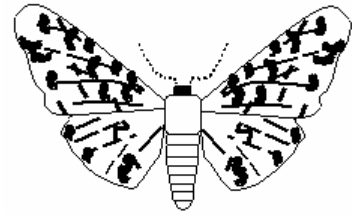


La Phalène du bouleau, du fait construit au fait mythifié



La Phalène du Bouleau, **Biston betularia**, est un papillon de nuit de la famille des Geometridae, commun en Europe du Nord dont la coloration varie du gris clair au noir. Il y a à peine plus de 150 ans, les populations de l'espèce étaient presque exclusivement constituées de la forme « typica », aux ailes gris clair légèrement mouchetées de noir. En 1848, un individu d'une forme mélanique « carbonaria », uniformément noir, fut collecté près de Manchester. En 1950, la forme mélanique représentait 90% de la population dans cette région. Ce phénomène - apparition d'individus très sombres dans la deuxième moitié du 19ème siècle et augmentation rapide de leur fréquence) fut observé chez de nombreuses autres espèces de papillons de nuit, ainsi que chez différentes espèces d'insectes, d'araignées, et même d'oiseaux - pas seulement dans la région de Manchester, mais aussi dans les environs d'autres villes industrielles telles que Birmingham et Liverpool. On parla alors de « mélanisme industriel ».

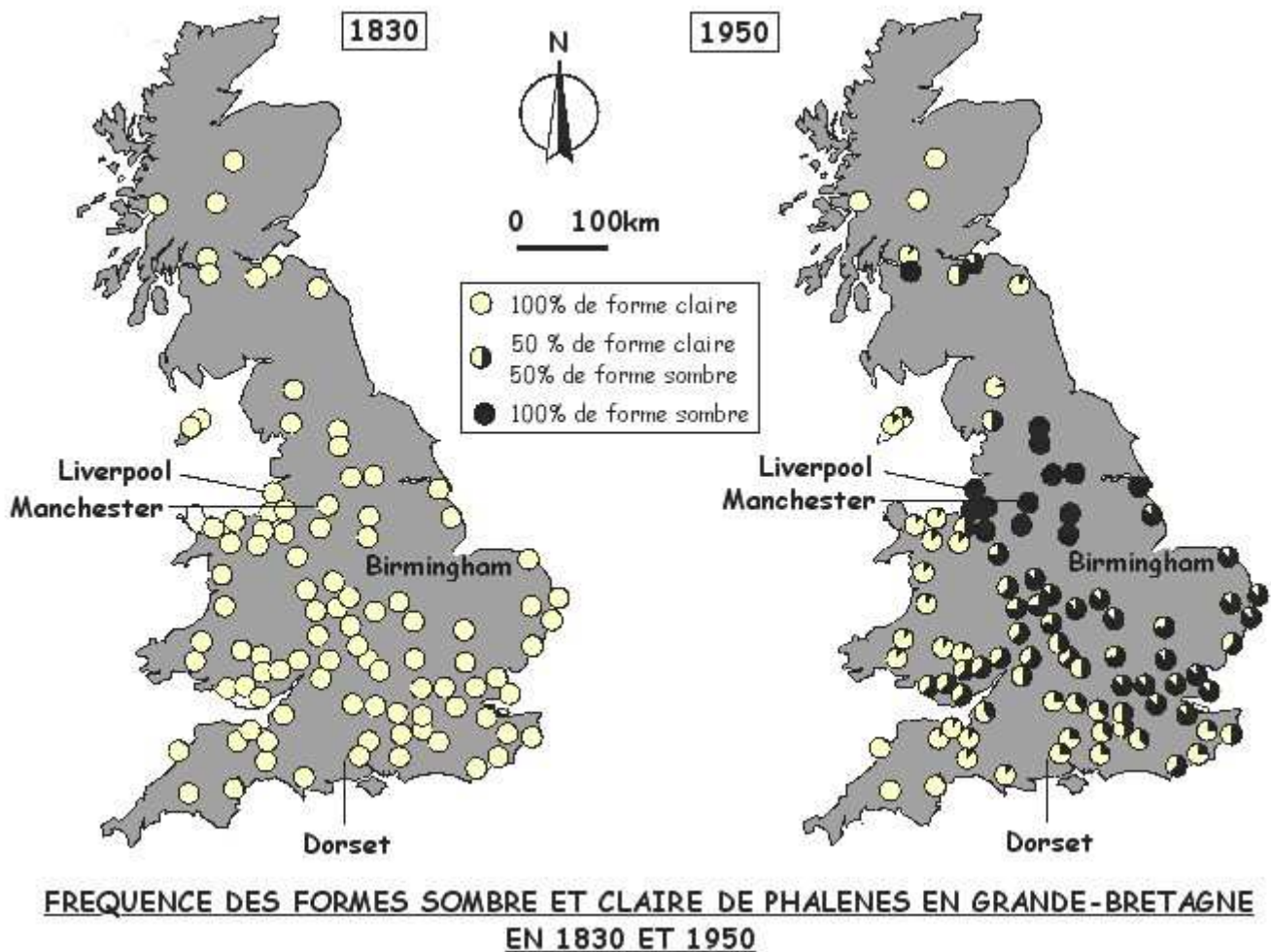


Biston betularia, forme « typica »



Biston betularia, forme « carbonaria »

Au milieu du XIX^{ème} siècle, la forme typica était largement majoritaire dans les populations anglaises. En 1848 on a capturé le premier individu carbonaria dans la région de Manchester. La fréquence de cette forme s'est alors accrue rapidement et les individus mélaniques ont ensuite été observés dans les autres régions industrielles de l'Angleterre.



La coloration de la phalène procède d'un déterminisme génétique, monogénique et autosomique, l'allèle carbonaria (C) étant dominant sur l'allèle typica (c):

Phénotypes	Formes mélaniques	Forme claire
Génotypes	C/C C/c	c/c

Comme depuis 1848, les variations se sont toujours produites dans le sens de l'augmentation de la fréquence de la forme « carbonaria », il n'est pas possible d'attribuer ce phénomène au hasard.

Comment expliquer l'évolution de la fréquence des deux formes de *Biston betularia* au cours du temps ?

Dès le XIX^{ème} siècle, on corréla l'augmentation de la fréquence de la forme mélanique à la pollution industrielle. Celle-ci contribue à la disparition des lichens sur les bouleaux et au noircissement de ces arbres.

L'hypothèse avancée alors suggérait une action dirigée (non aléatoire) de l'environnement, modifiant un caractère héréditaire d'un organisme pour mieux l'adapter à son milieu. Le caractère serait alors transmis sous la forme nouvelle. Cette hypothèse, formalisée par LAMARCK (1744-1829), est souvent présentée sous le terme d'hérédité des caractères acquis. Les connaissances génétiques actuelles invalident cette hypothèse. Il faudrait en effet que l'environnement « reconnaisse » le gène adéquat pour le modifier spécifiquement dans le « bon sens ».

Dès 1897, un autre type d'explication fut avancée. On suggéra que les individus « typica », posés sur des bouleaux clairs couverts de lichens, étaient mieux dissimulés vis-à-vis des oiseaux prédateurs que les individus « carbonaria ». Sur des bouleaux noircis par la suie et dépourvus de lichens, c'est l'inverse qui se produisait. Les deux formes seraient alors consommées de façon différente selon le type de support, la forme mélanique étant avantagée sur des arbres noircis. Elle se serait ainsi répandue facilement dans les régions industrialisées, suite à la modification de la surface des bouleaux par la pollution.

Cette hypothèse sélectionniste fut développée par différents chercheurs et mise à l'épreuve dans les années 1950. On utilisa la méthode des captures-recaptures : un grand nombre de phalènes des deux formes furent marquées ventralement, puis relâchées. Quelques jours après, une nouvelle campagne de captures fut menée, et les individus marqués et non-marqués des deux formes furent dénombrés.

Les résultats des expériences de captures-recaptures effectuées dans deux régions proches, mais différentes par leur taux de pollution, réalisées par KETTLEWELL (1955) sont présentés ci-dessous.

Dorset 1955 Zone boisée non polluée	Forme « carbonaria »	Forme « typica »	Total
Nombre d'individus marqués relâchés	473	496	969
Nombre d'individus marqués recapturés	30	62	92
% d'individus marqués recapturés	6,34%	12,5%	9,49%

Birmingham 1955 Zone polluée	Forme « carbonaria »	Forme « typica »	Total
Nombre d'individus marqués relâchés	154	64	218
Nombre d'individus marqués recapturés	82	16	98
% d'individus marqués recapturés	53,25%	25%	44,95%

L'interprétation que l'on donne des résultats obtenus est que la variation de fréquence des formes de la phalène est due à la prédation différentielle des oiseaux selon les régions, et aux migrations des papillons entre régions.

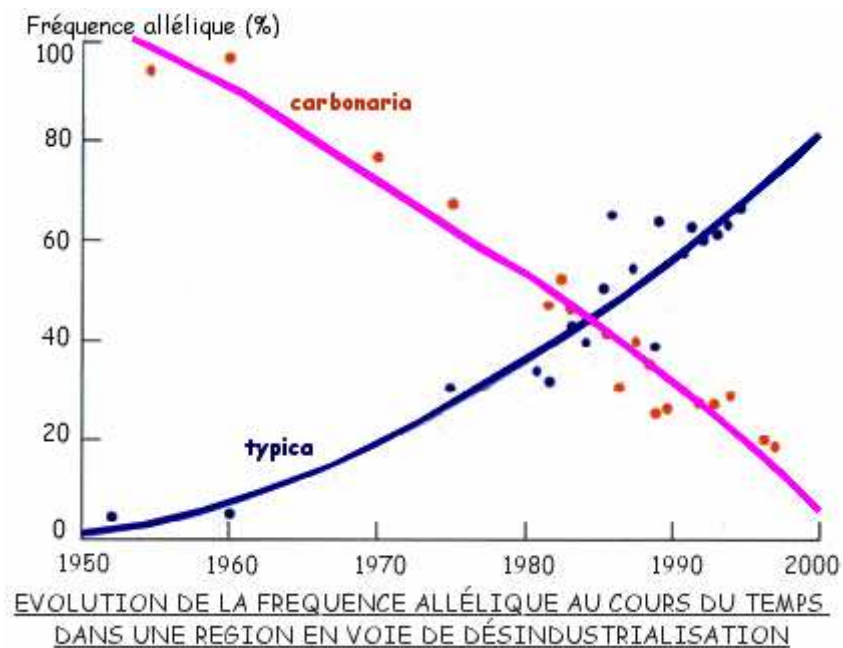
Pour vérifier la contrainte sélective portée sur certains papillons dans un environnement donné, KETTLEWELL a exposé à la prédation par les oiseaux le même nombre de papillons des deux formes sur chacun des deux sites et a compté le nombre de papillons capturés par les oiseaux dans chaque cas.

Dorset 1955 Zone boisée non polluée	Forme « carbonaria »	Forme « typica »
Nombre de papillons exposés aux oiseaux	190	190
Nombre de papillons capturés par les oiseaux	164	26
% d'individus capturés par les oiseaux	86,32%	13,68%

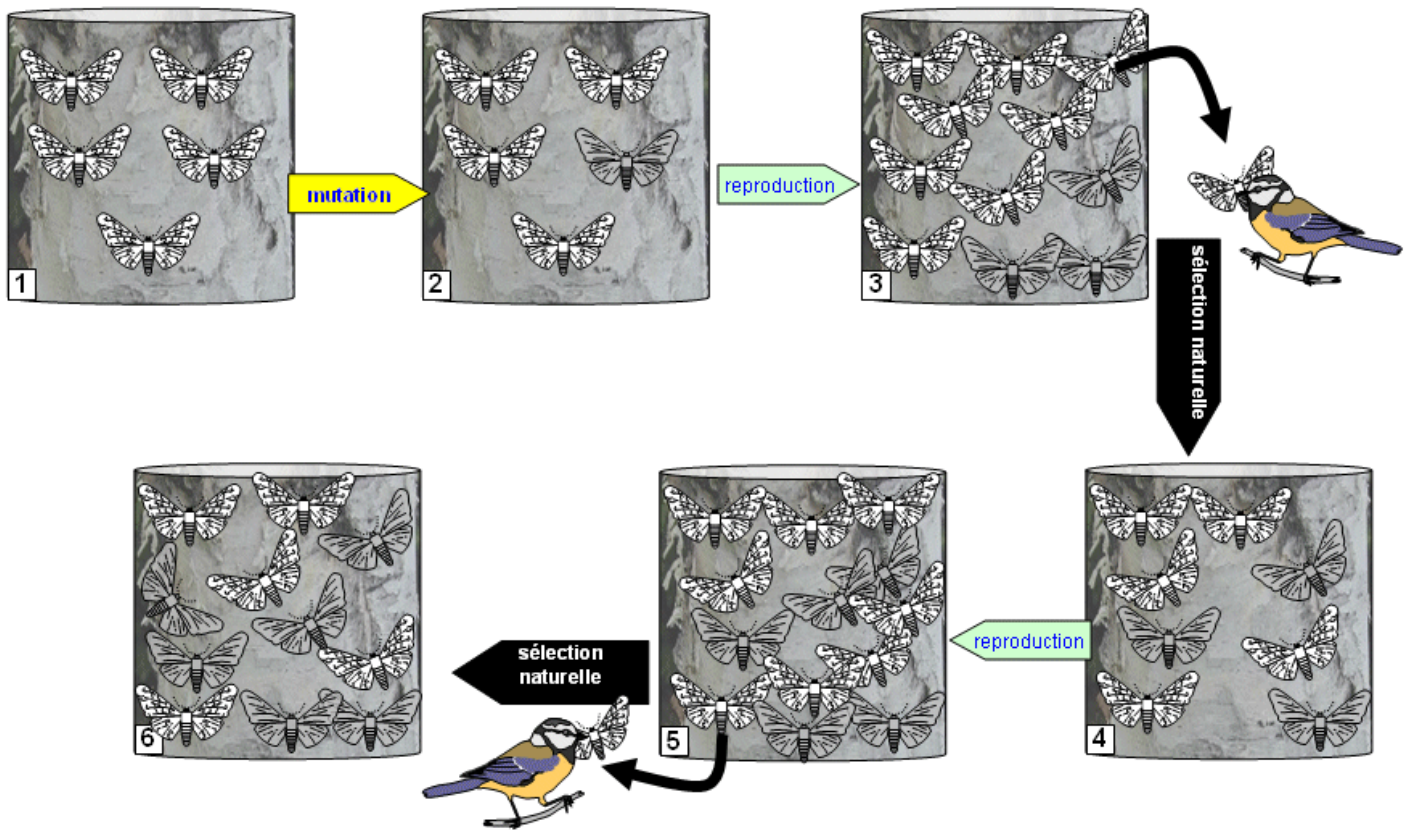
Birmingham 1955 Zone polluée	Forme « carbonaria »	Forme « typica »
Nombre de papillons exposés aux oiseaux	58	58
Nombre de papillons capturés par les oiseaux	15	43
% d'individus capturés par les oiseaux	25,86%	73,14%

Dans les années 1950, la Grande-Bretagne adopta une législation anti-pollution (« the Clean Air Acts ») qui eut pour effet de réduire les émissions de suie et de SO₂. Dans la période qui suivit, on observa une diminution de la fréquence de la forme mélanique, qui se poursuit depuis lors.

Le graphe ci-dessous présente les observations effectuées dans une banlieue en voie de désindustrialisation.



Conclusion: la notion d'avantage sélectif



Selon l'environnement, l'une des formes de papillons, mieux « camouflée », échappe à ses prédateurs. Sa contribution à la formation de la génération suivante est proportionnellement plus importante: ainsi la fréquence des allèles qu'elle possède augmente dans la population et l'une des formes devient rapidement majoritaire. C'est la sélection naturelle : une mutation, phénomène aléatoire et « non dirigé », confère aux individus qui en sont porteurs un avantage sélectif; ceux-ci se répandent dans la population. Inversement les mutations défavorables ont tendance à être éliminées, car les individus qui en héritent survivent plus difficilement et se reproduisent moins. Ainsi, la sélection naturelle apparaît-elle comme un phénomène « dirigé ».

Les critiques de l'expérience de KETTLEWELL

Différentes critiques ont été formulées à l'encontre des expériences réalisées par KETTLEWELL.

La plus sérieuse concerne la méthode utilisée pour libérer les papillons. Les phalènes ont été relâchées de jour, alors qu'elles sont incapables de voler. Par ailleurs, elles ont été déposées sur les troncs ou les branches en position bien visibles des oiseaux.

Or, selon les ornithologues, les oiseaux ne mangent pas les phalènes car celles-ci ne se posent pas en plein jour sur les morceaux d'écorce bien visibles. Quand elles se posent sur les arbres, elles le font ailes repliées et se dissimulent sous les branches ou niveau des bifurcations.

Il semble donc que KETTLEWELL ait introduit un biais qui ne corresponde ni au comportement des oiseaux, ni à celui des papillons.

Par ailleurs, il semble que des formes mélaniques aient prospéré dans des zones rurales non polluées et pourtant habitées par les oiseaux soit disant prédateurs.

Cette observation indiquerait que la diffusion, puis la régression du mélanisme résulte de plusieurs facteurs sélectifs, en relation avec la pollution industrielle, mais sans rapport direct avec la prédation aviaire.

Les photographies qui étayent la démonstration de KETTELWELL montrent toujours des phalènes aux ailes déployées. Or, en position de repos, elles ne déploient jamais leurs ailes. On peut donc s'interroger sur les conditions de leur réalisation.



Des photographies de l'article de KETTLEWELL



La phalène du Bouleau, forme « typica », en position de repos



La forme « carbonaria » au repos

Aujourd'hui, on s'interroge sur la valeur scientifique du travail de KETTLEWELL qui semble conduit pour prouver de manière directe l'existence d'un cas de sélection naturelle. Plusieurs conditions doivent être remplies pour prouver l'existence d'un processus de sélection naturelle.

Conditions à remplir pour prouver l'existence d'un processus de sélection naturelle	Etude de cas de KETTLEWELL sur la Phalène du bouleau
- existence de différences phénotypiques héréditaires entre individus d'une population	OUI
- mode de transmission du caractère considéré identifié	OUI
- présence d'une forme avantagée par rapport aux autres	OUI
- facteur déterminant un changement dans la composition de la population identifié et susceptible d'être mis à l'épreuve	OUI, mais biaisé
- réalisation des expériences dans la nature pour mettre en évidence un changement en cours sur le terrain	OUI, mais conduites de façon discutable

Concernant l'étude menée par Bernard KETTLEWELL de 1953 à 1955, soit un siècle environ après la parution de L'origine des espèces, on s'étonne que la communauté scientifique se soit satisfaite de ses seuls résultats et conclusions, sans chercher à les reproduire. On s'étonne aussi qu'elle ait si bien accepté des photographies montrant des phalènes en position de repos, ailes déployées, alors que tous les ornithologues s'accordaient déjà à proclamer qu'elles se reposent ailes repliées, privilégiant ainsi comme seul facteur déterminant un changement dans la composition de la population, la prédation exercée par les oiseaux. Sans doute cela ressort-il d'un *a priori* centré sur une discrimination visuelle des oiseaux identique à la nôtre. L'aspect visuel d'un monde à notre dimension trahit peut-être la crédulité qui a saisi une communauté scientifique qui confrontée à des adversaires cherchait obstinément des preuves directes de la sélection naturelle. Au point de faire ce cet exemple, l'exemple paradigmatique d'une preuve expérimentale de l'existence de la sélection naturelle.



Les deux formes de *Biston betularia*
La photographie de la discorde