

La phalène du bouleau

A partir de l'étude des documents proposés, expliquez l'évolution phénotypique des populations de phalènes de bouleau depuis le milieu du XIX^{ème} siècle. Précisez quel mécanisme évolutif intervient dans ce cas.

Document 1 : Les phalènes du bouleau

Les phalènes du bouleau sont des papillons de nuit qui passent la journée posés sur les troncs des bouleaux, où ils s'abritent des prédateurs (principalement des oiseaux).

Cette espèce présente un phénotype alternatif : on distingue une forme claire (*typica*) qui est la forme originelle et une forme sombre (*carbonaria*) apparue pour la première fois à Manchester en Angleterre en 1848.



Au point de vue génétique la couleur est liée à un gène qui existe sous deux formes alléliques :

- l'allèle c qui est l'allèle responsable de la coloration *typica*
- l'allèle C qui est responsable de la coloration *carbonaria*.

L'allèle C est dominant. Les individus [*typica*] ont donc un génotype (c//c) alors que les individus [*carbonaria*] ont soit un génotype (C//c) soit (C//C).

Les troncs des bouleaux sont blancs et se couvrent de lichens de couleurs gris. Lorsque l'environnement est pollué les lichens ne se développent pas et les troncs noircissent: c'est le cas dans les régions très industrielles.

Document 2 : les fréquences phénotypiques des deux formes de phalène du bouleau dans différentes régions d'Angleterre à différentes périodes

Les régions très industrielles souffrent dès le XIX^{ème} siècle d'une importante pollution par des gaz type SO₂, des poussières de charbon ... Les régions très agricoles du sud ouest de l'Angleterre ont peu souffert de la pollution liée à la révolution industrielle du XIX^{ème} siècle. Dans ces régions la forme *carbonaria* n'apparaît qu'à partir de 1932. A partir de 1950 l'Angleterre cherche à lutter contre la pollution liée aux industries, ce qui a eu pour effet de diminuer rapidement les émissions de SO₂. Très rapidement les lichens (très sensibles à l'action de SO₂) se développent à nouveau sur les troncs d'arbres.

Evolution des fréquences de phalènes en fonction de la région considérée

	Variété de phalènes	1848	1960	1995
Région industrielle	<i>typica</i>	>99%	6%	82%
	<i>carbonaria</i>	<1%	94%	18%
Région agricole	<i>typica</i>	100%	>99%	>99%
	<i>carbonaria</i>	0%	<1%	<1%

Document 3 : expérience de capture

On réalise une capture de papillons dans deux régions différentes :

- le Dorset : région boisée et peu polluée du centre de l'Angleterre
- Birmingham : une région très industrielle du Nord Ouest de l'Angleterre

Suite à chaque capture un certain nombre de papillons de chaque type sont marqués puis relâchés. Quelques jours plus tard on recapture des papillons avec la même méthode, et on ne s'intéresse qu'à ceux qui sont marqués et ont donc été recapturés.

Les résultats obtenus dans les deux régions figurent dans les documents suivants.

Proportion de phalènes de chaque type marquées et relâchées dans la région du Dorset



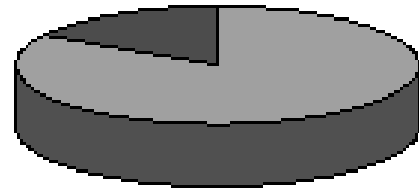
Proportion de phalènes de chaque type recapturées après quelques jours dans la région du Dorset



Proportion de phalènes de chaque type marquées et relâchées dans la région de Birmingham



Proportion de phalènes de chaque type recapturées après quelques jours dans la région de Birmingham



- en foncé : la forme typica
- en clair : la forme carbonaria

La phalène du bouleau Correction

Document 1 :

Depuis 1848 il existe deux formes de phalènes :

- la forme claire appelée typique, qui est la forme originelle, la seule existant avant 1848
- la forme sombre appelée Carbonaria qui est apparue en 1848 (ou un peu avant !)

Document 2 :

L'évolution des populations de phalènes est différente suivant les régions.

Dans les zones très industrialisées, les formes sombres apparaissent dès 1848 et leur fréquence augmente très fortement jusqu'à devenir la forme majoritaire en 1960. Depuis cette date la fréquence de cette forme diminue légèrement au profit de la forme typique. Dans les régions très agricoles, la forme carbonaria apparaît plus tardivement, vers 1932 mais elle reste très minotaire. (l'évolution de la forme typica est complémentaire).

Document 1 :

On voit donc que l'évolution des populations dépend de la qualité de l'environnement qui influe sur l'aspect des troncs (clairs dans les zones non polluées et sombres dans les zones industrielles). Sur un tronc non pollué, on a beaucoup de mal à distinguer la forme typica qui est très bien camouflée, tandis que la forme carbonaria est bien visible. A l'inverse sur les troncs pollués, c'est la forme typica qui est bien visible alors que la forme carbonaria est bien camouflée.

Sachant que ces papillons passent la journée abrités sur le tronc des bouleaux, on peut donc supposer que dans les zones polluées, les carbonaria sont mieux camouflés et sont donc moins visibles pour les oiseaux, ils vivent donc plus longtemps et ont plus de chance de se reproduire en transmettant l'allèle C (et donc leur phénotype), à leurs descendants. Ce qui expliquerait l'augmentation de la fréquence de la forme Carbonaria. Dans les zones non polluées, ces papillons sont au contraire très visibles, leur durée de vie est plus faible, ils se reproduisent moins et l'allèle C est donc peu transmis dans les générations suivantes, ce qui explique que sa fréquence reste faible.

L'expérience du document 3 confirme notre hypothèse sur la durée de vie des phalènes dans les différents milieux.

Dans les zones non polluées, aux troncs clairs, on voit que l'on recapture plus fréquemment les formes typica, alors que dans les régions polluées, aux troncs sombres on voit que l'on recapture plus fréquemment les formes sombres. Le protocole de capture étant toujours le même et attirant autant les formes sombres que les claires, on peut expliquer ces résultats de la façon suivante : si on recapture moins de papillons d'une forme c'est parce que le nombre de papillons de cette forme a beaucoup plus diminué entre les deux captures que le nombre des papillons de l'autre forme. Autrement dit, dans les zones non polluées, l'espérance de vie des formes sombres est plus faible que celle des formes claires et inversement dans les zones polluées.

La forme typica a un avantage sélectif dans les zones non polluées et la forme carbonaria a un avantage sélectif dans les zones polluées.

Bilan : Comment expliquer l'évolution du phénotype des populations de phalènes du bouleau, depuis le milieu du XIX^{ème} siècle ?

au cours du XIX^{ème} siècle, la forme sombre apparaît suite à l'apparition de l'allèle C. Dans le contexte de l'époque, milieu très pollué, cette innovation confère un avantage sélectif à l'individu qui la porte : les papillons sombres vivent plus longtemps, mieux camouflés que la variété typique sur les troncs pollués et sombres. L'allèle C se transmet donc aux générations suivantes et sa fréquence augmente, ainsi la fréquence du phénotype carbonaria augmente. Dans les régions peu polluées cette innovation ne confère pas d'avantage, elle reste présente mais à un très faible pourcentage (probablement parce que ces papillons se reproduisent avec leurs voisins des zones plus polluées). Depuis 1950 des mesures environnementales ont été prises, les bouleaux retrouvent peu à peu leurs lichens et leur couleur claire, l'innovation génétique « allèle C » n'est plus aussi avantageuse, la fréquence de la forme carbonaria diminue.

Nous avons ici un exemple de sélection naturelle.