

Test de spécialité SVT - novembre 2020 - correction

Exercice 1 : Le modèle de Hardy-Weinberg

Introduction

Dans une population d'individus diploïdes, il existe un polymorphisme génétique car chaque gène existe sous différentes formes : les allèles.

Dans un premier temps nous expliquerons le modèle théorique de Hardy-Weinberg qui prédit une stabilité des fréquences des allèles dans une population au cours des générations. Puis nous étudierons l'évolution de la fréquence des allèles dans les populations réelles.

I- Un modèle de population "idéalisée" : le modèle de Hardy-Weinberg

Une population est dite en équilibre de Hardy-Weinberg lorsque de génération en génération, les fréquences alléliques d'une population restent constantes.

Le modèle de Hardy-Weinberg est soumis aux hypothèses suivantes :

1. La population étudiée est panmictique (système de reproduction sexuée où les fécondations se font au hasard).
2. La population est très grande en effectif, ceci pour diminuer très fortement les variations d'échantillonnage. Il faut donc que la taille d'une population tende vers l'infini pour qu'un patrimoine génétique se maintienne ;
3. Il ne doit y avoir dans la population, ni sélection, ni mutation, ni migration (dérive génétique), ;
4. Il ne doit y avoir de croisement entre générations différentes;
5. Les différents génotypes sont viables et féconds.

Le modèle de Hardy-Weinberg permet d'estimer les fréquences alléliques et génotypiques des générations futures pour un gène à deux allèles dans une population.

Dans cette population, l'allèle B a une fréquence p et l'allèle b a une fréquence q avec $p+q = 1$

Dans la population les mâles et les femelles produisent alors des gamètes B à une fréquence p et des gamètes b à une fréquence q . Lors de la reproduction, les gamètes se rencontrent au hasard.

		Spermatozoïdes	
		B (p)	b (q)
Ovules	B (p)	B/B (p^2)	B/b (pq)
	b (q)	B/b (pq)	b/b (q^2)

Trois génotypes sont possibles dans les descendants à la génération $n+1$

(B/B) avec une fréquence de $p \times p = p^2$

(b/b) avec une fréquence de $q \times q = q^2$

(B/b) avec une fréquence de $p \times q + q \times p = 2pq$

On note la somme de ces trois fréquences correspondant au développement de $(p+q)^2$

$$\rightarrow p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

On recherche les fréquences des deux allèles à la génération $n+1$. On a :

$$f(B) = p^2 + 1/2 \times (2pq) = p^2 + pq = p(p+q) = p$$

$$f(b) = q^2 + 1/2 \times (2pq) = q^2 + pq = q(q+p) = q$$

On constate donc que les fréquences respectives des deux allèles ne changent pas d'une génération à l'autre.

II- Les forces évolutives à l'œuvre dans les populations réelles

Les mutations, phénomène rare et aléatoire sont à l'origine de nouveaux allèles d'un gène. Si la population est de grande taille, l'impact d'une mutation et de l'apparition d'un nouvel allèle sur les fréquences des allèles préexistants est limité.

Aussi, ce nouvel allèle peut apporter un avantage ou être défavorable aux individus qui le possèdent : la fréquence de cet allèle va augmenter ou diminuer selon.

Les populations réelles ne répondent donc jamais aux hypothèses qui fondent l'équilibre de HW. L'observation d'écarts entre les fréquences alléliques d'une population et les valeurs établies par le modèle de HW, suggère alors l'intervention de facteurs d'évolution comme la dérive génétique, la sélection.

Nous allons donner ici des exemples de situations d'évolution biologique expliquant un écart par rapport au modèle de Hardy-Weinberg.

a- La sélection naturelle : ex les poux des plumes (autre ex lap halène du bouleau)

Le document proposé traite des pigeons et de leurs parasites, les poux des plumes qui sont de parfaits exemples de l'évolution des espèces. Les résultats de la sélection naturelle sont observables... en quelques années seulement !

Les poux des plumes sont des parasites qui se nourrissent des plumes et de l'épiderme des oiseaux. Les pigeons se débarrassent d'eux en les piquant avec leurs becs.

La couleur du pou est déterminée par les allèles de plusieurs gènes.

Les chercheurs ont récupéré des poux des pigeons gris. Ils les ont placés sur les pigeons blancs, gris et noirs. Après quatre ans (et 60 générations de poux !), ils ont pu observer une différence notable dans les couleurs des insectes.

→ Les poux ont évolué : ils sont devenus plus clairs chez les pigeons blancs et plus sombres sur les noirs.

→ Les poux gris d'une seule espèce ont pu évoluer pour recréer la gamme de couleur de toutes les espèces existantes.

– Le pou clair peut mieux se camoufler sur un pigeon blanc : il est sélectionné positivement comparé au pou noir qui est combattu par le pigeon blanc

– C'est l'inverse pour le pou foncé mieux camouflé sur un pigeon noir.

→ Si le pou est de la même couleur que les plumes du pigeon, alors la tâche est plus ardue pour le pigeon de le combattre : la parasite réussit à se camoufler et à survivre.

→ À l'échelle des populations, l'évolution consiste en des changements, d'une génération à l'autre, dans les fréquences alléliques. Les individus mieux adaptés à un environnement sont sélectionnés positivement : C'est la sélection naturelle.

b- La dérive génétique

Elle consiste en une variation aléatoire de la fréquence des allèles qui ne confèrent ni avantage ni désavantage aux individus qui les portent.

Les fréquences alléliques d'un gène vont donc varier d'une génération à l'autre, certains allèles voyant leur fréquence diminuer ou augmenter au sein de la population. Plus la taille de la population est faible, plus la dérive est rapide.

Ces variations peuvent aller donc jusqu'à la disparition de certains allèles, ce qui a pour conséquence directe la diminution du nombre d'allèles du gène dans la population.

Exemple : La population Amish

L'effet fondateur est une perte de diversité à l'occasion de l'isolement d'une petite communauté (les fondateurs) à partir d'une population-mère (migration). Lorsqu'un petit groupe se sépare d'une population pour fonder une nouvelle colonie, les partants sont porteurs d'une partie seulement des allèles de la population d'origine. Sous l'influence de la DG, qui joue sur cet effectif réduit, la nouvelle population peut acquérir une structure génétique particulière.

c- La sélection sexuelle

Le modèle de HW est valable dans une population où les accouplements se font de façon aléatoire. Dans certains cas : monogamie pour les animaux, autopolinisation chez certains végétaux, préférence sexuelle (cas de l'euplecte) le modèle ne s'applique donc pas.

Conclusion : Le modèle de HW prédit une stabilité des génomes au cours des générations au sein d'une population. Mais les conditions d'application de ce modèle sont telles que dans les populations réelles, il y a une différenciation génétique au cours du temps par différentes forces évolutives (mutation, dérive génétique et sélection).

Exercice 2 : Reconstitution de l'histoire géologique d'une partie de l'île de Groix

L'île de Groix, située au large de Lorient, possède une réserve géologique unique en Europe. On y rencontre en particulier des glaucophanites.

On se demande alors quelles informations vont nous apporter ces roches pour nous permettre de retracer l'histoire géologique de l'île de Groix ?

Nous retracerons donc l'histoire de cette île grâce à l'étude des documents proposés complétée par nos connaissances.

I – La glaucophanite, une roche métamorphique

Grâce à l'étude du document 1 qui est une photo d'une glaucophanite, nous observons différents minéraux : des grenats, du glaucophane et de la jadéite.

Si nous reportons cette association minéralogique dans le diagramme pression-température du document 2, nous observons que cette roche est issue d'un métamorphisme de haute pression (>1000MPa) basse température (autour de 300°C) typique des zones de subduction.

Nous pouvons donc déduire de cette première étude que la glaucophanite est une roche métamorphique caractéristique d'une subduction océanique.

Sa composition minéralogique peut-elle nous renseigner sur son origine ?

II – L'origine de la glaucophanite

Les tableaux du document 4 comparent les compositions de 6 glaucophanites de l'île de Groix avec 5 roches de référence.

Nous remarquons que la composition chimique moyenne des 6 glaucophanites de l'île de Groix se rapproche de celle du gabbro.

Nous pouvons donc en déduire que les glaucophanites sont issues d'un métamorphisme touchant des gabbros lors d'une subduction océanique. Ce sont donc des métagabbros.

Demandons-nous alors quel âge à cette subduction ?

III – L'âge des glaucophanites

Si nous parvenons à dater les glaucophanites, nous pourrions alors avoir une idée de la période de subduction.

Le document 3 nous montre la droite isochrone obtenue à partir des rapports des isotopes (^{87}Rb et ^{87}Sr) mesurés dans la glaucophanite de l'île de Groix et dans des micas extraits de cette glaucophanite.

La pente « a » de cette droite nous permet de dater cette roche en appliquant la relation : $t = a/\lambda$.

Nous trouvons un âge de 350 Ma pour la glaucophanite de l'île de Groix.

Nous pouvons en déduire que la subduction était active il y a 350 Ma

Synthèse – Conclusion

Cette étude documentaire, nous a donc permis de retrouver l'histoire géologique de la partie de l'île de Groix où l'on observe les glaucophanites.

Il y a 350 Ma une zone de subduction était présente à cet endroit. Une plaque océanique plongeait sous une lithosphère (sans doute continentale) entraînant avec elle les gabbros. Ces derniers ont subi le métamorphisme caractéristique des zones de subduction. Les glaucophanites, métagabbros formés à HP et BT, en sont les témoins. Cette subduction a été suivie d'une collision continentale au cours de laquelle les glaucophanites ont été remontées en surface. Elles sont alors visibles à l'affleurement de nos jours.