



Daniel L. Hartl

**GÉNÉTIQUE
DES
POPULATIONS**

—◆—
traduit de l'américain par
Nicolas Borot

Médecine-Sciences
Flammarion

BL 122

Daniel L. Hartl

Harvard University – Department of
Organismic and evolutionary Biology

1 LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE

GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS

Traduit de l'américain par

Nicolas Borot

Chargé de Recherches au CNRS
Centre d'Immunopathologie et
de Génétique Humaine – Toulouse

4537 $\frac{2}{4}$
BIBLIOTHÈQUE
MÉDECINE-SCIENCES
FLAMMARION

Médecine-Sciences
Flammarion

4, rue Casimir-Delavigne, 75006 Paris

SOMMAIRE

Préface	IX
Préface à l'édition française	XIII

1 LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE 1

/ Diversité phénotypique et variabilité génétique	5
/ L'électrophorèse des protéines	5
/ Les fréquences alléliques	7
/ Le polymorphisme	11
Les polymorphismes des allozymes	11
Quelle est la représentativité des allozymes ?	13
- Les polymorphismes de fragments de restriction de l'ADN	14
x La variabilité génétique observable dans les populations naturelles	17
Les populations	19
Les utilisations des polymorphismes génétiques	20
Structure de la variabilité génétique	21
Les modèles	21
- La panmixie ou les croisements au hasard	23
- La loi de Hardy-Weinberg	23
- Application de la loi de Hardy-Weinberg	28
- La fréquence des hétérozygotes	31
Cas particuliers de la panmixie	34
- Gène avec trois allèles ou plus	34
- Les gènes liés à l'X	37
Liaison et déséquilibre de liaison	40
L'homogamie	47
La consanguinité	49
Les fréquences génotypiques dans le cas de la consanguinité	49
Le coefficient de consanguinité	52
Les effets de la consanguinité	54
Calcul du coefficient de consanguinité à partir de généalogies	59
Modes de croisements systématiques	62
Résumé	65
Pour en savoir plus	66

2 LES CAUSES DE L'ÉVOLUTION

69

La dérive génétique	69
Les conséquences de la dérive génétique	74
Les niveaux de structuration d'une population	78
Augmentation de l'index de fixation par la dérive génétique	81
Effectif efficace	85
La divergence génétique entre sous-populations	90
Les mutations	93
Évolution des fréquences alléliques sous la pression de mutation	94
Nombre des allèles qui se maintiennent dans les populations	98
L'hypothèse neutraliste	100
Les migrations	103
Le modèle de l'archipel	103
Migration uni-directionnelle	104
Rupture d'isolement et principe de Wahlund	106
Comment les migrations atténuent la divergence génétique	109
Estimations des migrations	110
Les modèles de migration	112
La sélection naturelle	114
La signification de l'adaptation	114
Sélection chez les haploïdes	116
Sélection chez les diploïdes	116
Temps nécessaire à la variation des fréquences alléliques	119
Sélection avec équilibre	124
Topographies adaptatives et rôle de la dérive génétique	128
L'équilibre mutation-sélection	129
Modes de sélection plus complexes	130
Sélection interdémique et théorie de l'équilibre mobile	131
Sélection de parentèle	134
Résumé	137
Pour en savoir plus	139

3 GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS : ASPECTS MOLÉCULAIRES 143

La théorie neutraliste de l'évolution	144
Les principes de la théorie neutraliste	145
Les taux de substitution des acides aminés	150
Les taux de substitution de nucléotides	154
Modes de substitution des nucléotides et des acides aminés	155
Évolution de l'ADN des mitochondries et des chloroplastes	162
Les horloges moléculaires	166
Quelques malentendus à propos de la théorie neutraliste	172
Une appréciation de la théorie neutraliste	178
Évolution dans les familles multigéniques	179
Mécanismes d'évolution concertée	179
Duplication et divergence dans les familles multigéniques	182
Les superfamilles multigéniques	185
Les séquences d'ADN groupées et très répétées	189
Les séquences d'ADN répétées et dispersées	192
Les éléments transposables	196
Régulation de la dynamique des populations d'éléments transposables	197
Insertions de séquences et transposons composites chez les bactéries	197
Les éléments transposables chez les eucaryotes	201
La dysgénésie des hybrides chez <i>Drosophila</i>	202
Rétrovirus endogènes chez les mammifères	203
Le transfert horizontal des rétrovirus endogènes	206
Résumé	208
Pour en savoir plus	213

4 GÉNÉTIQUE QUANTITATIVE

215

X Les catégories de caractères quantitatifs	215
La distribution normale	218
La sélection artificielle	224
Équation de prédiction dans le cas de la sélection individuelle	226
Bases génétiques des caractères quantitatifs	232
X Variations des fréquences alléliques	235
Évolution de la valeur phénotypique moyenne	237
Nombre de gènes qui déterminent les caractères quantitatifs	239
Intensité de la sélection	243
Applications aux populations naturelles	243
Le théorème fondamental de la sélection naturelle	244
L'effet des flux géniques	246
La sélection stabilisatrice	247
Architecture génétique et pléiotropie antagoniste	249
Les limites de l'héritabilité	251
Utilisation de l'héritabilité dans l'élaboration des schémas de sélection	256
Ressemblance entre apparentés	259
La ressemblance parent-enfant	259
Covariance et régression	260
Analyse de la variabilité génétique	263
Composantes de la variabilité génotypique	267
La covariance entre individus apparentés	269
Sélection artificielle à long terme	271
La divergence génétique dans les petites populations	273
La dépression consanguine	273
Les réponses corrélées	274
Les limites de la sélection	275
Les caractères à seuil	277
Variable sous-jacente	278
Application aux caractères humains	280
Résumé	282
Pour en savoir plus	285
Bibliographie	287
Index	297

La génétique des populations mêle observations et théorie dans le but d'expliquer les modifications génétiques qui surviennent au sein des populations et entre les populations. La place de la génétique des populations est particulière en biologie parce qu'elle fait appel à des disciplines très variées, notamment la biologie moléculaire, la génétique, l'écologie, la biologie évolutive, la systématique, l'histoire naturelle, la sélection végétale, la sélection animale, de nombreux domaines de la protection et de la gestion de la faune et de la flore sauvages, la génétique humaine, la sociologie, l'anthropologie, les mathématiques et les statistiques. Les lois de la génétique des populations ont des applications si diverses qu'il est souhaitable de les voir résumées brièvement sous une forme accessible à un large public. C'est ce que j'ai tenté de réaliser ici.

Cet ouvrage s'adresse à un public d'étudiants qui cherche à valoriser ses connaissances de génétique des populations, pour les appliquer dans d'autres domaines. Nous avons insisté particulièrement sur les fondements de la génétique des populations et leurs applications à des situations réelles. Il n'est fait appel à aucune notion mathématique au-delà de l'algèbre simple, et toutes les notions sont illustrées par des exemples numériques qui utilisent, autant que possible, des données réelles.

Chacune des quatre parties de l'ouvrage comporte environ 25 exercices choisis pour illustrer des applications de notions essentielles. Trois critères particuliers ont été respectés afin de rendre ces problèmes aussi intéressants qu'utiles. Premièrement, la plupart d'entre eux utilisent des données rassemblées dans la nature ou provenant d'expériences de laboratoire. Deuxièmement, chaque exercice s'insère dans le texte principal immédiatement après le principe qu'il a pour but d'illustrer. Troisièmement, la solution de chaque problème est exposée en détail.

Chaque partie s'achève par un résumé, suivi de nombreuses suggestions de lectures complémentaires. Dans un but de concision, les citations dans le texte ont été réduites à un minimum, et la littérature citée est présentée à la fin du livre.

DANIEL L. HARTI



9 782257 150240

FM 5024-94-IX

300,00 FF

