



Les dons de la vie

bourdon, Vendée, France

Importance de la pollinisation entomophile dans les écosystèmes et les agrosystèmes

La pollinisation par les insectes est un facteur clé dans la reproduction sexuée chez les angiospermes (pollinisation croisée, mécanisme favorisant l'hétérozygotie) et le mutualisme plante – pollinisateur a conduit à une co-évolution et une grande diversification des espèces. Le vent est le vecteur de pollen principal chez seulement 10 % des plantes à fleurs ou Phanérogames (espèces anémophiles), et les insectes (coléoptères, hyménoptères) pollinisent la plupart des espèces, de façon exclusive ou dominante (espèces entomophiles).

La production de 84 % des espèces cultivées en Europe dépend directement de la pollinisation par les insectes, en particulier les abeilles (plus de 20 000 espèces) et les bourdons : la pollinisation par les abeilles contribue ainsi à 70 % de la production de semences chez l'oignon. Dans les agrosystèmes, la pollinisation est un facteur de production intervenant dans des secteurs agricoles variés (arboriculture fruitière, productions de semences, cultures sous abris).

Le transfert du pollen des étamines productrices vers les stigmates récepteurs répond à des exigences précises en termes de quantité (intensité de pollinisation), de qualité (viabilité du pollen, phénomènes d'incompatibilité), et de durée (période de pollinisation). La connaissance des facteurs impliqués dans l'efficacité de la pollinisation permet d'améliorer les pratiques de pollinisation.

Rôles de la biodiversité des pollinisateurs dans le fonctionnement des agrosystèmes

La diversité des insectes pollinisateurs peut augmenter la productivité (via un effet sur le succès reproducteur de la plante) : des études empiriques ont montré que la fructification des plants de café en Indonésie augmente avec la diversité des pollinisateurs. Des études expérimentales ont montré que la biodiversité des pollinisateurs a également un rôle dans la stabilité des communautés végétales. D'autres études montrent que la biodiversité des abeilles permet le maintien d'une activité pollinisatrice, dans le cas où l'abeille domestique ou le bourdon serait attaqué par une épidémie ou un parasite comme l'acarien Varroa.

Activités humaines et déclin des espèces de pollinisateurs

Dans de nombreux pays, en particulier les pays industrialisés, les populations d'abeilles sont en déclin et de nombreuses espèces sont menacées. Les principaux facteurs responsables sont la disparition des sites de nidification (remembrements, urbanisation), la raréfaction des espèces végétales associées aux pollinisateurs (monoculture, herbicides), et les pesticides (toxicité). La dégradation des habitats et les cascades d'extinctions sont en effet deux des causes principales des extinctions d'espèces.

Perte de biodiversité et perte de biens et de services écologiques

Dans certaines régions himalayennes de l'Hindu Kush-Himalaya, les populations d'abeilles locales (*Apis cerana*) se sont éteintes, et les villageois sont contraints de polliniser à la main les pommiers. Ces extinctions locales sont dues à la présence de l'espèce européenne (*Apis mellifera*), plus productive mais moins adaptée au climat himalayen, à la disparition d'habitat et aux pesticides. Face à la perte de ce service écologique, la pollinisation, des projets de conservation des espèces locales d'abeilles sont entrepris en prenant en compte les paramètres liés au développement.

La biodiversité est source de biens et de services écologiques

La pollinisation est l'un des services écologiques assurés par la biodiversité. L'homme tire de nombreux bénéfices directs (ressources ou "biens écologiques") ou indirects ("services écologiques") de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes. Des études théoriques et expérimentales montrent que la productivité de prairies augmente avec la diversité des espèces végétales (expérience BIODEPTH), que la diversité des mycorhizes augmente la diversité et la productivité des plantes, ou que le risque d'infection humaine de la maladie de Lyme (transmise par les tiques) diminue avec la diversité des hôtes secondaires (rongeurs, daim). Ainsi, la biodiversité est à l'origine de nombreuses ressources (ressources agro-alimentaires, matières premières, ressources énergétiques, pharmacologie) et joue un rôle dans la productivité et la stabilité des écosystèmes et des agrosystèmes. Les services écologiques (bénéfices indirects), sont très variés : qualité de l'eau (cycle des éléments et dépollution), stockage (carbone), contrôle de l'érosion, formation des sols, fertilité des sols, régulation du climat, pollinisation, lutte biologique (contrôle biologique de ravageurs), limitation de la propagation de maladies, etc. Le maintien de ces biens et services écologiques passe par une gestion durable de la biodiversité.



1. Sur quelles parties des programmes s'appuyer ?

Seconde

La planète Terre et son environnement

Première ES

“Une ressource naturelle : le bois ”

“Ce thème environnemental permet de dégager les principes d’une exploitation scientifique raisonnée et d’une protection de la biodiversité des ressources.”

Premières L et ES

Production alimentaire et environnement

“La production végétale est à la base de la production animale et d’une partie de la production humaine.

La production de la matière animale nécessite une production végétale quantitativement importante.”

Fonctionnement d’un agrosystème, ses conséquences environnementales

“Ce thème doit permettre de poser scientifiquement des questions sur Quels aliments pour nourrir demain 6 milliards d’hommes ? en considérant à la fois l’individu et son environnement proche et global.”

Terminale S

Thème 1 : “Du passé géologique à l’évolution future de la planète.”

2. Quelles problématiques aborder ?

On se reportera à la fiche “La vie a une histoire” : la relation entre l’insecte et le pollen d’angiosperme invite à penser l’évolution, non pas espèce par espèce, mais bien en “co-évolution”, avec, au tertiaire, l’explosion parallèle des deux groupes. Repensons aussi aux enjeux que représente la survie des abeilles en terme de pollinisation pour les végétaux, et les arbres fruitiers en particulier. La location de ruches au moment de la pollinisation constitue un bon point de départ de réflexion.

Le thème des relations de l’homme et de la biodiversité se prête plus que d’autres, certainement, à l’interdisciplinarité et peut être traité au travers de problématiques abordées, comme y incitent l’image et le texte, par le monde végétal.

La réflexion suivante s’éloigne largement de la photographie d’appel pour ouvrir sur des pistes plus générales de gestion durable de la forêt.

Autour de la forêt... de "l'exploitation" à la "gestion"

L'arbre est au cœur de nombre de ces problématiques et peut être un point d'entrée de nombreuses parties des différents programmes de lycée.

L'arbre est l'objet d'une exploitation au niveau mondial qui concerne des dizaines de millions d'hectares et des millions de personnes. Du Québec à Java, de l'Orégon au Brésil, les problèmes peuvent être comparés :

- Quelle est la limite entre exploitation et déforestation ? Quel est l'impact des techniques d'exploitation sur la biodiversité de l'écosystème ? Comment apprécier les capacités de régénération d'écosystèmes aussi complexes ?
- Replanter, d'accord, mais quoi, dans quelles conditions, avec quel cahier des charges ? Quels impacts sur les populations des régions concernées en terme de santé, de culture, de développement économique à moyen et long terme ?

Nous sommes là au cœur du développement durable ! Et ces questions sont valables (une fois légèrement adaptées) pour l'exploitation de toutes les ressources naturelles (du pétrole aux réserves halieutiques). La forêt est donc également un gisement de questionnement pour l'élève-citoyen, qu'il souhaite devenir scientifique ou économiste.

Le lien très fort entre arbre/forêt et biodiversité peut-être abordé par la place croissante de l'écotourisme dans l'économie, intéressante pour les classes de premières non-scientifiques : importance du tourisme dans les grands parcs américains et canadiens (dont nombre protègent des écosystèmes forestiers riches et diversifiés) et problèmes d'aménagement du territoire, importance pour les pays en voie de développement (on peut réinvestir Madagascar). L'exemple du Costa Rica apporte une vision intéressante du lien entre politique de préservation de l'environnement forestier et développement économique.

Forêt et équilibres climatiques

La problématique des équilibres climatiques peut aussi être abordée à propos de l'arbre ainsi que l'influence de la forêt sur l'effet de serre :

- son importance dans l'évolution passée de l'atmosphère et du climat (Devonian Plant Hypothesis et refroidissement climatique de la fin du Dévonien – début du Carbonifère) ?
- impact des immenses feux de forêts indonésiennes des dernières années sur l'effet de serre ?
- intérêt des plantations-puits de carbone pour limiter l'effet de serre ?

Tous ces points, et notamment les plus actuels, sont au cœur de théories et de polémiques qui permettent de discuter de la place relative des intérêts particuliers et à court terme de lobbies variés et de l'intérêt à long terme des populations ; mais aussi de la difficulté d'appréhender scientifiquement des phénomènes qui se déroulent sur des périodes et à des échelles géographiques parfois difficiles à maîtriser.

L'importance des modèles et des projections, mais aussi leur utilisation avec prudence et discernement est une démarche formatrice pour tous les élèves parce qu'ils sont tous des citoyens en formation.

L'exemple de l'arbre peut enfin être utilisé pour aborder les questions d'alimentation (régression des populations d'insectes pollinisateurs par l'utilisation des pesticides peu ou pas sélectifs ou sous l'effet du réchauffement climatique) et de médecine (à partir des exemples du taxol et du quinquina, questionner l'impact de la déforestation au niveau de la perte de biodiversité exploitable par l'homme). On peut à partir de là développer les nombreux exemples fournis par le monde végétal, de la rizière aux fermes expérimentales de l'INRA !

3. Quels contenus et notions mobiliser ?

Seconde

“Les cycles de l’oxygène, CO₂ et de l’eau : ils montrent comment la lithosphère, l’hydrosphère, l’atmosphère et la biosphère sont couplées. Influence de l’homme. Action sur la température de surface.”

Premières ES

“La forêt participe aux cycles de l’eau et du carbone. Elle représente un stock biologique de carbone. Sa destruction massive par des phénomènes naturels ou par l’homme (incendies, combustion...) peut perturber ces grands cycles.”

“Une mauvaise gestion ou une surexploitation [de la forêt] conduisent à des déséquilibres des écosystèmes et peuvent avoir des conséquences importantes sur les sols.

“Les recherches actuelles en biotechnologie des espèces forestières (transgénèse, conservation des ressources génétiques, interactions plantes / micro-organismes) contribuent à améliorer les conditions d’exploitation et d’utilisation des forêts.”

Terminale S enseignement de spécialité

“Les mécanismes des variations climatiques aux grandes échelles de temps impliquent des variations importantes dans la teneur en gaz à effet de serre de l’atmosphère. Ces variations sont contrôlées en particulier par les processus suivants qui libèrent et consomment du CO₂ : [...], le piégeage de la matière organique dans les roches stocke du CO₂.”

4. Quelles pistes de travail envisager ?

L’exploitation de la ressource bois peut être considérée dans une démarche interdisciplinaire en première ES, sous la forme d’études de cas.

La province canadienne du Québec a connu, ces dernières années, des conflits importants entre les grandes sociétés d’exploitation forestière, accusées de raser sans discernement d’immenses surfaces dans le sud et dans le nord de la région. Les associations de conservation sont de leur côté accusées de vouloir mettre sous cloche la nature et de mettre ainsi en péril l’économie et l’emploi. Cette situation est observée en Australie (en Tasmanie notamment), en Indonésie, en Amazonie et aux États-Unis.

Il est donc possible de confronter différents exemples afin de dégager les points communs dans les argumentaires des exploitants et des protecteurs.

Les données chiffrées fournies par les uns et les autres (volume des réserves potentielles, rendements, flux financiers), accessibles, peuvent ainsi être discutées et confrontées aux impacts sur la vie des populations (modifications du sol et du réseau hydrographique, pollution engendrée par le brûlage des résidus mais aussi emplois et richesses créés).

Cette étude doit inclure les politiques de gestion de la ressource (mode d’exploitation, importance et nature des replantations, régénération naturelle).

La diversité des sources (associations de protection de l’environnement comme le WWF et Greenpeace, articles dans les revues internationales comme National Geographic, données fournies par les sites des ministères de l’environnement des pays et régions concernés, documents produits par les sociétés forestières) permet un travail de réflexion sur la nature et la valeur des sources d’information. Mais aussi une réflexion sur les méthodes de gestion des ressources naturelles renouvelables.

Et donc une réflexion sur la prise en compte des travaux scientifiques par les dirigeants politiques et économiques. On retrouve là un des objectifs de l'EDD, l'identification des acteurs et de leurs engagements permettant de contextualiser leurs discours et de mieux comprendre les conflits d'intérêts sous-jacents.

Il est important d'associer à ces travaux au niveau macro-économique une réflexion plus "humaine" et l'étude d'une société confrontée à la raréfaction de la ressource est riche d'enseignement.

Madagascar fournit pour cela un bon exemple avec des populations rurales dont la principale (seule ?) source d'énergie fossile est le bois prélevé dans un environnement appauvri par une sollicitation trop forte. On peut alors considérer le problème en l'intégrant dans une réflexion plus vaste : érosion des sols (qui deviennent impropres à l'agriculture), perturbation des réseaux hydrographiques (dans des régions soumises à des variations importantes du régime des pluies) et pression croissante sur des espaces naturels très prisés des touristes occidentaux (écotourisme qui représente une source importante de revenus pour le pays).

Dans le cadre du développement durable, on peut montrer que les programmes de préservation des forêts et de restauration des environnements dégradés qui sont mis en œuvre doivent inclure politique de développement économique et d'éducation des populations. Et que parfois, cette politique de conservation passe par des symboles autres que forestiers : les lémuriers de Madagascar en sont un bon exemple.

L'exemple extrême de l'île de Pâques et de la disparition de la société des Pascuans en relation avec la déforestation complète (associée, semble-t-il, à la consommation par une espèce invasive, le rat du Pacifique apporté par l'homme, des graines empêchant ainsi toute régénération de la forêt) peut être proposé.

Concernant la relation entre forêt et effet de serre, la Devonian Plant Hypothesis propose que le développement des Embryophytes, très net à partir du Silurien, et l'extension rapide de l'écosystème forestier au Dévonien supérieur (avec l'apparition d'*Archaeopteris*) provoque une baisse importante de la teneur en CO₂ atmosphérique. Les arbres, nouvellement apparus, semblent modifier profondément le cycle du carbone en l'accumulant à moyen terme dans les troncs et les racines, puis dans la lithosphère sous forme de roches carbonées. Cette accumulation sera poursuivie par les espèces arborescentes qui prendront le relais d'*Archaeopteris* au Carbonifère. Cette baisse pourrait être un des facteurs qui engage la planète dans un refroidissement global dès la fin du Dévonien, refroidissement qui se confirme au Carbonifère.

Cette donnée historique permet de réfléchir sur le lien entre déforestation rapide à l'échelle mondiale et augmentation de l'effet de serre. Différentes techniques de piégeage du CO₂ peuvent alors être présentées, dont le développement de puits à carbone forestiers en Amazonie.

L'idée commune que la forêt est le "poumon de la planète" peut ainsi être discutée de façon plus complète, notamment si l'on y intègre les dernières données indiquant que, dans le cadre d'une augmentation de la température moyenne, la production de CO₂ par la forêt semble plus importante que l'on ne pensait ! Et aussi de réfléchir au rôle du phytoplancton dans les équilibres atmosphériques.



Les dons de la vie

EN SAVOIR PLUS

7

Sites internet

- Dossier INRA "Mesure de l'importance agronomique et économique des insectes pollinisateurs"
<http://www.inra.fr/presse>
- Dossier INRA "Biodiversité des pollinisateurs et agriculture"
http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/biodiversite
- INRA d'Avignon, Unité d'écologie des invertébrés (UMR 406), équipe de recherche travaillant sur la pollinisation
<http://www.avignon.inra.fr/internet>
- Projet ALARM (Assessing LArge scale Risks for biodiversity with tested Methods), module "Pollinators loss"
<http://www.alarmproject.net.ufz.de/index.php?pid=4140>
- Dossier de presse de la Conférence internationale "Biodiversité : science et gouvernance", chapitre "La perte d'un service écologique essentiel : la pollinisation"
<http://www.recherche.gouv.fr/biodiv2005paris/dpbiodiversite.pdf>
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter, and T. Tscharntke, 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. The Proceedings of the Royal Society of London, Series B 270:955-961.
http://www.user.gwdg.de/~uaoe/pdf/paper/ProcRoyalSoc2003,270_955-961.pdf
(Diversité des pollinisateurs et productivité du caféier)
- Fontaine C., Dajoz I., Meriguet J., Loreau M, 2006. Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities, PLoS Biology., 4:29-135
http://biology.mcgill.ca/faculty/loreau/pdfs/Fontaine_06.pdf
(Diversité des pollinisateurs et stabilité)
- Expérience BIODDEPTH montrant que la productivité augmente avec la diversité spécifique dans des communautés végétales
<http://www.cnrs.fr/cw/fr/pres/compress/loreau.html>
- Hector, A., et al, 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. Science 286:1123-1127
<http://www.sciencemag.org/cgi/reprint/286/5442/1123.pdf>
(Diversité des plantes et productivité : expérience BIODDEPTH)

- Van der Heijden, M. G. A., et al, 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396:69-72
<http://www.nature.com/nature/journal/v396/n6706/pdf/396069a0.pdf>
(Diversité des mycorhizes et productivité des plantes)
- Ostfeld, R. M., and K. LoGiudice, 2003. Community disassembly, biodiversity loss, and the erosion of an ecosystem service. *Ecology* 84:1421-1427
<http://www.esajournals.org/pdfserv/i0012-9658-084-06-1421.pdf>
(Diversité des hôtes et maladie de Lyme)

Livres

- *The evolution of plants*, Willis et McElwain, Ed. Oxford, 2002

Revues

- "Amazonie : que reste-t-il de la forêt ?" National Geographic, février 2007

On peut également consulter les dossiers thématiques mis en ligne par les sites internet du WWF, de National Geographic, de l'INRP