

Matière: Génétique quantitative et dynamique des populations

Unité d'enseignement fondamentale : UEF 1 (O/P)

Crédits : 6

Coefficient : 3

Contenu de la matière

1. Diversité génétique : définition, outils et paramètres
2. Modèles de base
3. Forces évolutives : mutation, migration, dérivé, sélection
4. Impact des régimes de reproduction
5. Génétique des populations microbiennes
6. Introduction à la génétique quantitative

Mode d'évaluation : Contrôles continus et examens

Références (*Livres et polycopiés, sites internet, etc*).

- □ HARRY M., 2001- Génétique moléculaire et évolutive. Ed. Maloine.
- □ HARTL D.L., 1994- Génétique des Populations. Ed. Flammarion.
- □ HENRY C., 2001- Biologie des populations animales et végétales. Ed. Dunod.
- □ HENRY J.P. et GOUYON P.H., 2003- Précis de Génétique des Populations. Ed. Dunod

Objectifs de l'enseignement : *Introduire les concepts clés en génétique des populations et maîtriser les formalisations de base.*

Chapitre I: Diversité génétique : définition, outils et paramètres

Diversité génétique

La **diversité génétique** désigne le degré de variétés des gènes au sein d'une même espèce, correspondant au nombre total de caractéristiques génétiques dans la constitution génétique de l'espèce (voire de la sous-espèce). Elle décrit le niveau de la diversité intraspécifique. Elle se distingue de la variabilité génétique, qui mesure la variation des caractéristiques génétiques d'un individu, d'une population, d'une métapopulation, d'une espèce ou d'un groupe d'espèces.

C'est un des aspects majeurs de la biodiversité, sur la planète, comme au sein des écosystèmes et des populations.

Mesurer le degré d'interdépendance entre la « diversité génétique » et la « diversité biologique » est délicat notamment chez les plantes ou chez certains microorganismes ou animaux primitifs capables de naturellement se cloner⁵, mais ce travail commence à être fait, par exemple au sein d'espèces prairiales⁶.

La diversité génétique est celle des espèces sauvages, mais aussi celle des espèces cultivées (végétaux, champignons, levures) ou élevées (animaux) par l'Homme, et elle est également en forte régression, question qui préoccupe de nombreux prospectivistes et chercheurs ainsi en France que la Caisse des dépôts^{7,8}.

2. Expression de la biodiversité ou concept de la diversité biologique :

Le mot biodiversité est à la fois un néologisme et un mot-valise construit à partir des mots : biologie et diversité. La biodiversité désigne alors la diversité du monde vivant au sein de la nature.

Le mot biodiversité ou diversité biologique désigne la diversité du vivant : la variété de formes de vie sur la Terre, la vie végétale, animale et bactérienne de même que les processus écologiques auxquels ils appartiennent. Elle comprend différents niveaux d'organisation : diversité génétique, diversité des espèces, diversité des écosystèmes et diversité des paysages.

3.1. Diversité génétique : La diversité génétique correspond à la diversité des gènes au sein des espèces : environ 1000 gènes chez une bactérie, 10000 gènes chez le champignon, 400000 gènes chez une plante à fleur. Chaque individu d'une espèce possède une multitude de gènes qui lui sont propres, ce qui conduit à une très grande variété, reflet de la spécificité génétique de chacun : cf. Variété des visages humains, variété des pommiers (> de 2000), des rosiers, etc....

2- Impact de régimes de reproduction

Au sein d'une population, tous les individus peuvent se reproduire entre eux avec la même probabilité (on dit alors que la population est panmictique). Dans le cas contraire, ils peuvent se reproduire davantage avec eux-mêmes (possible chez les espèces hermaphrodites) ou avec des apparentés - plus proches géographiquement - qu'avec les autres individus de la population. On parle alors de **régime fermé**, ou consanguin. Enfin, ils peuvent se reproduire moins souvent avec eux-mêmes ou leurs proches qu'avec le reste de la population (par exemple s'il existe des systèmes d'auto-incompatibilité ou des règles sociales d'évitement), et on parle alors de **régime ouvert**.

Lorsqu'un individu se reproduit avec lui-même, on parle d'autofécondation. Lorsqu'il se reproduit avec d'autres individus (apparentés ou non), on parle d'allofécondation.

1• Homogamie : appariement préférentiel de génotypes identiques correspondant à un phénotype particulier (couleur, taille,...).

- L'homogamie réduit l'hétérozygotie, augmente l'homozygotie, pour les gènes déterminant le phénotype impliqué dans l'appariement préférentiel.

Exemple1:

.....
...

2• hétérogamie (Régime de reproduction "partiellement" ouvert)

- Hétérogamie (ou allogamie) : appariement préférentiel avec un partenaire dissemblable (sur au moins un caractère).
- L'hétérogamie augmente l'hétérozygotie pour les gènes déterminant le phénotype impliqué dans l'appariement préférentiel.

Exemple 2 : systèmes d'auto-incompatibilité chez les plantes

- *mécanismes les plus répandus et e-caces d'évitement de l'autofécondation chez les angiospermes.*
- *si pollen même phénotype que pistil ou stigmate => germination ou croissance inhibées : le croisement est incompatible et la fécondation ne peut avoir lieu.*
- *si génotypes/allèles différents, réaction compatible et fécondation possible.*

Régimes de reproduction

- homo/hétérogamie, consanguinité, autofécondation.
- => modifient la distribution des différents génotypes.

Forces évolutives

- => modi..ent la fréquence des allèles.
- **mutation** : source fondamentale de variation.
- **migration** : introduction d'allèles (nouveaux) dans une population.
- sélection naturelle : avantage ou désavantage adaptatif d'un allèle (tness).
- **dérive génétique** : fluctuations aléatoires des fréquences résultant d'un échantillonnage aléatoire parmi les gamètes, pour générer la génération suivante. Processus important dans les petites populations.

3- Les forces évolutives

Plusieurs facteurs génomiques, démographiques ou évolutifs sont à la base du façonnement de la diversité génétique :

- **les mutations génétiques**, c'est-à-dire des modifications de la séquence d'ADN d'un gène
- **la sélection naturelle**, un processus (découvert par Darwin) selon lequel l'élimination naturelle des individus les moins aptes dans un environnement donné permet à une population de s'adapter, de génération en génération ;
- **la dérive génétique**, l'évolution d'une population ou d'une espèce causée par des phénomènes aléatoires, impossibles à prévoir ; notons que les effets de la dérive sont très importants dans les petites populations
- **la migration génétique**, le transfert de gènes d'une population à une autre du fait de la migration des individus.

La génétique des populations est la partie de la génétique qui étudie les lois de la distribution des gènes (unités de l'hérédité) et des génotypes (le complément génétique qui occupe un ou plusieurs loci) ainsi que les mécanismes déterminant la variabilité génétique dans une population.

Une population est un groupe d'individus parmi lesquels des mariages sont possibles. La variabilité génétique est fixée par les facteurs de l'évolution : mutation, sélection naturelle, dérive génétique aléatoire et migration.

Mutation

La mutation est une modification spontanée ou induite de l'information encodée dans le matériel génétique d'une cellule. Quand le chromosome se réplique, de nombreux types d'erreurs peuvent se produire : substitution, insertion, délétion ou transposition de nucléotides de l'ADN. La mutation est la source ultime de variation génétique, bien que la plupart des nouvelles mutations, lorsqu'elles deviennent homozygotes (la situation se présente lorsque chaque parent apporte des allèles identiques, c'est-à-dire, des formes appariées d'un gène qui occupent le même locus d'un chromosome) soient nuisibles dans des environnements normaux. Un équilibre entre mutation récurrente et perte par sélection contribue à garder l'allèle nuisible à une fréquence très faible. Les radiations ou les agents chimiques mutagènes qui augmentent les taux de mutation peuvent, à long terme, avoir des conséquences graves pour une population.

Sélection naturelle

« L'adaptation » d'un individu est sa capacité de survivre jusqu'à la maturité et de se reproduire. Si une modification de l'environnement favorise la survie et la reproduction d'un individu porteur d'un allèle rare (peut-être une nouvelle mutation), cet individu engendrera une descendance plus importante dans la génération suivante. Avec le temps, la fréquence de cet allèle particulier augmentera dans la population. Ce processus constitue le principe de la sélection naturelle. Une sélection favorisant les hétérozygotes (individus porteurs de deux allèles différents au même locus sur une paire de chromosomes) constitue une façon de conserver les allèles dans une population à des fréquences intermédiaires (polymorphisme).

La structure d'une population interagit avec les facteurs de l'évolution pour fixer la distribution des génotypes à l'intérieur de celle-ci. Les effets causés par la structure d'une population comprennent les écarts par rapport à l'accouplement aléatoire qui résultent, par exemple, de mariages entre parents ou de la subdivision de la population en groupes plus petits. La consanguinité a pour effet d'augmenter les chances que les descendants héritent de deux copies identiques d'un gène présent chez un ancêtre commun. En conséquence, les accouplements consanguins augmentent les chances d'apparition d'un caractère récessif rare s'il est présent dans la population.

Dérive génétique aléatoire et migration

Les fluctuations aléatoires, appelées dérive génétique aléatoire, ont pour conséquence la dispersion, avec le temps, des fréquences géniques dans des isolats restreints. Plus la taille d'une population est petite, plus ces effets dispersifs sont importants. Les migrations entre sous-populations contrebalancent la différenciation génétique causée par la dérive génétique aléatoire. Les isolats génétiques sont habituellement fondés par un petit groupe d'ancêtres et ainsi certains allèles sont perdus par hasard alors que d'autres sont retenus. Si un fondateur se trouve porteur d'un allèle, par ailleurs rare, et a de nombreux descendants, l'allèle, qu'il soit nuisible ou non, peut atteindre une fréquence importante à la suite d'une dérive génétique aléatoire.