreur du métabolisme (A. E. Garrod)	181
1.3. Étude de la pigmentation des yeux de la drosophile	183
1.4. Étude des mutants auxotrophes	188
1.4.1. Étude génétique des mutants	188
1.4.2. Étude phénotypique des hétérocaryotes	189
1.4.3. Étude trophique	190

TABLE

2. <i>Modification de protéines dues à des gènes mutés</i>	192
2.1. Cas de la thermosensibilité.	193
2.2. Cas de l'hémoglobine humaine	194
2.2.1. Hémoglobines mutées (hematies falciformes)	194
2.2.2. Parenté entre les différentes chaînes des hémoglobines	196
2.2.3. Conclusions	198
3. <i>Colinéarité gène-protéine</i>	199
3.1. Étude du système gouvernant la synthèse de la tryptophane synthé- thase	200
3.1.1. Aspects biochimiques et physiologiques	200
3.1.2. Aspect génétique	204
3.1.3. Étude de la colinéarité	204
3.1.4. Étude des supprimeurs	206
3.2. La colinéarité chez les mutants du Bactériophage T4	207
3.2.1. Synthèse des protéines de la tête du bactériophage	207
3.2.2. Mutations « non sens » et « faux sens »	209

IX. LE CODE GÉNÉTIQUE ET LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

1. <i>Aspect théorique du problème du code</i>	211
1.1. Le codon	211
1.2. Mutations induites par la proflavine chez le bactériophage T4 — Notion de Triplet	214
2. <i>La biosynthèse des protéines et le code</i>	218
2.1. Acide ribonucléique « messenger » (ARN M)	218
2.1.1. Mise en évidence de l'ARN « messenger »	218
2.1.2. Propriétés de l'ARN « messenger »	222
2.1.3. Inhibiteurs de la synthèse de l'ARN « messenger »	225
2.2. Acide ribonucléique de transfert (ARN T)	226
2.3. Synthèse des chaînes polypeptidiques	228
2.4. Transcription du code — Le code et les ARN T	230
2.5. Altération du système de lecture du code	233
2.6. Le code et l'ARN « messenger » de synthèse	233
3. <i>Vérification de la nature des codons grâce à l'étude des mutations</i>	235
3.1. Virus de la mosaïque du tabac	236
3.2. Tryptophane-synthétase de <i>Escherichia coli</i>	238
4. <i>Conclusion — Universalité du code</i>	240

X. LA MUTAGENÈSE

1. <i>Mise en évidence et sélection des mutations</i>	244
1.1. Cas des microorganismes	244
1.1.1. Mutations reverses — supprimeurs	246
1.1.2. Mutations léthales	246
1.2. Cas des organismes « supérieurs »	246
2. <i>Mutations spontanées et induites</i>	248
2.1. Taux de mutation	248
2.2. Caractère fortuit des mutations	248
3. <i>Mutations induites</i>	249
3.1. Effet des radiations	249
3.1.1. Courbes d'inactivation	249
3.1.2. Modification du taux de mutation	252
3.1.3. Conditions de l'irradiation	253
3.1.4. Mode d'action des radiations	254
3.2. Mutagènes chimiques	255
3.2.1. Mutagenèse par action des analogues de bases	256
3.2.2. Mutagenèse par modification des bases « <i>in situ</i> »	257
3.2.3. Spectres d'action des mutagènes	260
4. <i>Mutations extra-chromosomiques</i>	262
4.1. Cas de la levure.	262
4.1.1. Mutants « petites colonies » de la levure de boulangerie	262
4.1.2. Propriété génétique des mutants « petites »	262
4.1.3. Interprétation	263
4.1.4. Nature du facteur cytoplasmique	264
4.2. Extension de la notion d'hérédité extra-chromosomique	264

XI. RÉGULATION DU MÉTABOLISME CELLULAIRE

1. <i>Régulation chez les microorganismes</i>	267
1.1. Influence de la loi d'action des masses sur l'activité d'une chaîne biosynthétique	269
1.2. Modification de l'activité des enzymes	271
1.2.1. Activation	272
1.2.2. Retroinhibition	273
1.2.3. Interactions allostériques	273
1.2.4. Relations entre chaînes métaboliques	275

TABLE

1.3. Régulation de la synthèse des enzymes	276
1.3.1. Répression	276
1.3.2. Induction	276
1.3.3. Gènes de régulation	279
1.3.4. L'opéron	281
1.3.5. Cas des microorganismes autres que les bactéries	286
2. <i>Cas des métazoaires</i>	287
2.1. Les hormones et l'activité génique	288
2.2. Activité intermittente des gènes	289
2.3. Organisation chromosomique et activité des gènes	294
3. <i>Différenciation cellulaire et régulation métabolique</i>	295

DEUXIÈME PARTIE : ÉVOLUTION

INTRODUCTION	301
------------------------	-----

I. POPULATIONS

1. <i>Structure des populations</i>	303
2. <i>Hétérogénéité et évolution</i>	304
2.1. Variations indépendantes du milieu	304
2.2. Variations dépendant partiellement du milieu	304
2.3. Variations individuelles induites par le milieu	305

II. GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS

1. <i>Modalités de l'élimination</i>	307
1.1. Élimination massive	307
1.2. Élimination sélective	308
2. <i>Stabilité de l'effectif</i>	309
3. <i>Loi de Hardy-Weinberg</i>	309
4. <i>Loi de Hardy et sélection</i>	311

TABLE

5. <i>Loi de Hardy, modèle de référence</i>	312
6. <i>Maintien de l'hétérogénéité</i>	314
6.1. Mutations	315
6.2. Vigueur hybride	316
6.2.1. Anémie falciforme	316
6.2.2. Remaniements chromosomiques chez <i>Drosophila pseudoobscura</i>	317
6.2.3. Hétérosis et adaptations saisonnières.	318
6.3. Valeurs sélectives variables	319
6.4. Létalité fonction du milieu	320
III. RÔLE DE LA SÉLECTION DANS L'ADAPTATION DES POPULATIONS NATURELLES	
1. <i>Sélection chez les bactéries</i>	323
2. <i>Résistance aux insecticides</i>	325
2.1. Principe de l'expérience	326
2.2. Interprétation	327
3. <i>Mélanisme industriel</i>	328
4. <i>Escargots des haies</i>	331
5. <i>Adaptations complexes</i>	332
5.1. Caractères sexuels secondaires	332
5.2. Mimétisme	333
IV. ESPÈCE ET SPÉCIATION	
1. <i>Espèce</i>	337
2. <i>Structure des espèces et notion de race géographique</i>	338
2.1. Répartition géographique des fréquences géniques	338
2.2. Races géographiques	340
3. <i>Races géographiques et spéciation</i>	340
4. <i>Mécanismes d'isolement</i>	342
4.1. Types d'isolement	342
4.2. Nature de l'isolement sexuel	344
5. <i>Apparition des mécanismes d'isolement</i>	344
5.1. Dérive génétique et isolement	346

TABLE

5.2. Déterminisme génétique des mécanismes d'isolement	347
5.2.1. Principe de l'expérience	347
5.2.2. Interprétation génétique	347
6. <i>Spéciation par polyploidie</i>	349
V. DIFFÉRENCIATION DES GRANDS GROUPES	
1. <i>Échelle géologique</i>	353
2. <i>Documents paléontologiques</i>	355
2.1. Discontinuités limitées au sein d'une série	355
2.2. Discontinuités systématiques	358
2.2.1. Étude des vitesses d'évolution	358
2.2.2. Processus de spéciation et fossilisation	358
3. <i>Radiations adaptatives</i>	359
3.1. Radiations adaptatives des reptiles	361
3.2. Radiations adaptatives des mammifères	362
4. <i>Convergence</i>	363
VI. ÉVOLUTION HUMAINE	
1. <i>Homme et Primates</i>	365
2. <i>Hominisation</i>	369
2.1. Australopithèques	369
2.2. <i>Homo habilis</i>	372
2.3. <i>Homo erectus</i>	372
2.4. <i>Homo sapiens</i>	373
2.5. Homme moderne	374
3. <i>Races humaines</i>	374
SIGLES	381
BIBLIOGRAPHIE	383
INDEX	385