

TP.10 – L'homme, la dérive génétique, la sélection naturelle et la biodiversité

La nature du vivant - Unité et diversité – Évolution

CORRIGÉ

A. L'homme, facteur d'évolution de la biodiversité

À disposition : documents 2 et 3, pages 90 - 91, manuel Bordas 2010.

▶▶ À l'aide du document 2, indiquer en argumentant, les deux principales actions de l'homme sur le peuplement des écosystèmes.

L'homme agit sur la biodiversité en :

- réduisant le nombre des espèces par la surpêche, la chasse, la déforestation et l'assèchement des zones humides pour cultiver, par l'utilisation de pesticides et d'engrais...
- important des espèces (dites invasives) étrangères aux écosystèmes, volontairement pour l'élevage ou involontairement par les transports. Ces espèces souvent n'ont pas de prédateur dans ce nouvel écosystème, elles utilisent alors de manière intensive les ressources du nouvel écosystème et font disparaître les espèces locales.

▶▶ À l'aide du document 3, expliquer comment une nouvelle espèce de moustiques est apparue durant le 20^e siècle à Londres.

La construction des tunnels du métro londonien a constitué un nouvel habitat. Une petite population de moustiques de surface s'est trouvée isolée dans ce nouveau milieu. Cette population de moustiques du métro est donc une population fondatrice.

Isolés des moustiques de surface, les moustiques du métro ont vu leur patrimoine allélique évoluer de manière différente des moustiques de surface (dérive génétique vue au B). L'isolement ayant empêché tout brassage par reproduction les deux espèces se sont séparées (critère : ne peuvent pas se reproduire entre eux).

Dans un milieu où les conditions climatiques sont quasi constantes et où les mammifères sont principalement des humains et des rongeurs, cette population fondatrice s'est adaptée en ayant un cycle de vie sans diapause et en changeant de « proie » (sélection naturelle vue au C).

B. La dérive génétique et la biodiversité

Étude de l'évolution des populations fondatrices d'un milieu insulaire

▶▶ Définir l'expression « dérive génétique ».

À disposition : votre interprétation du document 3, p. 91 et les documents 1 et 2, p. 92, manuel Bordas 2010.

Modification au cours du temps de la fréquence des allèles dans une population donnée.

1. Dérive génétique et effet fondateur : présentation

À disposition : document 7 (L'île volcanique de Surtsey), p. 101, manuel Bordas 2010.

▶▶ Comment expliquer la différence de diversité allélique observée entre les espèces continentales et les espèces fondatrices qui ont colonisé l'île de Surtsey.

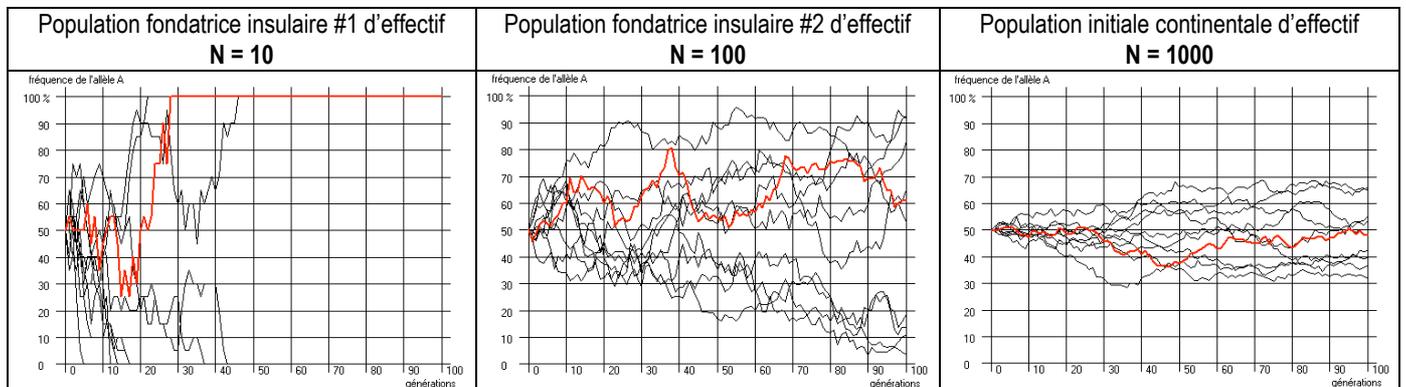
L'île volcanique de Surtsey apparue dans l'océan près des côtes islandaises en 1963 représente un milieu vierge de vie. Ce milieu fut lentement colonisé par la végétation et la faune. Quelques individus des espèces colonisatrices fondent une nouvelle population isolée de la population d'origine (Islande ou continent), ces individus fondateurs n'apportent pas la totalité des allèles qui caractérisent la population d'origine. Un effet de dérive génétique modélisé ci-après explique que le nombre d'allèle de la population fondatrice est inférieur à celui de la population d'origine.

2. Dérive génétique et effet fondateur : modélisation

À disposition : le logiciel « Évolution allélique ».

Ceci est un tirage au sort parmi d'autres et ne correspond sans doute pas exactement au vôtre.

Fréquence initiale $p(A) = 0,5$						Nombre de générations = 100									
Essai	Population fondatrice insulaire #1 d'effectif $N = 10$					Population fondatrice insulaire #2 d'effectif $N = 100$					Population initiale continentale d'effectif $N = 1000$				
	$p(A)$	Gén	$p(A/A)$	$p(a/a)$	$p(A/a)$	$p(A)$	Gén	$p(A/A)$	$p(a/a)$	$p(A/a)$	$p(A)$	Gén	$p(A/A)$	$p(a/a)$	$p(A/a)$
1	0	17	0	1	0	13	/	0,02	0,75	0,23	32	/	0,10	0,45	0,45
2	0	17	0	1	0	83	/	0,62	0,33	0,05	66	/	0,43	0,12	0,45
3	1	46	1	0	0	54	/	0,28	0,47	0,25	40	/	0,15	0,37	0,48
4	0	5	0	1	0	92	/	0,83	0,01	0,16	65	/	0,42	0,12	0,46
5	1	22	1	0	0	64	/	0,42	0,15	0,43	36	/	0,13	0,42	0,47
6	0	37	0	1	0	18	/	0,03	0,68	0,29	55	/	0,30	0,20	0,50
7	0	14	0	1	0	11	/	0,01	0,81	0,19	42	/	0,18	0,32	0,50
8	0	43	0	1	0	5	/	0,01	0,92	0,67	50	/	0,25	0,25	0,50
9	0	12	0	1	0	92	/	0,85	0,01	0,14	52	/	0,28	0,22	0,50
10	1	28	1	0	0	62	/	0,37	0,15	0,48	48	/	0,25	0,27	0,50



► En vous aidant des résultats des simulations répondre par vrai (V) ou faux (F) dans la 2^e colonne.

1	F	Les populations deviennent d'autant plus homozygotes que leur effectif est grand. <i>L'effet de la dérive est d'autant plus important que la taille de la population est faible.</i>
2	F	Plus l'effectif est petit, moins on a de chance de fixer ou d'éliminer l'un des allèles. <i>L'effet de la dérive est d'autant plus important que la taille de la population est faible.</i>
3	V	Plus l'effectif d'une population est faible, plus elle a de chance de devenir homozygote rapidement. <i>L'effet de la dérive est d'autant plus important que la taille de la population est faible.</i>
4	V	La probabilité de fixation ou d'élimination d'un allèle diminue lorsque la taille de la population augmente. <i>L'effet de la dérive est d'autant plus important que la taille de la population est faible.</i>
5	V	Le temps moyen de fixation ou d'élimination d'un allèle est d'autant plus grand que la taille de la population est grande. <i>Le temps moyen de fixation ou d'élimination d'un allèle augmente avec l'effectif de la population</i>
6	F	Ces temps sont indépendants de l'effectif de la population. <i>Plus l'effectif est petit, plus il est facile de tirer uniquement des gamètes d'un même type. En fait, le temps moyen de fixation ou d'élimination d'un allèle augmente avec l'effectif de la population.</i>
7	F	Plus la population est petite, plus le temps moyen pour atteindre l'état homozygote est grand. <i>Plus l'effectif est petit, plus il est facile de tirer uniquement des gamètes d'un même type. En fait, le temps moyen de fixation ou d'élimination d'un allèle augmente avec l'effectif de la population.</i>

C. Sélection naturelle et biodiversité

Le cas de la drépanocytose dans les pays où sévit le paludisme

► Définir l'expression « sélection naturelle ».

Exprime le fait que des caractères possédés par un individu favorisent sa survie et sa reproduction permettant une meilleure transmission des allèles qui codent pour ces caractères. Le fréquence de ces allèles « favorables » augmente donc dans la population.

1. La drépanocytose

La drépanocytose est une maladie génétique récessive (*qui ne s'exprime que si on possède les deux mêmes allèles*). L'allèle à l'origine de cette maladie est l'allèle Hbs du gène codant pour la β -globine (molécule qui participe à la construction de l'hémoglobine). L'allèle HbA est l'allèle sain.

La maladie se traduit par une déformation caractéristique des globules rouges en forme de faucille, accompagnée d'une anémie sévère (*diminution du nombre des globules rouges fonctionnels dans le sang*).

Diverses infections et des occlusions vasculaires sont les complications les plus fréquentes. L'espérance de vie des malades est très diminuée.

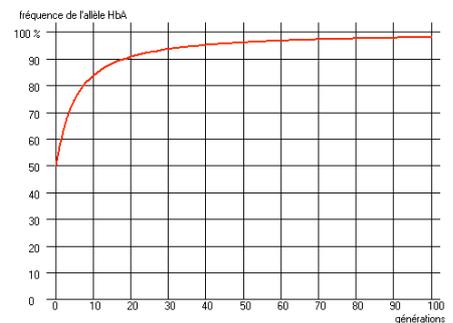
Seules les personnes homozygotes (Hbs//Hbs) sont malades. Les personnes hétérozygotes (HbA//Hbs) sont saines, elles produisent à la fois la β -globine s anormale et la β -globine A normale.

Simulons le comportement des deux allèles HbA et Hbs dans un environnement non touché par le paludisme.

À disposition : le logiciel « Évolution allélique ».

Tableau de résultats après 100 générations

Fréquence initiale des allèles = 0,5		Fréquences des génotypes			
Fréquence finale des allèles		Génotypes possibles	Valeur sélective choisie	Fréquence initiale	Fréquence finale
p (HbA)	0,98	p (HbA//HbA)	1	0,25	0,96
p (Hbs)	0,02	p (HbA//Hbs)	1	0,5	0,039
		p (Hbs//Hbs)	0,5	0,25	0,001



► Que pouvez-vous conclure concernant l'évolution des fréquences des allèles et des génotypes ?

Dans un environnement où le paludisme ne sévit pas, l'allèle morbide Hbs est de moins en moins transmis, car les homozygotes (Hbs//Hbs) décèdent jeunes. Il peut subsister chez les hétérozygotes (HbA//Hbs) ce qui explique le taux de 2% après 100 générations. L'allèle « favorable » HbA est privilégié, il représente 98% du pool allélique pour le gène.

2. Une fréquence anormale de l'allèle Hbs de la drépanocytose.

La drépanocytose, une maladie génétique plus fréquente dans certaines régions.

Dans certains pays, la fréquence de l'allèle Hbs dépasse 15 % (soit une fréquence de 0,15), la proportion d'hétérozygotes pouvant représenter plus de 25 % de la population et jusqu'à 40 % dans certaines régions d'Afrique.

3. La répartition du plasmodium

Le paludisme est une maladie due à un parasite unicellulaire (le Plasmodium) qui se développe dans le sang et infecte les globules rouges. Ce protozoaire* accomplit l'autre partie de son cycle de vie dans certaines espèces bien particulières de moustiques (des anophèles) qui vivent dans les régions intertropicales, chaudes et humides. C'est par une piqûre d'anophèle que le parasite peut être introduit dans le sang humain.

Le paludisme est l'un des principaux fléaux mondiaux, tuant chaque année entre 1,5 et 2,5 millions de personnes, dont un million d'enfants de moins de 5 ans.

4. La fréquence de l'allèle Hbs résulte de plusieurs contraintes sélectives.

Dans les années 1950 et 1960, plusieurs études ont été réalisées pour rechercher si un lien existe entre les génotypes correspondant au gène de la β -globine et le paludisme. Le tableau ci-contre présente les résultats de l'une de ces études, réalisée dans différents pays africains.

Doc.2	Doc.3	Doc.4			
		Ville (pays)	% d'hétérozygotes (HbA//Hbs) dans la population	Nombre de personnes décédées du paludisme (pendant une période donnée)	Nombre d'hétérozygotes (HbA//Hbs) parmi ces décès dus au paludisme
		Kinshasa (Zaïre)	26	23	0
		Kananga (Zaïre)	29	21	1
		Ibadan (Nigeria)	24	27	0
		Accra (Ghana)	8	13	0
		Kampala (Ouganda)	19	16	0

D'après Motulsky, 1964.

►► Quel facteur de l'environnement fait pression sur la fréquence de l'allèle Hbs (documents 2 à 4) ?

Le paludisme, c'est-à-dire le plasmodium transmis par les anophèles fait pression sur la fréquence de l'allèle Hbs qui peut représenter 15 % du pool allélique au lieu de 2% et sur le taux d'hétérozygotes qui passe de 4 % à 25 – 40 % dans certaines régions.

►► Quel est l'avantage de posséder l'allèle Hbs ? et pourquoi en un seul exemplaire (documents 2 à 4) ?

L'allèle morbide Hbs qui code pour une β -globine anormale provoque la formation d'hématies en faucille. La présence de 50 % de ces hématies dans le sang d'un individu empêche le développement du paludisme. L'allèle morbide récessif Hbs ne peut être « favorable » qu'à condition de ne pas provoquer la drépanocytose, donc en un seul exemplaire, ce qui favorise les individus hétérozygotes (HbA//Hbs).

Simulons le comportement des deux allèles HbA et Hbs dans un environnement touché par le paludisme.

Se reporter au protocole précédent

Tableau de résultats après 100 générations

Fréquence initiale des allèles = 0,5		Fréquences des génotypes			
Fréquence finale des allèles		Génotypes possibles	Valeur sélective choisie	Fréquence initiale	Fréquence finale
p (HbA)	0,714	p (HbA//HbA)	0,8	0,25	0,51
p (Hbs)	0,286	p (HbA//Hbs)	1	0,5	0,408
		p (Hbs//Hbs)	0,5	0,25	0,082

►► Interpréter l'évolution des fréquences des allèles et des génotypes en comparant avec les résultats dans une région non touchée par le paludisme.

Dans les régions intertropicales favorables au développement du moustique anophèle vecteur du paludisme, on observe une pression de l'environnement qui sélectionne l'allèle Hbs chez les hétérozygotes qui seront sains au regard de la drépanocytose et ne contracteront pas le paludisme.

Les personnes homozygotes (HbA//HbA) saines au regard de la drépanocytose présenteront un désavantage du fait d'une exposition au paludisme.

Ainsi la fréquence de l'allèle Hbs passe de 2 % à 29% et la fréquence des personnes hétérozygotes (HbA//Hbs) passe de 4 à 40 % au détriment de la fréquence des homozygotes sains (HbA//HbA) qui passe de 98 à 51 %.

