



Des millions et des millions d'espèces

Le Bombyx du hêtre

Le Bombyx du hêtre, souvent appelé "écureuil" est un papillon nocturne (famille des Notodontidae) assez particulier. Espèce répandue en France, il a, comme tous les papillons, un développement indirect, c'est-à-dire que l'éclosion des œufs libère une larve qui devra par la suite subir une métamorphose pour engendrer un Imago (= un individu de morphologie à l'image de l'adulte).

L'adulte

On rencontre les formes adultes (papillons, donc) en mai-juin dans les zones boisées sous climat plutôt chaud. Les ailes antérieures de l'animal au repos sont disposées à la manière d'une toiture à faible pente, tandis que les ailes postérieures débordent de ce dispositif latéralement.

La chenille

Comme pour tous les papillons, la larve du Stauropus est une chenille, mais celle-ci a une morphologie très particulière qui la rend aisément reconnaissable. La chenille est très grêle et son extrémité abdominale est marquée par des pattes anales très larges et recourbées sur le dos, un peu à la manière d'une queue d'Écureuil, d'où le surnom de l'animal.

Cette chenille très vorace fait des dégâts dans les feuillages de hêtre, mais aussi de chêne, de bouleau, de noisetier...

L'estimation du nombre d'espèces actuelles

Les insectes constituent la forme de vie la plus abondante sur la planète Terre. Beaucoup plus de la moitié des espèces vivantes sont des espèces d'insectes. On connaît actuellement 950 000 espèces d'insectes environ (dont 40 % de coléoptères), mais on estime qu'au total il pourrait en exister de 8 millions à 100 millions. On constate que notre ignorance est grande, mais que l'incertitude sur le nombre d'espèces est très grande également.

On estime le nombre d'espèces inconnues par des méthodes statistiques qui nous donnent des ordres de grandeur. Le calcul se fait en quatre étapes :

1. Comptage du nombre d'espèces de coléoptères dans le feuillage d'une espèce d'arbre donnée, spécifiques de cet arbre. Par exemple, on a pu dénombrer 160 coléoptères spécifiques dans un type précis de tilleul tropical.
2. Extrapolation à l'ensemble des insectes : Si les coléoptères représentent 40 % des insectes, on peut considérer qu'ils constituent probablement 40 % des espèces d'insectes du tilleul considéré. Pour 160 coléoptères dénombrés, il faut donc comptabiliser 400 espèces d'insectes spécifiques du feuillage de ces tilleuls.

3. Généralisation à tout l'arbre : on considère que les deux tiers des insectes d'un arbre vivent dans le feuillage (les autres dans ou sur l'écorce, etc.).
À 400 espèces dans le feuillage correspondent donc 200 autres espèces ailleurs dans l'arbre. Cela nous fait donc 600 espèces d'insectes spécifiques de notre espèce de tilleul.
4. Les forêts tropicales présentent environ 50 000 espèces différentes d'arbres.
Si chaque espèce abrite 600 espèces d'insectes, il nous faut conclure sur l'existence de $600 \times 50\,000 = 30$ millions d'espèces d'insectes.

Ce nombre n'est qu'une estimation et peut être critiqué, mais il indique clairement que le nombre d'espèces à découvrir reste très largement supérieur au nombre d'espèces connues.

Les extinctions, les taux d'extinction

Mais le nombre total d'espèces n'est pas une constante. Il fluctue sans cesse, au gré des extinctions et créations d'espèces. Actuellement, le taux d'extinction est particulièrement élevé, plus élevé que le "bruit de fond" d'extinction classiquement constaté au cours des temps géologiques. (voir fiche : "Des espèces disparaissent"). La biodiversité est ainsi en train de décroître.



LYCÉE

Sciences de la vie et de la Terre

1. Sur quelles parties des programmes s'appuyer ?

Seconde

Partie "Cellule, ADN et unité du vivant".

Première S

"Du génotype au phénotype, relations avec l'environnement".

Première ES et L

Thème obligatoire : "du génotype au phénotype".

Cette partie de programme [...] précise, dans un premier temps, les mécanismes biologiques assurant l'expression de l'information génétique. Par la suite, à partir de quelques exemples, elle appréhende la complexité des relations entre génotype et phénotype.

Thème au choix "la place de l'homme dans l'Évolution".

Le programme de la classe de Seconde a permis de mettre en place le concept d'unité du vivant. Ce thème a donc pour objectif de montrer que la parenté entre les êtres vivants est le fruit d'une longue histoire jalonnée d'innovations génétiques, issues de restructurations des génomes.

Première S enseignement général

"Parenté entre les êtres vivants actuels et fossiles – Phylogénèse – Évolution" (I.2)
"Stabilité et variabilité des génomes et évolution" (I.3)

Première S enseignement spécialisé

Thème 2 : "Des débuts de la génétique aux enjeux actuels des biotechnologies".

2. Quelles problématiques aborder ?

Génotype – phénotype : du gène à l'individu

De la chenille au papillon : un même génotype pour deux phénotypes ! Peut-on trouver plus belle entrée pour cette problématique fondamentale à la base des programmes de Première ?

- Comment, à partir d'un même caryotype, porteur des mêmes séquences codantes, organisées de la même manière sur les chromosomes, peut-on obtenir deux phénotypes aussi différents ?
- Ces différences sont-elles observables à tous les niveaux de définition du phénotype (notamment cellulaire et métabolique) ?
- Ces différences sont-elles si importantes que cela ? Le plan d'organisation, le nombre de paires de pattes, l'articulation des appendices : tous ces caractères qui déterminent la position systématique des lépidoptères sont-ils identifiables chez la chenille ? Ces différentes interrogations (entre autres) permettent de compléter la définition du phénotype en dégagant les caractères fondamentaux (ceux qui déterminent la position systématique de l'organisme étudié) et les caractères plus spécifiques

à une espèce ou une étape de la vie de l'espèce. L'interrogation est intéressante en terme d'évolution puisque que l'on s'interroge sur ce qui nous permet de faire d'un lépidoptère un lépidoptère, et donc sur ce qui, en changeant ("évoluant") lui conservera son statut de lépidoptère ou au contraire "en fera" un nouvel organisme ou amènera à le classer différemment.

Partant de ces points d'observation, on peut s'interroger sur le fonctionnement interne du génome.

- Quelle relation entre le génome complet et le phénotype à un instant donné ?
- Comment expliquer l'expression de certains gènes à un instant donné ? Quels déterminismes externes ? internes ?
- Le changement du phénotype est progressif au cours de la mue imaginale des lépidoptères : qu'en est-il des changements d'expression des gènes ? Et donc s'interroger sur l'organisation du génome d'un organisme vivant : qu'est-ce qu'un gène régulateur ? Que dire de la simplicité apparente de la différence établie entre gènes opérationnels et gènes organisationnels ?

La réflexion reste nécessairement modeste à ce niveau d'enseignement, et les mécanismes précis ne sont envisagés que dans l'enseignement supérieur. La discussion ne permet qu'une approche très simple de principe.

Des millions d'espèces : l'origine de la biodiversité

Constater la biodiversité à des échelles diverses, regrouper les organismes dans des ensembles au sein desquels on peut établir quelques étapes d'une histoire commune puis proposer des explications à cette histoire commune, autant de démarches que l'on peut relier à la photo et/ou au texte proposés.

Par exemple, 135 espèces de mammifères en France, un peu plus de 4 330 espèces dans le monde actuel. Et combien d'espèces éteintes ? Voilà qui permet de s'interroger sur la diversification d'un taxon à partir d'un ancêtre commun dont la phylogénie nous donne les caractéristiques et les parentés, et l'étude de la crise KT la pauvreté (de moins en moins évidente d'ailleurs) sous le règne des dinosaures.

- Comment tant d'espèces peuvent-elles apparaître ?
- Comment expliquer cette diversification et retrouver les parentés à partir des données moléculaires afin de remonter, étape par étape, au portrait robot de l'ancêtre commun ? Que nous disent les génomes des espèces de mammifères aujourd'hui séquencés (homme et souris pour l'essentiel) ?
- Comment les modifications du génome gouvernent-elles les évolutions des plans d'organisation ? Comment conduisent-elles à la formation "d'ailes" ou de "palettes natatoires" ? Comment autant de génomes peuvent-ils se former ?
- Comment les facteurs environnementaux participent-ils à la sélection ?

À travers l'étude d'un taxon, c'est finalement le concept d'espèce qui va être interrogé, dans sa nature, sa genèse, sa dynamique évolutive. Cette interrogation est nécessaire, puisque effectuer une évaluation de la biodiversité implique que l'on dispose d'une définition de "l'unité de mesure" espèce. Et lorsqu'une espèce regagne le terrain perdu grâce à des mesures de conservation, de quoi parlons nous en réalité : d'une forme unique d'un génome qui fut très diversifié ? Est-ce bien toujours "la même espèce" ? Restaurer (ou protéger) la biodiversité telle que l'entendent les programmes de conservation, de reproduction en captivité et de réintroduction dans les espaces naturels, est-ce réellement restaurer (ou protéger) la diversité ?

3. Quels contenus et notions mobiliser ?

Seconde

“Malgré leur diversité, les grands plans d’organisation du monde vivant sont en partie sous le contrôle des gènes apparentés tels que les gènes homéotiques”.
 “Les similitudes aux différents niveaux d’organisation : cellule, molécule d’ADN et organismes, conduisent à la notion d’origine commune des espèces”.

Première ES et L Les mêmes notions fondamentales sont présentes dans le programme de 1^{ère}S

“Les gènes sont des segments de la molécule d’ADN codant pour des protéines.”
 “Les propriétés des protéines dépendent de leur séquence respective en acides aminés.”
 “Ces protéines, en régissant la structure et les activités cellulaires, contribuent à l’établissement du phénotype.”
 “Un phénotype macroscopique donné résulte de processus biologiques gouvernés par l’expression de plusieurs gènes. La mutation de l’un seulement de ces gènes peut altérer ce phénotype. Un même phénotype macroscopique peut donc correspondre à plusieurs génotypes.”
 “La réalisation d’un phénotype macroscopique dépend de l’interaction de plusieurs gènes entre eux et avec les facteurs de l’environnement.”

Terminale S enseignement général

“Au sein d’une espèce, le polymorphisme des séquences d’ADN résulte de l’accumulation de mutations au cours des générations”.
 “Au sein du génome d’une espèce, les similitudes entre gènes sont interprétées comme le résultat d’une ou plusieurs duplications d’un gène ancestral”.
 “Les innovations génétiques peuvent être favorables, défavorables ou neutres pour la survie de l’espèce”.

4. Quelles pistes de travail envisager ?

Cette photo, comme nombre d’autres d’ailleurs, peut servir à définir les différents niveaux du phénotype. Mais elle présente, par rapport à de nombreuses autres, l’intérêt d’aborder le phénotype dans sa dimension temporelle. Le phénotype de la chenille va changer, elle va devenir un papillon par “bricolage” du phénotype de chenille, et ceci à partir d’un même génotype. Un phénotype est donc modulable au cours du temps, sans pour autant donner un organisme différent en terme de classification. La photo fournit donc la possibilité de définir le phénotype à ses différents niveaux et de montrer la nécessaire intégration de ces différents niveaux dans la construction d’un organisme défini.

On peut aussi utiliser cette photographie dans le cadre d’un travail de synthèse. La chenille elle-même permet de rappeler l’ensemble des notions traitées dans le programme : on peut y faire retrouver les différents niveaux du phénotypes, et les discuter jusqu’à arriver aux gènes impliqués. Les différents phénotypes (larve – nymphe – imago) de l’individu correspondent à un seul génotype. L’influence des facteurs de l’environnement sur l’expression des gènes joue aussi dans le contrôle de la métamorphose, via les actions hormonales.

Cette photo pourrait donc trouver une place à chacune des extrémités de la partie "génotype – phénotype" des programmes de Première :

- en document d'appel, duquel on peut tirer une première définition du phénotype, et une première discussion sur ses modifications possibles ;
- en document de synthèse, permettant de traiter de la complexité de l'expression du génome dans la réalisation d'un phénotype complexe et variable au cours du temps.

Diversification des espèces et des groupes

Dans le cadre de l'étude des mécanismes de l'évolution, la biodiversité de deux groupes peut occuper une place privilégiée : les insectes et les mammifères.

- Les insectes par leur histoire très longue, leur importante diversité de formes, d'adaptation, leur place prédominante dans la biomasse des écosystèmes.
- Les mammifères parce qu'ils sont l'objet d'études classiques en biologie, parce que l'on étudie l'organisation et l'évolution du génome d'au moins deux d'entre eux (la souris et l'homme) et parce que l'on étudie la phylogénie du taxon, et une partie de son histoire, dans le programme d'enseignement général.

Les données paléontologiques accumulées et la connaissance des génomes permettent de suivre l'évolution du phénotype au cours des temps géologiques.



La vie a une histoire

EN SAVOIR PLUS

7

Sites internet

- Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES)
<http://www.ecologie.gouv.fr/-CITES-.html>
<http://www.cites.org/fra/disc/how.shtml> (annexes de la CITES)
<http://cites.ecologie.gouv.fr/v1/pages/recherche.asp?idtax=5109>
- Réglementation CITES sur l'espèce *Furcifer pardalis*
<http://www.cites.org/fra/news/world/10.pdf>
(article "Les caméléons et l'étude du commerce important")
- Liste rouge des espèces menacées, Union internationale pour la conservation de la nature (UICN)
<http://www.iucnredlist.org>

Livres

- Dossier Pour la Science, *L'évolution*, hors série, Janvier 1997
- Dossier Pour la Science, *La valse des espèces*, hors série, Juillet 2000
- Guillaume Lecointre, Hervé Le Guyader, *Classification phylogénétique du vivant*, Belin 2001
- Guillaume Lecointre (sous la direction de), *Comprendre et enseigner la classification du vivant*, Belin 2004