

Colloque de mutualisation et d'animation des corps
d'inspection de sciences de la vie et de la Terre

**Biodiversité et évolution – deux thèmes
scientifiques imbriqués**

Palais de la découverte - 5 et 6 octobre 2010-12-05

Actes du colloque



Cedrus atlantica, Pan paniscus, Uromastyx acanthinura, Hibiscus rosa sinensis, Ammanita ovoïdea

***Inspection générale de l'éducation
nationale groupe sciences de la vie et
de la Terre***

***Direction générale de l'enseignement
scolaire
Bureau de la formation continue***

Table des matières

Éditorial	3
Programme.....	4
Biodiversité, science et société	6
Approche historique du concept de biodiversité.....	6
La biodiversité aujourd’hui : un concept dynamique.....	7
Science, scientifiques et société.....	8
Questions.....	8
Comment l’évolution des interactions mutualistes apparaît en de multiples thèmes du programme de première	10
Quelques définitions	10
Les interactions mutualistes dans le programme de 1ère	11
Les intrants :	12
Vers une définition de la notion de phénotype étendu	13
Approche évolutionniste de la notion de phénotype étendu	15
Interactions entre des paramètres socio culturels et biologiques.....	15
Conclusion :	16
Questions et réponses :.....	16
La biodiversité du sol : patrons macroécologiques et importance pour le fonctionnement du sol.....	17
Connaître la biodiversité du sol.....	17
Une biodiversité sous pression.....	18
Une biodiversité aux fonctions essentielles	19
Vers une gestion de la biodiversité des sols.....	21
Conclusion	21
Éditorial	23
GENOME à l’École.....	24
Une plateforme de formation à distance au MNHN pour les enseignants.....	25
Un groupe de production de ressource sur moyens DGESCO	26
La commande	26
Présentation des pistes de travail du groupe – 2 octobre 2010	26
Le bilan des échanges avec le groupe des IPR SVT après la présentation du diaporama.....	27
Remerciements.....	28

Éditorial

La réunion nationale des IA-IPR de SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE du mois d'octobre 2010 s'organise tout entier autour d'une thématique scientifique associant biodiversité et évolution. Cette approche, inhabituelle, pourrait paraître étonnante. En effet, lorsqu'un nouveau programme se met en place, c'est plutôt autour très précisément du niveau rénové que se déploient les activités du groupe. Mais cette organisation répond à un parti pris nouveau dans les programmes de lycée : affirmer davantage la cohérence verticale des programmes et en faire un véritable outil d'apprentissage.

C'est ainsi qu'en s'appuyant sur les acquis du collège, la biodiversité et l'évolution sont présentées dès la classe de seconde (premières idées sur la variabilité génétique et sur ses conséquences ; première approche de la sélection naturelle et de la dérive génétique). En classe de première, la diversité génétique est étudiée plus en détail dans ses mécanismes et la thématique de l'évolution, si elle ne constitue pas une notion centrale structurant le programme, est présente en maintes places (pigments rétinien, résistance aux antibiotiques, etc.). En classe terminale, il s'agira de stabiliser ces notions, d'y ajouter les modalités du brassage génétique et de ses mécanismes cellulaires, et d'avoir une vue plus globale des mécanismes de l'évolution, situant les aspects génétiques dans un cadre plus général.

Cette volonté d'une construction « spiralaire » des apprentissages, impose une autre démarche de réflexion sur les contenus, plus structurée en thématiques scientifiques qu'en niveaux. C'est dans cet état d'esprit que s'organise ici le travail.

Bien souvent, la biodiversité est présentée selon une vision statique, une sorte de photographie figée de l'état du vivant dans sa diversité, aux différentes échelles qui permettent de la décrire, depuis l'approche génétique à la dimension écosystémique. L'évolution est alors étudiée indépendamment et décrit, au contraire, la dynamique du vivant. Le programme du lycée, dans la continuité de la réflexion des communautés scientifiques contemporaines, rompt avec cette dichotomie. L'expression « la biodiversité, produit et étape de l'évolution » qui figure dans le programme de seconde est à cet égard significative. La biodiversité n'est pas considérée comme une situation figée mais comme une situation dynamique. Au-delà d'un changement de perception du concept scientifique, il va de soi que cela change considérablement les conséquences pratiques qu'on en tire. La question de la protection, par exemple, se pose de façon nouvelle, éloignée des visions nostalgiques de la conservation des espèces, plus proche de la préservation du mécanisme dynamique lui-même.

Certes cette vision est plus fine, plus complexe, et sans doute plus difficile à enseigner. Elle s'accommode mieux de la construction progressive du concept que permet l'organisation du programme.



Asplenium trichomanes

Programme

5 octobre	Biodiversité et évolution – deux thèmes scientifiques imbriqués
8h50	Accueil et rassemblement
9h00	Introduction
10h00 - 11h30	<u>La biodiversité, un concept dynamique</u> – Pierre-Henri Gouyon, professeur au Muséum National d’Histoire Naturelle
11h45	Fin de la matinée – repas libre
13h30 – 15h00	<u>Comment l’évolution des interactions mutualistes apparaît dans de multiples thèmes du programme de première</u> – Marc-André Sélosse – professeur à l’université de Montpellier
15h15 – 16h45	<u>La biodiversité du sol : patrons macroécologiques et importance pour le fonctionnement du sol</u> – Thibaud Decaens, professeur à l’université de Rouen
6 octobre	Animation pédagogique et activité professionnelle
9h00 – 11h45	L’animation pédagogique et didactique à propos d’un thème scientifique : la biodiversité et l’évolution <ul style="list-style-type: none">• <u>Le projet génome à l’école</u> : Yann Esnault, professeur agrégé, Sciences à l’école• <u>Une plateforme de formation en ligne pilotée par un grand organisme</u> : Sophie Pons, coordinatrice du pôle <i>Formation des enseignants du second degré</i> - Muséum National d’Histoire Naturelle• <u>La plateforme de formation du palais de la découverte</u> : Gabriel Picot• <u>Un groupe DGESCO de production de ressource</u> : Monique Dupuis, IA-IPR Académie de Nantes
11h45	Fin de la matinée – repas libre
13h30 – 14h30	L’animation pédagogique et didactique des sciences de la vie et de la Terre – productions locales, cohérence nationale
14h30 – 15h30	Le point sur le socle et le livret personnel de compétence
15h30-16h30	Actualités professionnelles et questions diverses

Conférences scientifiques



Malva moschata

Biodiversité, science et société

Pierre Henry GOUYON (Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle)

Approche historique du concept de biodiversité

La biodiversité est un concept d'une grande richesse tout en présentant de nombreux écueils pour la biologie et les sciences de la nature, car du fait de la grande diversité du vivant, les biologistes se sont perdus au cours de l'histoire, dans la description renouvelée de ses particularités. Cette démarche naturaliste classique n'a pas permis de dégager des lois générales comme ont pu le faire les physiciens par exemple. C'est encore le cas aujourd'hui avec la génomique et les voies de communications cellulaires.

Cette approche méthodologique, et le fait d'être touché personnellement, ont profondément ralenti les avancées en biologie qui s'est alors trouvée très en retard par rapport à la physique, dans la recherche d'une théorie unificatrice.

Au XVII^{ème} siècle, une espèce était une catégorie de forme et l'on pouvait facilement passer d'une espèce à l'autre grâce à la métamorphose. On fait appel à cette époque, aux éléments définis par Aristote : la terre, l'air, l'eau, le feu. Les scientifiques proposent la théorie du phlogistique qui décrit la nature de l'élément combiné à tous les corps inflammables. Cette idée s'est poursuivie jusqu'à Lavoisier, dont les travaux le conduiront à éliminer l'idée du phlogistique, encore défendu par Lamarck et Marat. Cette idée intéressante mais fautive, a néanmoins permis de grand progrès et l'on pourrait imaginer que l'espèce est à la biologie ce que le phlogistique était alors à la chimie.

Au XVIII^{ème} siècle, les grands systématiciens organisent la biodiversité en systèmes. C'est la naissance de la systématique. Linné définit différentes catégories, de l'espèce aux grandes familles. Il fonde sa systématique sur une idée très précise de l'espèce qui est le fruit de la création. Cette création est éternelle et les espèces sont figées. Les individus peuvent varier dans l'espèce mais ils ne peuvent pas passer d'une espèce à l'autre. La vraie diversité est celle des espèces créées par Dieu, l'autre, celle des individus, est seulement due aux caprices de la nature.

A la même époque, on fonde la catégorisation des espèces sur une chaîne des êtres (du non-être jusqu'à l'être parfait : DIEU) qui reste parfois ancrée dans les mentalités actuelles (avec par exemple la distinction « plantes et animaux supérieurs »). Catégorisation, hiérarchisation et comptage sont des activités du XVIII^{ème} siècle qui perdurent encore aujourd'hui, du fait en partie, de leur dimension idéologique.

Ne plus accepter la métamorphose, c'est refuser l'idée que l'espèce soit une catégorie de forme. Le statut de l'espèce est changé et prend une dimension temporelle, puisque ce qui la définit dès lors, est la descendance. Donner une dimension temporelle, représente une révolution qui s'est poursuivie jusqu'aujourd'hui avec le cladisme. Celui-ci met la descendance au centre de la notion d'espèce. La vision de la nature au XVIII^{ème} est donc une vision d'un monde créé par Dieu avec des espèces au sein desquelles la variation n'est pas très importante et qui vont pouvoir se reproduire sans jamais se modifier. Bernardin de Saint Pierre, tout comme Linné présente la nature comme « bonne », faite pour le bien de l'Homme. En même temps, Buffon pense que la nature n'est pas bonne et que l'Homme doit s'en occuper pour qu'elle le devienne. « La nature brute est hideuse et mourante, c'est moi qui peut la rendre bonne ». Les rapports de l'Homme à la nature au XVIII^{ème} sont donc très contrastés.

A la fin du XVIII^{ème} et au début du XIX^{ème}, Cuvier démontre que les espèces s'éteignent et Lamarck propose l'idée d'une transformation des espèces par hérédité des caractères acquis. L'espèce devient alors une collection d'individus, toutefois, la chaîne des êtres selon Lamarck, n'est pas encore une phylogénie car elle présente uniquement des espèces actuelles à différents stades de complexité ; les plus complexes étant apparus il y a plus longtemps que les plus simples.

Darwin, au XIX^{ème} siècle, présente la variabilité au sein d'une population et le succès reproductif différentiel des individus d'une espèce comme les véritables moteurs de la sélection naturelle. Il découvre, lors de son voyage autour du monde, la luxuriance des forêts tropicales et prend conscience de la concurrence entre des espèces dans un milieu. Il imagine la descendance avec modification et envisage sans toutefois l'écrire, une origine unique à l'ensemble de la vie. Dans la vision darwinienne, la biodiversité est sculptée par un jeu constant d'apparitions et d'extinctions. La biodiversité se construit progressivement par extinction et divergence des lignées qui permettent de générer un continuum de diversité de celle des individus à celle des espèces.

La biodiversité aujourd'hui : un concept dynamique

Aujourd'hui, on construit des phylogénies qui donnent une vision non pas centrée sur l'espèce, mais sur un processus progressif de différenciation à toutes les échelles de la diversité. Darwin avait déjà perçu cette progressivité de la diversité et la globalité de la biodiversité. En effet, La discussion sur l'espèce « empoisonne » la vision de la biodiversité car une espèce ne représente qu'un « moment » dans l'arbre de la vie, « moment » où les différences sont assez marquées pour qu'il n'y ait plus de possibilité de fusion des branches.

La biodiversité est donc un processus dynamique qui ne peut pas se résumer à une liste d'espèces à protéger. Pour préserver la biodiversité, il faut en préserver les mécanismes à son origine. De ce point de vue, vouloir stocker des espèces « en conserve » n'est pas une approche pertinente. Aujourd'hui la création de diversité semble être en panne car il se produit beaucoup d'extinctions, tandis que la production de formes nouvelles est très ralentie. Ceci repose sur la nécessité pour les populations d'un certain isolement local nécessaire à une différenciation et des échanges entre des populations de différents milieux. Or aujourd'hui, soit on isole tout, soit on mélange tout. Pour remettre le système en route, il faut remettre en contact les milieux, c'est ce que proposent des dispositifs tels que les trames vertes et bleues.

Les travaux de Nicolaï Vavilov, généticien Russe et héros de la biodiversité, viennent à l'appui de cette approche, puisqu'il a découvert les centres d'origine des plantes cultivées et a montré l'importance de cette coexistence d'isollements et d'échanges entretenus de façon empirique par les agriculteurs depuis le néolithique.

Des travaux sur des forêts américaines ont montré que certaines forêts produisent de nouvelles formes (les « sources ») alors que d'autres n'en produisent plus (les « puits »), les espèces y disparaissent. La conservation actuelle de la biodiversité consiste principalement à préserver les puits en oubliant les sources, or la protection des deux types sont nécessaires, en particulier celle des zones sources. Il faut avoir une vision dynamique de la biodiversité en privilégiant les processus par rapport à une vision statique des espèces.

Depuis le début du XX^{ème}, la génétique étudie l'information responsable des différences individuelles qui sont à l'origine de la biodiversité. De plus elle dessine, avec les gènes, des arbres tout comme la systématique le fait avec les taxons. On peut concevoir que la véritable biodiversité se mesure au travers de la complexité des arbres phylogénétiques, plus que dans des listes d'espèces.

Il est donc difficile d'imaginer que pour sauver la biodiversité, il suffise de prendre un bateau et d'y mettre quelques individus. Il s'agit plutôt de maintenir une diversité dans l'espèce. Mais cette diversité est aujourd'hui convoquée, non pas comme un élément fondamental de la biodiversité, mais seulement en tant qu'élément nécessaire à la conservation de l'espèce.

Un schéma qui présente le nombre d'espèces de plantes et d'insectes ne renseigne en rien sur la diversité de ces deux groupes car une espèce de plante n'est pas du même ordre qu'une espèce d'insecte. Une espèce de plante stocke bien plus de diversité qu'une espèce d'insecte en terme fonctionnel, évolutif et génétique. En terme de diversité globale, les insectes font des « nombreuses petites tranches » alors que les plantes en font moins mais plus grosses. Donc la comparaison du nombre d'espèces entre les plantes et les insectes n'a aucun sens. Ceci revient à dire que le comptage des espèces n'est certainement pas un bon indicateur de la biodiversité.

Science, scientifiques et société

Les scientifiques apparaissent comme des personnes rationnelles, pourtant on ne peut pas nier que l'eugénisme s'est développé à une vitesse folle dans les années 1930 soutenu par toute la communauté scientifique de l'époque et ceux qui s'y sont opposés, étaient considérés comme des obscurantistes. Cette rationalité a abouti à des milliers de stérilisations aux États-Unis et en Europe. Quand il s'agit d'étudier la mécanique céleste ou les processus de transmission des caractères, la rationalité des scientifiques est indispensable mais lorsqu'il s'agit de savoir ce que l'on doit faire avec ces connaissances, les scientifiques ne sont plus forcément les plus aptes à répondre, ou du moins ils ne doivent pas être les seuls à le faire. Car c'est en effet à la société toute entière de s'emparer de ces questions.

L'exemple de l'appel de Heidelberg en 1992, signé par de nombreux prix Nobel, qui lutte contre l'irrationalité et tous ceux qui s'opposent au progrès sous le prétexte de préserver l'environnement, est un bel exemple d'intervention des scientifiques dans le champ social. De même, la charte de l'environnement proposée par Jacques Chirac en 2005, qui précise le principe de précaution en tant qu'une demande à ce que soient levées les incertitudes sur les conséquences d'une avancée scientifique et ce, avant même d'avoir les preuves de ses éventuels aspects dangereux, a été combattue par l'académie des sciences sous prétexte de frein au progrès.

Il est donc important de réfléchir et de faire réfléchir sur ce qu'est la rationalité et l'irrationalité dans l'enseignement et dans les sciences et de s'interroger sur ce que l'on entend par progrès technologique.

Il s'agit aujourd'hui de s'interroger sur quelle nature on veut pour l'avenir.

Questions

Q1 L'espèce reste-t-elle un concept clé malgré son imperfection ?

R1 On appelle espèce n'importe quel rameau de l'arbre. Quand j'emploie le mot espèce, je pourrais le remplacer par phylum, taxon, clade en fonction des contextes. Le terme d'espèce est nécessaire pour être audible mais il faudrait lui retirer son sens précis (circonscrit dans l'espace) alors qu'il doit être embrassé dans le temps.

Q2 Le niveau de l'espèce ne semble-t-il pas encore très fonctionnel en ce sens qu'il a une fonction de transfert de gène ?

R2 C'est une vision de biologie animale. Si la notion de transfert d'allèles fonde la notion d'espèce, alors il y aurait très peu d'espèces dans le monde des plantes A quel niveau de rareté des échanges, définit-on les différentes espèces, sous-espèces ou variétés ?

Q3 *A priori*, le concept d'espèce ne gêne pas la vision dynamique de la biodiversité.

R3 Sauf si on présente les espèces comme des objets fixes, or la fixité du monde vivant est incompatible avec l'évolution. C'est comme si on enseignait que la Terre est plate sous prétexte que dire que la Terre est ronde est plus compliquée à comprendre.

Q4 Si déjà on sait dire que la biodiversité est un concept plus fin que la diversité d'espèces, c'est impossible à faire sans introduire la notion dynamique des espèces.

R4 On a réussi à faire passer le fait que la Terre est ronde, cela ne me semble pas plus compliqué que d'étudier la biologie dans une perspective évolutive. C'est un vrai problème.

Q5 Est-ce que ce système en panne peut être généralisé à d'autres milieux que les plantes et les plantes cultivées ?

R5 Oui cela peut être généralisé.

Q6 L'observation de la « panne » paraît moins convaincante car il est difficile de voir émerger de nouvelles espèces.

R6 J'en suis convaincu, c'est un vrai enjeu. Si j'insiste autant sur les espèces cultivées, c'est parce qu'on sait exactement ce qu'il faut faire et on ne le fait pas.

Q7 Rapprocher la question de la biodiversité de la question de mondialisation, pourrait donner du sens à nos enseignements et permettre l'interdisciplinarité.

R7 C'est une optique intéressante.

Q8 Vous dites que la biodiversité est un mécanisme or la sélection naturelle est un mécanisme et la biodiversité est un état des lieux.

R8 Je réserve le terme de sélection à une définition darwinienne stricte au sein d'une population donnée, (sélection intra populationnelle) – la sélection est du différentiel, l'extinction n'est pas incluse dans le processus de la sélection naturelle, la conséquence est l'évolution et la transformation de la population, l'extinction c'est autre chose.



Ephippiger ephippiger

Comment l'évolution des interactions mutualistes apparaît en de multiples thèmes du programme de première

Marc-André SELOSSE
CEFE CNRS -Université Montpellier II

Mots clés : Biologie des interactions ; interactions mutualistes ; biologie évolutive

Quelques définitions

La notion de **symbiose** a été définie en 1879 par Anton de Barry (« De la symbiose ») à partir de l'observation microscopique de lichens mais ce terme utilisé la première fois par Franck en 1877.

Cette définition est conforme à l'étymologie « vie ensemble » et repose sur un constat morpho anatomique qui ne préjuge pas d'échanges mutualistes (provient du concept de mycorhize... « *Symbiotismus* »)

Un autre concept émerge parallèlement et indépendamment celui de **mutualisme** c'est-à-dire de vie ensemble à bénéfice réciproque (Van Beneden 1875). Mais parfois les **amis** sont **dangereux** et cette notion de bénéfice réciproque reste ambiguë.

L'exemple du champignon *Septobasidium sp.* est révélateur à ce sujet. Il forme une cal tissulaire assez lâche dans l'écorce de l'arbre sur lequel il se développe mais n'a pas d'échanges ni de liens anatomiques avec lui. Le champignon est associé à des pucerons qui vivent et se déplacent dans le cal. Ils sont ainsi protégés et l'accès à la sève leur est facilité. Les pucerons sont favorisés et leur taille est supérieure à la normale, ils tireraient de cette association un avantage... Mais ils sont stériles. Sans descendants, le bénéfice n'est pas évident sur une échelle plus longue ! En termes évolutifs, ce n'est pas à bénéfices réciproques.

D'où la nécessité d'introduire la notion de temps lorsqu'on étudie la valeur sélective (fitness) : capacité d'avoir plus de descendants.

Aujourd'hui la notion devient **plus restrictive** : on parle de coexistence et mutualisme. La symbiose est définie, en terme de descendance, comme une amélioration réciproque de la valeur sélective des deux partenaires concernés.

Mais cette définition est peu opérationnelle car elle n'est pas toujours vérifiée ou vérifiable. L'exemple des légumineuses et des rhizobiums est intéressant de ce point de vue. La coopération entre le végétal et les bactéries coûte à la plante : 30% de photosynthétats partent dans les nodosités (80 à 90% des produits azotés repartent vers la plante). Si dans le milieu l'azote est abondant, il n'y aura pas de nodosités. Par contre en l'absence d'azote, la symbiose devient « rentable ». Cette notion de coût induit un « égoïsme sélectif » une sorte d'entraide conditionnelle.

Remarques :

Les nodosités, de couleur rouge, possèdent une hémoglobine qui apporte le dioxygène.

Les bactéries endocellulaires sont faciles à observer au MO en faisant un frotti.

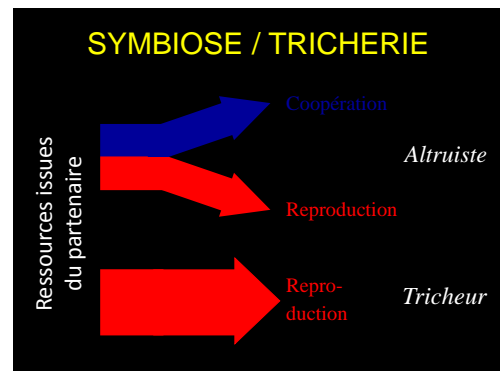
Ce qui est sélectionné c'est l'efficacité, pas l'entraide ;

La symbiose peut être sélectionnée si cela donne un avantage en termes de descendance (celui qui économise le plus de matière, d'énergie, se reproduit davantage).

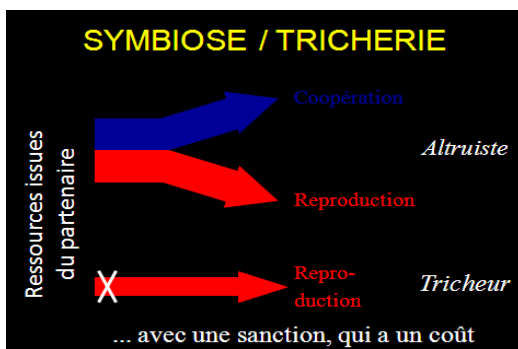
Darwin a bien compris ces aspects quand il a écrit : « La sélection naturelle ne peut pas sélectionner au sein d'une espèce une modification qui n'est intéressante que pour une autre espèce. »

Dans une population donnée, que se passe-t-il si on a des individus altruistes (payent le prix du coût coopération + reproduction) et des tricheurs (se servent du partenaire pour leur reproduction sans rien donner en échange) ?

On s'attendrait à ce que le tricheur gagne (beaucoup d'énergie disponible, plus de descendants, etc.) et que le partenaire disparaisse, or les associations mutualistes n'ont pas disparu. Autrement dit l'association a un coût et pourtant elle reste intéressante en termes évolutifs ce qui est paradoxal.



L'exemple du Rhizobium tricheur montre que ce paradoxe n'est qu'apparent. Le Rhizobium prélève les photosynthétats mais aussi les acides aminés pour faire sa matière azotée. Expérimentalement, si on remplace l'air ambiant par un air sans azote, on crée un tricheur car il ne peut pas fixer l'azote. Dans ces conditions si on compare les résultats par rapport à l'air ambiant normal on constate que le nombre de bactéries par nodule est supérieur en présence d'azote à celui sans azote. Les plantes empêchent le Rhizobium tricheur de proliférer !



L'explication est que la plante asphyxie Rhizobium : en l'absence d'azote la concentration en dioxygène diminue (par diminution de la perméabilité)..

Finalement, des « sanctions » issues du partenaire ont été sélectionnées : autrement dit les tricheurs se retrouvent avec moins de ressources que les altruistes.

Remarques :

Les sols agricoles sont très riches en azote, le soja qu'on y cultive tend à moins accepter de nodosités ;

Les procédés agricoles actuels tendent à diminuer la capacité à sanctionner : les variétés nouvelles sont moins, voire plus capables de trier les tricheurs et altruistes.

Les interactions mutualistes dans le programme de 1ère

THEME 3 : NOURRIR L'HUMANITE

Extrait du programme :

L'agriculture repose sur la constitution d'agrosystèmes gérés dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité. (Étudier un exemple de culture végétale pour montrer comment des techniques variées permettent une production quantitativement et qualitativement adaptée aux besoins.)

[...] il est nécessaire de prendre en compte l'environnement pour en assurer la durabilité (des ressources).

→ Prendre en compte l'environnement c'est aussi la capacité à trouver un symbiote...

Les intrants :

Extrait du programme :

L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements posent le problème de l'apport d'intrants dans les cultures (engrais, produits phytosanitaires, etc.).

Intrants, mycorhization et notion de phénotype étendu :

Il existe deux grands types de mycorhizes :

Cèpes, pieds de mouton... mycorhizes classiques des pays tempérés

Plantes des tropiques comme Maïs,... champignons plus discrets car sans sporulation dans l'air et endomycorhize plutôt que ectomycorhize (il faut coloration pour mettre en évidence).

La mycorhization concerne 80% des plantes - sauf Brassicacées et Polygonacées. Pour certaines d'entre elles ce besoin est plus important (Oignon), voire indispensable (Trèfle).

Choix des agriculteurs qui s'est porté sur les intrants chimiques non pertinent du fait que la plante sous-traiterait son exploitation aux champignons. Le système agricole actuel n'optimise pas le rôle des nodules associés aux plantes et néglige la fertilité des sols.

La pyramide des productivités

Extrait du programme :

Dans un écosystème naturel, la circulation de matière et d'énergie peut être décrite par la notion de pyramide de productivité... Ainsi, consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique.

L'exemple de la vache est très révélateur :

Si on se base sur la pyramide des productivités (biomasse par unité de temps) « Herbe – Veau – Homme » on constate une perte d'un facteur 10 à chaque transfert.

Pourtant l'observation d'une bouse de vache montre qu'elle renferme beaucoup d'herbe. Une vache ne digère pas l'herbe (ni cellulose, ni lignine). En réalité, la vache se nourrit de ses bactéries (qui digèrent la matière végétale) et de protozoaires du rumen : finalement la vache est un consommateur d'ordre 2 et 3.

La vache est donc un consommateur d'ordre 2 à 3 si on regarde ce qu'elle mange pourtant on la classe comme un consommateur d'ordre 1 (ce qui peut être considéré comme faux). Problème : où vont les 90 % perdus par la vache ?

A chaque transfert il y a des pertes liées à :

- la locomotion pour rechercher la nourriture notamment,
- l'assimilation,
- etc.

Les avantages de cette symbiose sont :

- l'économie du coût du rapprochement,
- l'utilisation de produits fermentaires - acides gras volatiles absorbés (propionate, ...) au niveau du rumen ; les déchets des bactéries sont des substrats pour la vache (de plus salive riche en azote et phosphate, il y a recyclage).

A ce niveau il faut plutôt parler de réseau alimentaire que de chaîne alimentaire.

THÈME 1 – A EXPRESSION, STABILITÉ ET VARIATION DU PATRIMOINE GÉNÉTIQUE

Extrait du programme :

Le phénotype macroscopique dépend du phénotype cellulaire, lui-même induit par le phénotype moléculaire. (Caractériser les différentes échelles d'un phénotype).

Vers une définition de la notion de phénotype étendu

Pour Dawkins (1982), le phénotype, ce n'est pas que le produit du génotype (le trèfle ne pourrait survivre avec son seul génotype)... Le phénotype est aussi fait de traits comportementaux et d'éléments biotiques et abiotiques recrutés dans milieu. Ceux-ci font le succès ou l'insuccès de l'organisme (c'est le cas des bactéries dans l'organisme de la vache, du rhizobium sur plante).

Remarque : L'Homme est l'espèce reine pour le phénotype étendu du fait de :

- ses microbes,
- son agriculture,
- ses outils.

Le phénotype macroscopique dépend du phénotype cellulaire, lui-même induit par le phénotype moléculaire.

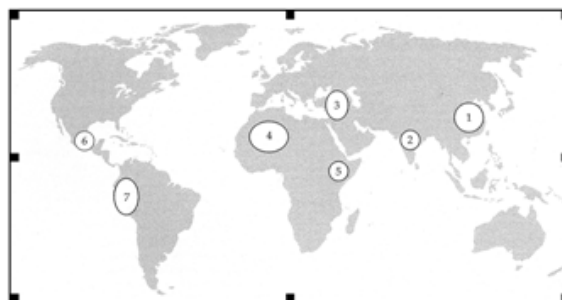
Et le phénotype étendu ?

La sélection des espèces domestiquées :

Augustin de Candolle (19^{ème} s) et Nicolaï Ivanovich Vavilov (le Darwin russe) ont étudié les centres de domestication.

Les grands types de cultures dans chaque centre de domestication. Modifié de Diamond, 2000.

Région	Céréales et graminées	Tubercules	Légumineuses	Fibres	Melons
1 – Chine	Millets, riz	-	Soja (<i>Glycine max</i>)	Chanvre (<i>Cannabis</i> sp.)	[Melon (<i>Cucumis melo</i>)]
2 – Inde	[Blé, orge, millet ...]	-	Pois chiche (<i>Cicer arietinum</i>)	Coton (<i>G. arboreum</i>), lin	Concombre (<i>C. sativa</i>)
3 – Croissant fertile	Blé (<i>Triticum</i> sp.), orge (<i>Hordeum</i> sp.)	-	Pois (<i>Pisum</i>), lentilles (<i>Lens</i>), Pois chiche	Lin (<i>Linum usitatissimum</i>)	Melon (<i>C. melo</i>)
4 – Afrique O. et Sahel	Sorgho, millet, riz africain	Ignames (<i>Dioscorea</i> sp.)	Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i>)	Coton (<i>G. herbaceum</i>)	Melons, gourdes
5 – Ethiopie	Teff (<i>Eragrotis tef</i>), ragi (<i>Elusine coracana</i>) [Blé, orge]	-	Pois, lentilles	[Lin]	-
6 – Amérique centrale	Maïs (<i>Zea mais</i>)	Jicama (<i>Pachyrhizus</i> sp.)	Haricot (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Coton (<i>G. hirsutum</i>) yucca, agave	Courges (<i>C. pepo</i>) etc.
7 – Andes	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	Manioc, P. de terre	Haricot, cacahuètes (<i>Arachis hypogaea</i>)	Coton (<i>G. barbadense</i>)	Courges (<i>C. maxima</i> , etc.)
Est des USA	Renouée, petit orge, may-grass (<i>Phalaris caroliniana</i>)	<i>Helianthus tuberosus</i>	-	-	Courges (<i>C. pepo</i>)
Mlle Guinée	Canne à sucre (<i>Saccharum</i> sp.)	Igames, tarot (<i>Calocasia esculenta</i>)	-	-	-



Il y a quelques endroits dans le monde dont sont issues de nombreuses espèces domestiquées (croissant fertile). On y trouve par exemple une céréale (Quinoa), une légumineuse, une source de fibre (cannabis ou coton *Gossypium*) mais aussi des pratiques agricoles similaires...

Des populations humaines qui ne se connaissant pas ont produit le même type de phénotype étendu

Le cas du maïs :

Le maïs actuel résulte de la domestication par l'homme du téosinte originaire d'Amérique centrale.

Maïs :

- port peu ramifié, ... l
- épis riches en graines
- graines nues
- épis non déhiscents (graines ne tombent pas)

Téosinte , l'ancêtre sauvage :

- ramification
- peu de grains dans capsules très dures (toutes les graines ne sont digérées par les oiseaux
- déhiscents (graines tombent)

Sélection et génotype : Un gène, *tb1*, est responsable du port de la plante : monopodial pour le maïs et ramifié pour le téosinte. Cependant, la variabilité de ces séquence est la même chez les deux, ce sont les séquences promoteurs qui sont différentes et qui ont été sélectionnées (le promoteur de surexpression du maïs explique 80% de sa différence morphologique).

L'agriculture est une forme de mutualisme collectif (l'Homme répartit les graines, protège les espèces cultivées des prédateurs...).

Le cas de l'Homme (de la symbiose en nous) :

Un être humain est approximativement constitué de :

Cellules humaines	100 000 000 000 000
Bactéries sur la peau	10 000 000 000 000
Bactéries dans l'intestin (entre 150 et 200 espèces)	100 000 000 000 000
Mitochondries	100 000 000 000 000 000

Approche évolutionniste de la notion de phénotype étendu

La course de la reine rouge (article de Van Valen - 1973 - A new evolutionary law) :

On observe que tous les groupes fossiles étudiés ont des taux d'extinction constants (taux indépendants des épisodes d'extinctions massives). D'où la théorie que la probabilité d'extinction d'un groupe d'êtres vivants (taxon) est constante au cours des temps géologiques et indépendante de son âge.

Cette théorie privilégie les facteurs biotiques... Toutes les interactions peuvent dérailler, les interactions symbiotiques comme le parasitisme (auquel on peut relier les tricheurs)

Extrait du programme :

L'application d'un antibiotique sur une population bactérienne sélectionne les formes résistantes et permet leur développement. L'utilisation systématique de traitements antibiotiques peut augmenter la fréquence des formes résistantes par sélection naturelle. (Comprendre, sur un exemple, l'application du raisonnement évolutionniste en matière médicale).

S'il y a accroissement de la pression de sélection sur un groupe, il y a sélection de groupes capables de contourner la pression de sélection initiale.

La reine rouge entraîne une coévolution des espèces (à côté de cet exemple en lien avec le programme, le parasitisme, on peut aussi évoquer le mutualisme).

Interactions entre des paramètres socio culturels et biologiques

Exemple 1 : culture alimentaire et gène de l'amylase

La quantité d'amylase dans la salive détermine l'efficacité du début de la digestion de l'amidon, or celle-ci varie en fonction du nombre de copies du gène de l'amylase dans le génome.

Chimpanzé 1+1 copies (action surtout de type lysozyme)

Blaka (chasseur cueilleur) 3+3 copies

Japonais 10 + 4 copies

Il existe une corrélation entre les mangeurs d'amidon depuis des milliers d'années et le grand nombre de copies du gène d'amylase

→ Le fait avoir de l'amidon dans l'alimentation a sélectionné les personnes qui possèdent beaucoup de copies du gène. Sûr ? Simple corrélation ?

Étude de l'ADN fossile : les chasseurs cueilleurs du paléolithique avaient peu de copies du gène d'amylase (ils mangeaient peu d'amidon et n'avaient pas de caries dentaires).

→ Il y a eu sélection dans les populations dont la culture alimentaire est basée sur amidon.

Cela pose le problème des personnes qui ne sont pas adaptées (obésité et réduction de la fertilité : aspects sélectifs ?)

Exemple 2 : Consommation de lait et lactase

La synthèse de lactase cesse vers l'âge du sevrage (s'il n'y a pas de lactase chez l'enfant cela entraîne une fermentation dans le tube digestif et des diarrhées).

En France, on constate qu'une forte proportion d'adultes a encore des lactases alors que les amérindiens n'en possèdent pratiquement pas. L'explication a été donnée à la suite du séquençage du gène qui a montré qu'il s'agit du même chez les deux populations. Les gènes des individus chez qui lactase persiste ont subi des mutations dans la même zone, celle du promoteur du gène. Mais ces mutations bien que situées au même endroit ne sont pas les mêmes. Elles sont apparues de façons indépendantes dans le temps et l'espace. Des recherches chez les Hommes du début du néolithique ont montré que l'allèle est présent mais n'est pas muté.

→ Il y a eu sélection similaire dans diverses populations dont la culture alimentaire est riche en produits laitiers

Exemple 3 : le Saint Nectaire

Saint Nectaire recouvre naturellement d'une flore en « poils de chat » dont le potentiel anti-listéria est important (flore utile).

Exemple 4 : les résistances aux antibiotiques

Cas d'une patiente souffrant d'infection à *Clostridium difficile* (causée par des antibiothérapies massives). Elle subit une pratique médicale nouvelle : la transplantation de la flore intestinale (flore fécale) d'un individu sain (son mari) pour remplacer sa flore qui la rend malade. Les résultats sont positifs, sa flore se stabilise et il n'y a pas de récurrence.

→ Dans ce cas certains microbes sont une arme contre d'autres microbes

Conclusion :

Derrière des choses très simples il y a des interactions mutualistes,...

Il faut se méfier des idées reçues et avoir un autre regard sur le monde

Conseil bibliographique :

Biologie évolutive, 800 pages de la vision évolutive du monde occidental.

Questions et réponses :

Phénotype étendu : paramètres génétiques, épigénétiques et environnementaux.

Exemple supplémentaire :

Les japonais consomment des Porphyres (Nori), qui contiennent beaucoup d'agar et de carraghénanes.

Des bactéries de leurs tubes digestifs ont capturé des gènes de bactéries présentes à la surface des Nori permettant de digérer ces polymères de galactose.



Arion rufus

La biodiversité du sol : patrons macroécologiques et importance pour le fonctionnement du sol

Thibaud Decaens, professeur à l'Université de Rouen
Laboratoire d'écologie – UPRES 1293 ECIDIV, spécialiste du sol

Le sol est un lieu de biodiversité importante. L'objet de cet exposé est d'en proposer une définition, de connaître sa composition, de comprendre les menaces qui pèsent sur elle et les fonctions qu'elle remplit (surtout faune du sol, notamment vers de terre). Ces fonctions sont aussi bien biologiques que des services environnementaux rendus à l'homme.

C'est un sujet mal connu et peu d'ouvrages lui sont consacrés, qu'il s'agisse de la décrire ou d'en comprendre le fonctionnement.

Connaître la biodiversité du sol

La biodiversité du sol comprend les organismes vivant dans le sol pour un stade actif de leur vie au moins. Ils peuvent être des habitants à temps plein (bactéries, vers de terre, taupes, ...) ou à temps partiel.

Dans les sols, il existe tous les groupes trophiques, depuis les détritivores, les zoophages, jusqu'aux phytophages, prédateurs, etc.

Les organismes vivent dans la **matrice du sol** mais aussi dans les **annexes du sol** comme la litière (arthropodes), les arbres creux, les bois en décomposition, les déjections de vertébrés et autres « parties du sol au sens large ».

Pour classer la faune du sol, il existe plusieurs solutions, mais le classement en fonction de la taille reste le plus "classique et pragmatique" :

- microfaune et microflore avec une extraction particulière et un microscope ;
- mésofaune et mésoflore avec une loupe ;
- macrofaune et macroflore à l'œil nu (tri manuel).

Il est possible de dénombrer les espèces, suivant les milieux :

Dans une hêtraie on compte :

- plus de 1000 espèces d'invertébrés au m² ;
- plus de 4000 génotypes bactériens ou plus de 2000 espèces de champignons dans un gramme de sol ; ¼ des espèces (1,5 à 2 millions) sur Terre sont des espèces du sol.

Une manière de bilan

La connaissance taxonomique est faible ("déficit taxonomique") par rapport aux autres milieux. Les organismes sont de petites tailles et en général les espèces sont d'autant moins décrites qu'elles sont plus petites ("verrou technique, technologique et méthodologique"). Des difficultés techniques et technologiques font qu'il est difficile de connaître et décrire ces espèces (problème pour les cultiver etc.).

Il en est de même pour la macrofaune : 3700 espèces de vers de terre sont décrites, une centaine en France et en Normandie, il est dénombré une vingtaine d'espèces.

L'analyse des codes barres ADN permet de déterminer les espèces. En effet, fréquemment, il s'agit d'une biodiversité cryptique : les espèces étant proches phénotypiquement, c'est l'analyse génétique qui permet de les différencier.

Ainsi, *Lombricus terrestris* et *Lombricus festivus*, très semblables d'apparence, présentent de grandes divergences génétiques qui permettent de dire qu'il s'agit de deux espèces.

La biodiversité du sol est à la fois très méconnue et très peu étudiée. Les organismes du sol ne sont que peu pris en compte dans la littérature scientifique, notamment à cause du peu d'attrait de la part des lecteurs (traduit par le nombre de pages web).

Par ailleurs, il existe un manque d'experts dans le domaine de la taxonomie des "invertébrés" du sol ("dictature des Vertébrés").

Pourtant, la biodiversité du sol est considérée comme la troisième frontière biotique (les grands fonds océanique constituent la première et la canopée la deuxième).

Personne n'est capable de décrire la biodiversité globale dans un petit volume de sol. Moins de 10% des espèces auraient été décrites.

Comment expliquer que tant d'espèces vivent dans un si petit volume habitat ?

Les relations interspécifiques devraient faire disparaître beaucoup d'espèces ou d'individus.

Il faut chercher la raison de cette abondance dans des caractéristiques du milieu :

- nature compacte et tridimensionnelle du sol (diversité des niches)
- détritiques supportent des chaînes et des réseaux plus complexes.

Une biodiversité sous pression

En quoi la biodiversité du sol est-elle concernée par l'érosion de la biodiversité?

La "théorie des filtres environnementaux" permet une approche de cette question : la liste d'espèces qui est trouvée dans le sol est une fraction d'une biodiversité globale et on pense qu'il existe un pool global qui est réduit par les facteurs environnementaux en fonction de patrons (aire de répartition, distribution locale, survie, compétition entre espèces, érosion des sols, introduction d'espèces, etc.). La biodiversité du sol générale, criblée par un filtre environnemental, se traduit en un lieu donné par une biodiversité locale.

Quels sont les paramètres définissant ces filtres environnementaux ?

- ***Le rapport surface / richesse des îles :***

C'est la relation entre la richesse et la surface des habitats : plus une île est grande plus elle comporte des espèces diversifiées, plus elle est isolée moins elle possède d'espèces. La notion d'île peut-être élargie à toute surface isolée.

La biogéographie des espaces insulaires permet ainsi de faire de la prédiction lors des transformations de milieux lorsque l'homme réalise une déforestation (transformation d'une forêt en nombreux îlots forestiers), etc.

Exemple : la simple construction d'une route aux USA, peut considérablement faire baisser la biodiversité du sol le long de la route en modifiant le microclimat.

- ***Les gradients latitudinaux (décrits depuis le 19^{ème} siècle Humboldt et Bonpland 1807 et Wallace 1853)***

Ainsi, les sols contiennent plus d'espèces à l'équateur qu'aux pôles. Cela s'explique par de multiples raisons :

- la stratification verticale dans les forêts tropicales conduit à une production de déchets très variés qui s'incorporent au sol ;
- la productivité primaire y est particulièrement forte ;
- ces aires n'ont pas subi de glaciations et leurs communautés biologiques, anciennes, ont eu le temps de se complexifier.

- ***Les "gradients d'adversité"***

Lorsque le milieu est stressé ou perturbé, la biodiversité diminue (extinctions). Dans les milieux peu stressés c'est l'inverse, par élimination des compétiteurs.

- ***Les perturbations***

En général, la mise en culture des sols diminue la biodiversité, par diminution de la productivité et augmentation des perturbations.

- ***"Gradients successionnels"***

Lors du vieillissement d'un sol on observe une augmentation de la richesse spécifique jusqu'à atteindre un plateau.

Les causes ne sont pas connues et les mécanismes sont sans doute plus complexes qu'il y paraît.

- ***La diversité des habitats et la richesse spécifique des organismes***

La diversité en qualité et diversité des apports en MO augmente la biodiversité

- ***Les concurrences entre espèces***

Une bonne illustration est fournie par la répartition des espèces de vers de terre. Elles sont réparties de manière hétérogène dans des zones. Les espèces qui coexistent au sein d'une même zone, sont toujours morphologiquement très différentes, les relations interspécifiques empêchant la coexistence de deux espèces morphologiquement similaires.

Des observations similaires sont réalisées chez les fourmis (taille des mandibules en fonction de la place dans le réseau trophique).

La biodiversité d'un sol est donc d'une grande richesse et résulte d'interactions écologiques complexes. Il en résulte une assez grande vulnérabilité aux perturbations extérieures.

Une biodiversité aux fonctions essentielles

La biodiversité du sol a-t-elle une « valeur » ?

La question est complexe car on peut envisager cette valeur sous des angles variés :

- valeurs intrinsèque (la biodiversité considérée comme une valeur en elle-même : valeurs éthiques ou religieuses) ;
- valeurs instrumentales (valeur liée à aux avantages indirects apportés à l'homme : usages effectifs ou potentiels) ;
- valeurs économiques directes (espèces directement utilisées : nourriture).

Il n'est pas possible de proposer une étude exhaustive de cette valeur, mais quelques illustrations donnent une idée de l'extrême diversité des approches possibles.

Un exemple de valeur économique directe pour la nourriture

La faune du sol peut représenter jusqu'à 70 % de la valeur protéinique en Amazonie, pendant les périodes de chasse difficile.

Quelques exemples de valeurs instrumentales

- Utilisation pour la nourriture pour les animaux domestiques.
- Utilisation comme appâts pour la pêche.
- Compostage des déchets organiques (élimination des déchets et production de compost).

- Élément essentiel dans les chaînes trophiques des écosystèmes et donc entretien du patrimoine naturel (ressources trophiques pour un grand nombre d'animaux).
- Intérêt récréatif (safaris entomologiques, écotourisme, ...)
- Intérêt éducatif (TV « C'est pas sorcier », bandes dessinées, etc.)

La valeur de la biodiversité envisagée sous l'angle d'un groupe d'êtres vivants : les vers de terre

On distingue plusieurs catégories d'espèces suivant leurs modes de vie :

- endogées, qui vivent dans un milieu obscur, généralement dépigmentées ;
- épigées qui vivent dans la litière, généralement pigmentées (fonction de camouflage) ;
- anéciques (de dit des vers qui vivent dans le sol mais se nourrissent en surface à partir de feuilles mortes) qui présentent un gradient de pigmentation.

Les vers de terre jouent à la fois un rôle d'incubateur biologique (c'est-à-dire qu'ils mangent, rejettent des matières fécales et les avalent à nouveau afin de tirer profit de cette deuxième digestion) et ingénieurs écologique (en raison de leur symbiose avec des microorganismes).

De façon globale, de la même façon qu'on définit une rhizosphère pour désigner l'importance biologique du système racinaire dans le sol, on parle de drilosphère pour désigner les vastes influences des vers.

Quelques éléments permettent de préciser ces notions.

- ***Les ingénieurs écologiques du sol***

Cette fonction concerne les processus de transferts (absorption ou désorption) et les transformations de matière et énergie dans le sol. Cela conduit à une régulation des processus physico-chimiques qui régissent le fonctionnement du sol.

Il faut prendre en compte et lier les différents niveaux, depuis l'organisme jusqu'au système, ici le sol dans sa globalité. C'est très compliqué et parfois proche de la spéculation, hors la modélisation mathématique.

- ***Alimentation des vers de terre***

Les vers de terre choisissent des agrégats argilo-humiques qu'ils digèrent.

Ils produisent des **turricules** : agrégats organo-minéraux riches en matière organique et plus stables à l'eau (grâce au mucus intestinal) que les agrégats de sol de taille comparable. C'est important pour préserver les sols de l'érosion par l'eau. Les turricules sont des sortes d'incubateurs.

Dans les écosystèmes colombiens, des vers de terre d'une trentaine de centimètres produisent 115 tonnes d'agrégats/ hectare/ an. Cela augmente la macro-agrégation, intéressante pour la productivité végétale.

A l'intérieur du tube digestif du ver de terre, les bactéries ne seraient pas toutes symbiotiques. Certaines sont digérées par le ver de terre, il serait ainsi (aussi) un prédateur de bactéries.

Dans les turricules les vers de terre minéralisent les fractions anciennes de la matière organique et protègent, en séchant, de la minéralisation les fractions nouvelles de matière organique. C'est l'objectif des agriculteurs lors du labour, de produire de la matière minérale sans diminuer la fraction organique, difficile avec le labour qui diminue la fraction organique du sol.

Libération d'azote minéralisé de l'ordre de la trentaine de kilos / hectare/ an (environ le tiers de ce qui est recommandé pour une agriculture vivrière type colombienne).

9 t de C organique par ha /an sont piégés dans les turricules.

- ***Les vers de terre modifient le milieu de vie des organismes vivant dans le sol***

Sous les turricules, on trouve davantage de biomasse racinaire (libération d'éléments nutritifs) et de petits arthropodes.

Des graines sont remontées dans les turricules ou au contraire sont enfouies depuis la surface (ce qui participe à la constitution d'une "banque de graines du sol").

Sur les coteaux calcaires normands, des adventices de vignes sont encore présentes après la disparition de la vigne, grâce à la dynamique des vers de terre qui remontent les graines.

- ***Impact des vers de terre sur la productivité primaire***

En présence de vers de terre, la productivité augmente en général ... sauf pour les légumineuses (inhibition par l'azote libéré ?).

Plus le sol est fertile à l'origine, moins l'effet des vers de terre est net.

- ***L'impact de l'intensification agricole sur la diversité des organismes du sol :***

L'intensification agricole diminue la richesse spécifique des vers de terre et des autres organismes, de manière très générale.

Les projets pluridisciplinaires seraient intéressants pour faire le lien entre la biodiversité, les ressources et les caractéristiques socio-économiques, la production agricole.

Vers une gestion de la biodiversité des sols

L'importance de la biodiversité des sols et sa fragilité manifeste rendent indispensable un effort de gestion. Schématiquement, plusieurs modalités sont envisageables.

- ***Gestion directe***

Il est par exemple possible d'inoculer des vers de terre ou autres organismes édaphiques (seulement pour des cultures à fortes valeurs ajoutées, comme celle du thé en Inde, car très coûteux).

- ***Gestion indirecte***

Il s'agit de favoriser l'existant en évitant la fragmentation des habitats (corridors écologiques), en jouant sur les ressources trophiques, les perturbations et stress, ou sur des organismes clés.

- ***Gestion intégrée***

Combinaison de méthodes directes et indirectes.

Conclusion

Si l'on a déjà pleinement conscience de l'importance de la biodiversité du sol, beaucoup reste encore à faire en matière de recherche scientifique fondamentale sur ces questions :

- taxonomie des organismes du sol pour combler le déficit ;
- établir des indices biologiques de la qualité des sols.

Au-delà de ces perspectives scientifiques, faire prendre conscience de l'importance de la conservation des organismes du sol constitue un enjeu éducatif majeur.

De la science à la classe



Artocarpus heterophyllus

Éditorial

Les questions de biodiversité et d'évolution sont peu nouvelles pour le professeur de sciences de la vie et de la Terre. Cependant, elles posent plusieurs types que questions pédagogiques.

Jusque là, leur présence dans les programmes était largement implicite. Elles sont maintenant des objets d'étude à part entière et nécessitent donc des outils spécifiques. De plus, leur présentation liée l'une à l'autre demande des précautions particulières : sans introduire en elle-même des concepts nouveaux, elle impose une certaine finesse de présentation. Enfin, traditionnellement, les questions de biodiversité donnent lieu à des activités pratiques très traditionnelles, proche de l'inventaire naturaliste, celles d'évolution conduisent plutôt à des études de documents.

La transposition didactique nécessaire conduit à la réflexion sur de nouveaux outils. Au cours de ce séminaire, quelques pistes sont explorées pour y parvenir. Elles sont décrites dans les pages qui suivent.

La question des sites d'accompagnement est appelée à prendre un développement important dans les moins qui viennent, notamment en relation avec le « plan numérique » annoncée par le ministre.



Arbutus unedo

GENOME à l'École

En partenariat avec le Génomoscope et l'École de l'ADN.

Dans le cadre de l'année mondiale de la biodiversité, et à l'occasion de la réforme des programmes du lycée, l'inspection générale des sciences de la Vie et de la Terre et « Sciences à l'École » ont développé un projet d'exploration de la diversité génétique au sein des établissements.

Le projet « Génome à l'École » est conçu à l'image des autres plans d'équipement de « Sciences à l'École » : en réponse à un appel à propositions qui sera émis fin 2010 (niveau lycée – classes préparatoires), le comité scientifique sélectionnera les équipes pédagogiques sur la qualité de leur dossier, pour une dotation de matériel en 2011. L'équipement comprendra thermocycleurs, dispositif d'électrophorèse, kits d'extraction d'ADN, micropipettes, microcentrifugeuses, ... Une partie de ce matériel sera fournie sous forme de kit par « l'École de l'ADN ».

Ainsi équipées, les établissements pourront conduire une grande variété de projets (génotypage, métagénomique, barcoding, sauvegardes de variétés anciennes de fruitiers, programmes de reproduction en captivité, ...). En plus des projets propres soumis lors de la candidature, les équipes participeront à un projet commun, afin de rôder les pratiques et d'expérimenter un travail en réseau. Ce projet portera sur la diversité génétique du peuplier, dans les compartiments sauvages (forêts de rive) et cultivé (peupleraies). Diverses problématiques accessibles à des lycéens de filière scientifique peuvent être abordées (érosion de la diversité génétique, introgression de caractères dans la population sauvage, diversité spécifique et hybridation, ...). Les *loci* ciblés seront des gènes, des régions intergéniques et des microsatellites, pour lesquels les laboratoires partenaires (INRA Orléans-Tours, URGV) disposent d'outils moléculaires (amorces, sondes...).

Les équipes procéderont elles mêmes au prélèvement des échantillons, à l'extraction de l'ADN, à l'amplification des régions cibles, au contrôle des produits d'amplification sur gel d'électrophorèse, au dépôt des données dans une base de données dédiée et, le cas échéant, au dépôt des séquences dans les bases de données publiques. L'accent sera mis à chaque étape sur le respect des protocoles et la traçabilité. Le séquençage sera effectué au Centre national de séquençage – Génomoscope – à Évry, avec qui une convention sera passée. D'autres partenariats sont explorés pour l'exploitation des données de séquences, de polymorphisme, au moyen d'outils logiciels adaptés (équipe ACCESS INRP, projet « Annotathon »).

Les enseignants des établissements sélectionnés bénéficieront d'une formation théorique et pratique en juin 2011 à Nîmes, dans les locaux de l'École de l'ADN. Ils pourront ainsi se familiariser avec les outils et les notions avant l'arrivée du matériel à la rentrée 2011.

Contact « Sciences à l'École » : Yann Esnault (yann.esnault@obspm.fr)

Une plateforme de formation à distance au MNHN pour les enseignants



MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Pascale Debey, directrice de l'enseignement (MNHN),
Sophie Mouge, coordinatrice du projet de plateforme (MNHN-Créteil),
Sophie Pons, coordinatrice des formations pour enseignants du secondaire (MNHN)

Le Muséum national d'Histoire Naturelle propose depuis plusieurs années des formations scientifiques aux professeurs du primaire et du secondaire, en lien avec les instructions officielles de l'Éducation Nationale. Pour répondre à une demande croissante de ressources de la part des enseignants eux-mêmes ou des rectorats, et surtout pour étendre son offre de formation à un plus large public d'enseignants francophones, la Direction de l'Enseignement du Muséum développe une plateforme de formation à distance, dont l'inauguration a eu lieu le 29 septembre 2010 :

<http://plateforme-depf.mnhn.fr>

Cette plateforme offre aux enseignants un large éventail de ressources destinées à actualiser leurs connaissances et à enrichir leurs pratiques de classe en suggérant des pistes d'activités pédagogiques à réaliser dans un cadre réel ou même virtuel. L'ensemble de ces ressources est consultable en ligne, gratuitement, sur simple inscription (compte à créer lors de la première connexion).

Les premiers modules proposés ciblent les enseignants de collège et lycée :

- enseigner la Classification et l'Évolution du Vivant (pour les professeurs de SVT) ;
- Approches Interdisciplinaires de l'Évolution (pour les professeurs de toutes disciplines).

L'espace prévu pour les enseignants du primaire ouvrira dans quelques mois.

Outre les rubriques proposées aux enseignants, un espace destiné aux élèves offrira prochainement des activités à réaliser en ligne, en auto-formation ou sous la responsabilité du professeur.

Le prochain module proposé aux enseignants concernera l'enseignement de la biodiversité dans le cadre de l'Éducation au Développement Durable.

Une traduction en anglais de la plateforme est à l'étude.

Contact : spons@mnhn.fr

Un groupe de production de ressource sur moyens DGESCO

Monique Dupuis, IA-IPR Académie de Nantes

La commande

La mission de ce groupe est d'exercer une **veille active** sur les ressources concernant la biodiversité et l'évolution à destination des enseignants de SVT du secondaire, en relation directe avec la mise en œuvre des programmes. Dans un premier temps, le travail sera axé sur les thématiques « biodiversité/évolution » en relation avec les nouveaux programmes de SVT au lycée.

Ce groupe, en principe pérenne, est constitué de quelques enseignants de SVT lycée (3 ou 4) et piloté par un IA-IPR de SVT.

Les tâches identifiées sont :

- Rassembler et répertorier des ressources
- Produire éventuellement des ressources
- Susciter la production de ressources
- Identifier des « éléments » pédagogiques et didactiques importants pour l'enseignement de cette thématique (points qui posent problème, ...)

Les ressources concernées peuvent tout aussi bien être scientifiques, que pédagogiques et didactiques.

Le travail de ce groupe ne se fait pas de façon isolée. Des relations sont souhaitables avec les groupes travaillant sur d'autres thématiques.

Présentation des pistes de travail du groupe – 2 octobre 2010

Lors de cette première phase de travail du groupe, très courte puisque le groupe a été constitué fin août, il a surtout été question d'établir une stratégie de travail.

Une démarche en plusieurs étapes :

- Faire le point sur l'existant et les pratiques
 - *Diagnostic de l'existant en matière de ressources :*
 - de très nombreuses ressources existent déjà, tant au niveau bibliographique (ouvrages, périodiques, ...) que sur l'Internet (sites académiques, sites d'organismes à vocation scientifique, ...) – il existe des ressources scientifiques, des ressources didactiques et pédagogiques, certains sites proposant une articulation entre ces volets scientifiques et pédagogiques (exemple : le site Accès de l'INRP) ;
 - de nombreux sites proposent également des portails dans les domaines de l'évolution et de la biodiversité ;
 - il y a plusieurs sites gérés par des enseignants de SVT qui proposent une sélection de ressources et des séquences pédagogiques plutôt « clé en mains » ;
 - les « ressources pour faire la classe » proposent une sélection de ressources en relation directe avec les nouveaux programmes de seconde.
 - *Habitudes de travail des enseignants de SVT :*
 - pour préparer leurs cours, les enseignants utilisent traditionnellement les manuels scolaires, et des ressources disponibles sur Internet ;
 - la préférence des enseignants va, pour la majorité d'entre eux, à des sites ou des ressources proposant des exemples concrets d'application en classe, des choses plus ou moins « clé en main » ;

- *besoins exprimés ou ressentis par/pour les enseignants lors de l'application des nouveaux programmes*
 - des exemples nouveaux ou particulièrement adaptés aux notions à construire ;
 - un « guidage » pédagogique (documents et exemples intéressants, pistes pédagogiques, erreurs à éviter, ...).
- Une réflexion à partir de ce diagnostic : que peut proposer ce groupe de travail, qui se démarque d'un énième site portail ?
 - Des objectifs qui nous ont semblé importants :
 - *répondre aux attentes des enseignants tout en traduisant les attentes de « l'institution »*, autrement dit proposer des ressources avec des repères clairs, qui soient choisies en fonction des pratiques que l'on veut susciter, notamment d'amener les enseignants à utiliser des documents scientifiques « bruts », qu'ils peuvent insérer dans la démarche pédagogique qu'ils auront choisie et bâtie eux-mêmes ;
 - guider les enseignants dans l'actualisation des connaissances, et dans les approches pédagogiques nouvelles, sur certains points qui le nécessitent, soit parce qu'ils sont nouveaux, soit parce qu'ils sont méconnus, soit parce que leur approche peut poser des problèmes pédagogiques et didactiques particuliers ;
 - jouer un rôle d'interface entre les enseignants et les scientifiques.
- Une méthodologie et des axes de travail pour le groupe
 - L'idée est de partir directement du programme, en s'appuyant essentiellement sur la colonne « capacités et attitudes » des programmes.
 - Trois pistes sont explorées de façon conjointe : actualisation des connaissances – pistes pédagogiques et conseils – outils pour faire la classe.
 - Le travail a commencé pour le moment en travaillant sur le recensement/repérage des ressources disponibles – analyse des sites qui amène à un bref commentaire précisant « l'intérêt de ce site ».

Le bilan des échanges avec le groupe des IPR SVT après la présentation du diaporama

- Certains collègues sont intervenus pour souligner le fait que les interrogations de ce groupe ne sont pas nouvelles ... Le problème du recensement des ressources disponibles, de la centralisation ou non des ressources, .. se pose depuis bien longtemps.
- La question s'est posée aussi de savoir si un moteur de recherche bien utilisé ne suffit pas.
- L'inspection générale souligne l'importance du nouveau contexte de la mise en place de la réforme des lycées, et de la liberté pédagogique des enseignants → un pilotage pédagogique national est-il nécessaire ? attendu ? quelle forme peut-il prendre ? faut-il déléguer cela à d'autres instances (CRDP ?) ? la veille scientifique nécessite une grande proximité du terrain et des forces vives.
- L'importance de donner aussi un repérage pédagogique aux jeunes enseignants est également soulignée.
- Une réalité récente est également soulignée : la restriction de plus en plus forte du nombre de stages proposés aux enseignants dans les académies. Une incitation forte aux formations en ligne et à l'auto-formation → cela renforce la nécessité de ce pilotage national
- La nécessité de donner de la cohérence à toutes les ressources disponibles est soulignée également
- Le positionnement par rapport à Acces (INRP) est souligné : on ne veut pas remplacer Acces, mais orienter vers Acces.
- La richesse des productions académiques est rappelée → il est bien évident que cela n'est pas remis en cause ! Nécessité d'articuler le travail en académie et le niveau national.

Remerciements

L'inspection générale de sciences de la vie et de la Terre tient à remercier les personnes qui ont permis le succès de ce séminaire.

- Le bureau de la formation continue de la DGESCO qui en a permis l'organisation.
- Le Palais de la Découverte qui l'a accueilli ; la directrice d'Univers Sciences Madame Claudie Haigneré ; le directeur scientifique Guy Simonin.
- Les universitaires qui ont aidé à la préparation du colloque et/ou ont proposé des conférences : Thibaud Decaëns, Michel-Claude Girard, Pierre-Henri Gouyon, Marc-André Sélosse.
- Les IA-IPR qui ont assuré la prise de notes pendant les conférences : Sabine Bobée, Annie Boisbouvier, Myriam Gaujoux, Michel Khairallah, Alain Pothet, Jean-Marc Simon.
- Yann Esnault, de Sciences à l'école pour la présentation du projet Génome à l'école.
- Pascale Debey, Sophie Mouge et Sophie Pons pour la présentation de la plateforme du muséum.
- Monique Dupuis pour la réflexion sur le développement des futurs sites d'aides aux professeurs.



Polytrichum sp.