



CSPN
Conseil Scientifique
du Patrimoine Naturel
et de la Biodiversité

LA BIODIVERSITÉ

à travers des exemples


les réseaux de la vie




Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'Écologie, de l'Énergie,
du Développement durable
et de l'Aménagement
du territoire



Créé par arrêté du 26 mars 2004, le Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité (CSPNB) est placé auprès du ministre d'Etat, ministre de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Le CSPNB assure une fonction de veille, de conseil, d'alerte et de réflexion prospective sur l'ensemble des questions scientifiques concernant le patrimoine naturel terrestre et aquatique (eaux douces ou marines), qu'il s'agisse de paysages, d'écosystèmes, d'espèces ou de génomes. Le CSPNB émet des avis scientifiques destinés à éclairer les choix politiques, à la demande du ministre chargé de l'environnement. Il peut également s'auto-saisir, par décision consensuelle de ses membres. La Direction de la recherche et de l'innovation, du Commissariat général au développement durable, en assure l'animation. Ses avis et recommandations sont consultables sur le site du ministère (www.ecologie.gouv.fr/-cspnb-.html).



LES MEMBRES DU CSPNB

Ayant participé
à l'élaboration de cet ouvrage

Yvon Le Maho, Président
Robert Barbault, vice-Président
Jacques Blondel
Gilles Boeuf
Philippe Bourdeau
Bernard Chevassus-Au-Louis
Henri Décamps
Jean-François Dobremez
François Houllier
Pierre Joly
Lucien Laubier
Jacques Lecomte
Jean-Claude Lefeuvre
Yves Luginbuhl
Catherine Mougenot
Serge Muller
Jean-Pierre Pascal
Jacques Portécop
Pierre Stengel
Etienne Verrier
Jean-Gabriel Wasson




Ouvrage collectif du CSPNB
Coordination : Véronique Barre, MEEDDAT/CGDD/DRI/SR,
secrétaire scientifique du CSPNB

Rédaction : Jean-Louis Michelot, Ecosphère
Création et mise en forme graphiques : Béatrice Saurel

Ce document peut être demandé auprès de
conseil-biodiversite@developpement-durable.gouv.fr

Il est consultable sur :

<http://www.ecologie.gouv.fr/La-biodiversite-Les-reseaux-de-la.html>





L A B I O D I V E R S I T É
LES RESEAUX DE LA VIE

A Lucien Laubier et Jacques Lecomte,
L'un après l'autre, ils viennent de nous quitter.

Jacques Lecomte avait beaucoup œuvré pour la création du CSPNB, dont il était le Président d'Honneur et membre actif. Cette création s'est en fait inscrite dans une vie entièrement consacrée à la biodiversité, dans ses aspects de recherche et de protection.

Lucien Laubier, grand océanographe, membre du CSPNB, a largement contribué au premier ouvrage sur la biodiversité à travers des exemples. Malgré la maladie, il a continué à œuvrer pour le deuxième volume.

Cet ouvrage leur est donc tout naturellement dédié.
Ils nous manqueront beaucoup, pour leurs grandes conscience et compétence professionnelles, pour leur culture et leur humanité exceptionnelles.



LA BIODIVERSITÉ LES RÉSEAUX DE LA VIE


La préservation de la biodiversité constitue un enjeu majeur pour les générations futures, au même titre que la lutte contre le changement climatique.

L'ouvrage "La biodiversité à travers des exemples", publié en 2007 par le Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité avait pour objet de présenter de façon didactique tout ce que la biodiversité nous apporte, et que nous risquons de perdre. Le succès de cet ouvrage auprès des élus, des enseignants, des professionnels de l'environnement, des scientifiques ou des citoyens a montré l'intérêt et l'attente d'un vaste public vis-à-vis de ce thème.

Dans ce second ouvrage collectif, le CSPNB a choisi de présenter le fonctionnement de la biodiversité : déplacements dans l'espace, évolutions dans le temps, multiples interactions entre les êtres vivants...

Les hommes font partie des réseaux de la vie ; après les avoir profondément affectés, nous devons désormais comprendre leurs mécanismes, les respecter, voire les restaurer.

C'est à ces conditions que nous pourrions durablement vivre dans un environnement harmonieux.



Yvon Le MAHO
Président du Conseil Scientifique
du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité



Conduire des politiques publiques comporte forcément une dimension pédagogique. Cela est particulièrement vrai pour ce qui concerne la biodiversité. Cette notion est en effet difficile à comprendre. Or c'est cette biodiversité, au demeurant trop souvent menacée, qui nous procure la formidable capacité d'adaptation du monde vivant aux changements de son environnement.

Aussi, je suis particulièrement heureuse de présenter ce deuxième tome de l'ouvrage du Conseil scientifique du patrimoine naturel et de la biodiversité. Ce livre présente des cas concrets du fonctionnement de la vie et des écosystèmes et de leurs conséquences sur notre quotidien. En parcourant ces textes le lecteur découvre sous une forme attractive des « histoires naturelles » qui illustrent l'immensité de notre patrimoine et les enjeux de sa conservation.

A la lecture de cet ouvrage, réalisé par les spécialistes français de la diversité biologique, j'espère que notre lecteur mesurera l'ampleur de notre responsabilité. La vie sur Terre n'existe que parce qu'elle innove et foisonne constamment : protéger la diversité biologique, c'est protéger les conditions même de notre existence.

La Secrétaire d'Etat chargée de l'Ecologie
Madame Nathalie KOSCIUSKO-MORIZET



LA BIODIVERSITÉ


LES RESEAUX DE LA VIE

LE POINT DE VUE D'UN SCIENTIFIQUE

Compliquée la biodiversité ? Non, simplement prodigieuse. Un tissu vivant infiniment diversifié, des bactéries aux baleines, des pâquerettes aux séquoias, des savanes aux forêts tropicales, des toundras aux grands fonds marins. Infiniment partout, infiniment changeant, infiniment créatif : à respecter !

■ Pensez donc, une affaire de presque 4 milliards d'années et à laquelle nous appartenons. Une profusion de formes, de tailles, de couleurs, de styles de vie, d'innovations. Et parmi ces centaines de millions d'innovations - qu'on les appelle espèces ou variétés n'y change rien -, *Homo sapiens*, vous et moi, cousins des gorilles et autres chimpanzés. La biodiversité ? notre famille !

■ Compliqué tout cela ? Oui, si l'on se perd dans le flot des noms savants, si l'on se noie dans la contemplation ou l'effroi devant ces millions de formes, de rêves réalisés, d'espèces. Un chaos ? Non, le contraire : la vie. Une vie qui a si bien réussi qu'elle a colonisé toute la planète, tous ses milieux jusque dans leurs plus secrets recoins, par exemple jusque dans nos ventres, nos cellules, les microinterstices de notre peau. Oui, la biodiversité c'est bien le tissu vivant de la planète, un fantastique réseau de réseaux, un enchaînement de systèmes organisés, depuis les molécules d'ADN et autres protéines jusqu'aux écosystèmes et à la biosphère tout entière.



■ Regardez notre planète : une grande diversité de faciès, de conditions de vie, depuis les grands fonds marins jusqu'aux plus hauts flancs de montagne, des tropiques aux pôles. Songez aux changements qui, depuis son origine, ne cessent de l'affecter, de la dérive des continents aux changements climatiques. Eh bien, c'est dans ce contexte que la vie est apparue et s'est développée - autre facteur majeur de changement ! Ajoutez-y le hasard et vous avez là les secrets du pourquoi de la diversité du vivant. Confrontés à un monde hétérogène et changeant, capables de multiplication et de mutation, les organismes vivants se sont trouvés entraînés dans une course à la diversité - celle-ci devenant une stratégie d'adaptation à un environnement changeant, environnement vivant compris.

■ Oui, la biodiversité c'est d'abord un réseau d'interactions et d'interdépendances : les réseaux de la vie. Des individus et des espèces liés par des relations mangeur-mangé bien sûr - c'est la base de toute vie - mais aussi par des relations de coopération. C'est dans ces systèmes que circulent la matière et l'énergie dont nous autres êtres vivants avons tous besoin. Et c'est aussi dans ces systèmes - populations, communautés, réseaux trophiques - que se produisent ces multiples échanges d'informations qui sont le sel de la Vie.

■ Le récent succès d'*Homo sapiens* dans l'Histoire de la Terre en fait, avec la révolution techno-industrielle, une espèce-clé de la biosphère - ce qui a conduit le géochimiste Paul Crutzen à proposer l'appellation d'Anthropocène pour caractériser cette nouvelle période commencée il y a quelque 300 ans. Quoi qu'il en soit, nous sommes bien hôte et acteur majeur de la biosphère. Et le succès, le déclin, le déplacement, l'évolution ou la disparition de nombreuses espèces dépendent de nos comportements et de nos activités. Mais, ce faisant, c'est notre cadre de vie, nos paysages et nos ressources que nous affectons ainsi.

■ Compliquée la biodiversité ? Non, simplement complexe. Et le complexe s'analyse, s'étudie et peut être compris. C'est à quoi contribuent des disciplines comme la systématique, la paléontologie, la physiologie, la génétique ou l'écologie. Mais ça ne suffit pas. : nous faisons tellement partie de cette histoire qu'il faut aussi la considérer du point de vue de la géographie, de l'anthropologie, de l'économie. Et c'est bien ce à quoi nous invite la diversité du vivant : à nous pencher sur notre propre diversité, mais aussi sur notre appartenance à la biosphère - et sur les responsabilités qui en découlent.

Robert Barbault



Qu'est-ce que la biodiversité ?

DES ESPÈCES

- 18 ■ La pyramide inversée / Redresser la pyramide de la vie
- 20 ■ Le plancton invisible
10 millions d'organismes dans une goutte d'eau de mer !
- 22 ■ Découverte au sommet :
L'unique station alpine de Laïche des glaciers
- 23 ■ Quelles espèces protéger en priorité ?

DES BIOCÉNOSES ET ECOSYSTÈMES

- 24 ■ Créer un écosystème, une gageure ?
- 25 ■ Inventaires des stocks
L'expérience des Great Smoky Mountains
- 26 ■ Tout ce qui relie l'algue à l'orque
Une histoire de réseau écologique dans le Pacifique Nord
- 27 ■ Chacun à sa place !
Le concept de niche écologique
- 28 ■ Des fleurs, des graines...
...et la face du monde en fut changée !

DES INDIVIDUS

- 29 ■ La notion d'individus, une évidence ?
- 29 ■ Des mutants chez les moustiques
Le mécanisme de la résistance aux insecticides



- 31 ■ Demain le retour de la cécité des rivières ?
- 32 ■ Le parfum de certains thym
Polymorphisme chimique chez les plantes
- 33 ■ Histoire d'un chêne
Le rôle écologique évolue au cours de la vie des individus
- 34 ■ Imo de Koshima
Le singe qui apprit à son peuple à laver sa nourriture
- 34 ■ Ça chauffe chez les zèbres !
Des différences individuelles acquises durant la jeunesse



La biodiversité a besoin d'espace

LA VIE EST PARTOUT

- 40 ■ Plancton volant
Des millions d'organismes dérivent dans l'atmosphère
- 41 ■ Ça grouille dans la marmite
La vie dans les milieux extrêmes
- 42 ■ La cheminée est noire de monde
Les écosystèmes des sources chaudes des dorsales océaniques



- 44 ■ Une diversité capitale
La faune et la flore sauvages à Paris
- 46 ■ L'écosystème le plus peuplé du monde
La flore intestinale
- LA RÉPARTITION DES ESPÈCES SUR LA PLANÈTE
- 47 ■ Tropiques foisonnantes
Biodiversité et latitudes
- 48 ■ 25 points chauds pour la vie
La répartition des « hot spots » sur la planète
- 49 ■ Pour les fourmis, les hot spots c'est le Pérou !
- 50 ■ Les océans, des déserts ?
Les paradoxes de la biodiversité marine
- 52 ■ 10 millions de vies sous les mers
L'immense biodiversité des grands fonds marins
- DES DÉPLACEMENTS VITAUX
- 53 ■ Yo-yo subaquatiques
La migration du plancton
- 54 ■ 5 milliards de voyageurs
Les oiseaux migrateurs
- 56 ■ Des pièges dans la vallée
Le drame de la Marmotte de l'île de Vancouver
- 57 ■ Passages à différents niveaux
Aider le déplacement des petits animaux

- 58 ■ L'une descend, l'autre remonte
Les grandes migrations des poissons

STRUCTURE DES PAYSAGES

- 60 ■ Le crapaud migrateur
Le puzzle des habitats complémentaires
- 61 ■ Barro Colorado
Quand la pénurie d'espace est fatale à la biodiversité
- 62 ■ Le papillon qui aime le patchwork
L'importance du maintien d'une mosaïque d'habitats interconnectés
- 63 ■ Les bousiers ont besoin d'espace
Les effets de la fragmentation des habitats sur les insectes « nettoyeurs »
- 64 ■ Des corridors de Lilliput
Des expériences pour comprendre le fonctionnement des populations
- 66 ■ La Méditerranée devient rouge
Les conséquences imprévues de l'ouverture du canal de Suez
- 67 ■ Sources et puits chez les mésanges
Quand les populations se laissent piéger par la structure des paysages



SOMMAIRE



La biodiversité, une affaire de temps

HISTOIRES D'ESPÈCES ET D'ORGANISMES

- 72 ■ **Le sel de nos larmes nous raconte une histoire**
La vie sur terre vient de la mer
- 73 ■ **Une symbiose fondatrice**
La cellule eucaryote
- 74 ■ **La vie est-elle née en enfer ?**
L'histoire des bactéries extrémophiles
- 75 ■ **Pourquoi changer une équipe qui gagne ?**
L'histoire du gène PAX- 6
- 76 ■ **Prise de bec au Galápagos**
Les pinsons de Darwin
- 77 ■ **Animaux et microbes domestiques**
L'origine des maladies infectieuses
- 78 ■ **Tectonique et botanique**
Les rhododendrons de la chaîne himalayenne
- 80 ■ **Vaches orientales et porcs gaulois**
L'histoire du bétail français
- 8i ■ **Lorsque le croissant était fertile**
Les premières productions végétales
- 82 ■ **Une autre découverte de Colomb**
Les origines multiples du maïs européen

HISTOIRES D'ÉCOSYSTÈMES ET DE PAYSAGES

- 83 ■ **Perturbations et successions écologiques, sources de biodiversité**
- 84 ■ **Pionnières, peintres et voyageuses**
Les bactéries des voiles microbiens
- 86 ■ **Explosion de vie en Islande**
La colonisation de l'île de Surtsey
- 88 ■ **Vivre sur une île**
Comment gérer le confinement spatial ?
- 89 ■ **Caractères des espèces insulaires par rapport aux espèces continentales**
- 90 ■ **Histoire d'une poignée de terre**
Le résultat du travail de milliards d'organismes
- 92 ■ **Des millions d'années de chantier**
L'édification des récifs coralliens
- 94 ■ **Les risques de la tranquillité**
Perturbations et biodiversité forestière
- 96 ■ **Un seul hôte s'effondre et tout est repeuplé**
Le rôle des chablis dans la dynamique forestière
- 98 ■ **Tempête sur la mangrove**
Effet des ouragans sur la biodiversité forestière
- 98 ■ **Un papillon agressé**
Le Porte-queue de Schaus
- 99 ■ **La vie des longs fleuves peu tranquilles**
Dynamique fluviale et biodiversité
- 98 ■ **L'étang change**
Lorsque l'assec ne rime pas avec la mort des zones humides

- i02 ■ **Flammes de la vie**
Des plantes et des écosystèmes qui ont besoin du feu
- i03 ■ **L'incendie du Néron**
Les conséquences d'un feu de forêt sur la flore
- i04 ■ **Une nature cultivée**
Les steppes des Grands Causses

UN MONDE QUI CHANGE

- i05 ■ **Prés Historiques**
Un paysage apparu grâce au développement de perturbations écologiques
- i06 ■ **Chaque jour, biodiversité varie**
La flore du département de la Drôme
- i02 ■ **De Virgile à Arcimboldo**
Développement de l'élevage et naissance du paysage
- ii0 ■ **Le cyclope a disparu**
La triste histoire des éléphants des îles de Méditerranée
- ii2 ■ **Lapin-rat, porc marron et noctule géante**
L'histoire des mammifères de Corse
- ii4 ■ **La fin d'un bestiaire extraordinaire**
La première vague d'extinctions animales à Madagascar
- ii6 ■ **Le dragon fait table rase**
L'évolution de la biodiversité à Singapour
- ii8 ■ **S'adapter ou disparaître**
Réponses écologiques au changement climatique

- ii8 ■ **Le gobe-mouche est en retard**
Lorsque le réchauffement climatique décale le rythme des prédateurs et de leurs proies
- ii9 ■ **Coup de chaud pour le manchot**
Un faible réchauffement suffit à diminuer la survie des oiseaux
- i20 ■ **Un monde sans corail**
Les conséquences des changements globaux sur les récifs



un jeu complexe
d'interactions

DES INTERACTIONS INCESSANTES

- i26 ■ **Petite typologie des relations entre espèces**
- i27 ■ **La star des rochers littoraux**
La découverte des espèces clés de voûte
- i28 ■ **L'énigme du caïman noir**
Lorsqu'un héron rare fait fonctionner un immense marais
- i30 ■ **Le petit jardin du rat-taupe**
Lorsqu'un rongeur favorise plantes et papillons




- 131 ■ 30 millions de chasseurs de peste
Des chauves-souris prédatrices des ravageurs du coton
- 131 ■ Prédation
- 132 ■ Un nettoyage à l'emporte-pièce
Des échanges plus ou moins égaux chez les poissons
- 134 ■ Guerre chimique chez les guppys
La dynamique reproductive des cyprinodontes du Gabon
- 136 ■ Ils s'aiment et il sème
Le Pin cembro et le Casse-noix
- 137 ■ Diversité des moyens de transports
- 138 ■ Pluie de graines en Guyane
Les mécanismes de régénération de la forêt guyanaise
- 140 ■ Le fabuleux destin du bois mort
la succession des insectes recycleurs
- 142 ■ La truffe qui cache la forêt
L'importance des mycorhizes pour les écosystèmes forestiers
- 144 ■ La danse du gammare fou
Des parasites qui manipulent leurs hôtes
- 145 ■ Pourquoi la vanille est-elle si chère ?
Parce qu'une abeille n'a pas voulu suivre une orchidée
- 146 ■ Le sexe contre les parasites
L'un des intérêts du brassage génétique
- 147 ■ Don du sang chez les vampires
Une solidarité vitale entre individus
- 148 ■ Résine sur ordonnance
Une médication collective chez les fourmis
- 148 ■ La recherche de nourriture vue par un naturaliste anglais
- 149 ■ La pharmacie des chimpanzés
Ecorces, feuilles et kaolin
- 150 ■ Echanges d'informations
- 151 ■ Alarme silencieuse
Des plantes à l'affût des signaux chimiques de leurs voisines
- ### DES RÉSEAUX BOULEVERSÉS
- 152 ■ Cétacés pour les oiseaux
Une conséquence inattendue de la raréfaction des baleines
- 153 ■ La mer a besoin de ses dents !
Les conséquences de la raréfaction des requins
- 154 ■ La cascade de la morue
Un exemple de perturbation en chaîne d'un écosystème marin
- 156 ■ Le saumon menacé par un pou
L'influence des élevages sur les populations sauvages
- 158 ■ Le chiendent à l'assaut de la baie
Une conséquence de l'eutrophisation de la baie du Mont Saint-Michel
- 160 ■ L'acacia s'est trompé de concierge
Les conséquences complexes de la disparition des grands herbivores

- i61 ■ **Le président, la pomme de terre et le champignon**
D'étranges échanges entre l'Europe et l'Amérique
- i62 ■ **Le palmier, la punaise et le protozoaire**
La déforestation et la transformation des paysages favorisent la maladie de Chagas
- i64 ■ **Tempête dans une bourriche**
La biodiversité des huîtres en France
- INTRODUCTIONS D'ESPÈCES
- i66 ■ **Prédire les invasions biologiques : un défi pour la science**
- i68 ■ **Un dangereux passager clandestin**
Le serpent envahissant de l'île de Guam
- i69 ■ **Echanges de mauvais procédés**
Invasions végétales croisées entre Europe et Amérique
- i70 ■ **Les intrus n'arrivent jamais seuls**
Les oiseaux de Hawaï, les écureuils de Grande-Bretagne et leurs parasites
- i72 ■ **Les deux faces de Janus**
L'Écrevisse de Louisiane en Camargue
- i74 ■ **Attila des aléoutiennes**
Là où le renard passe, l'herbe ne repousse pas
- i76 ■ **Un étranger bien accueilli**
Le Vison d'Europe en France
- i77 ■ **Le lapin, le chou et le pissenlit**
Bouleversement des communautés végétales aux îles Kerguelen

- i77 ■ **Oh, taon, suspends ton vol !**
Un autre effet du réchauffement climatique en zone subantarctique
- i78 ■ **Une histoire d'apprentis sorciers**
Le crapaud de la canne à sucre
- i78 ■ **Une introduction animale vue par un poète**
- i79 ■ **Unis contre les agressions**
La biodiversité, un frein aux invasions végétales
- REMETTRE L'HOMME AU CŒUR DES RÉSEAUX DE LA VIE
- i80 ■ **Entre culture et nature**
La grande nacre du pacifique
- i81 ■ **Sauvons la pie noir !**
Entre sauvegarde des races locales et entretien des milieux naturels
- i82 ■ **Voyez la vie en bleu !**
Une histoire d'hommes, d'animaux et de paysages
- i84 ■ **Un oiseau très couvé**
Le sauvetage du Gobe-mouche des îles Chatham
- i86 ■ **Jeux de billard pour le renard**
Des actions complexes pour sauver une espèce rare
- i88 ■ **Planter des arbres ne suffit pas**
La reconstitution de la forêt atlantique du Brésil
- i90 ■ **Squille à Toau et Piu'u à Niau**
Des espèces emblèmes pour que les populations conservent leur biodiversité







Qu'est-ce que
LA BIODIVERSITÉ ?

La biodiversité, c'est le tissu vivant de la planète. La vie, apparue sur la Terre il y a près de 4 milliards d'années, a largement contribué à façonner sa physionomie, ses sols, son atmosphère, ses ressources, ses paysages et son climat. Ce tissu vivant, qui recouvre la Terre et l'âme, est d'abord caractérisé par sa diversité. D'où ce nom de biodiversité - diversité du vivant.

■ DES ESPÈCES

La composante la plus connue de la biodiversité est la diversité en espèces, du microscopique Bacille de Koch responsable de la tuberculose au Diplodocus géant disparu il y a 65 millions d'années, du Rouge-gorge de nos jardins à l'Éléphant d'Afrique, du Blé qui nourrit les hommes à l'Homme lui-même.

Cette prodigieuse richesse d'espèces vivantes - on en a baptisé 1,8 million et il en existe probablement plusieurs dizaines de millions - ne doit pas nous faire perdre de vue les deux autres composantes majeures de la diversité du vivant.

■ DES COMMUNAUTÉS : BIOCÉNOSES ET ÉCOSYSTÈMES

Considérons maintenant la communauté des êtres (biocénose) qui vivent dans un même habitat constituant ce qu'on appelle un écosystème, que ce soit la grande forêt guyanaise, le Lac de Genève ou une prairie alpine, on constate qu'elle est constituée d'une multiplicité d'espèces entretenant entre elles une diversité de relations qui jouent un rôle clé dans les propriétés de l'écosystème. Par exemple sa capacité à purifier l'eau, à assurer la fertilité des sols ou la pollinisation des fleurs, ou encore à stocker du carbone. Un exemple particulièrement frappant du rôle décisif que peuvent jouer des associations étroites entre individus différents est celui des « superorganismes » que sont les espèces symbiotiques, telles les lichens issus de l'association intime entre une algue et un champignon, complémentarité qui les rend capables d'exploiter et de coloniser des milieux hostiles, ce que ne pouvait faire seul ni l'algue ni le champignon.

C'est aussi la variété des écosystèmes : prairies, zones boisées, milieux humides, savanes, vallées fluviales, toundras, fonds marins et déserts, qui font la diversité et la beauté des paysages de la planète, prodigieux milieux de vie pour les millions d'espèces qui les peuplent.



■ DES INDIVIDUS

La partie la moins connue de la biodiversité est sans doute celle qui se situe au sein de chaque être vivant. Chez la plupart des animaux et des plantes, les individus sont constitués de cellules, toutes issues d'un œuf fécondé et donc génétiquement identiques, mais qui se différencient pour former des tissus et organes spécialisés (cœur, reins, pistil...) qui leur permettent de vivre, de fonctionner et de se reproduire. De même, les populations de chaque espèce sont constituées d'individus variés issus de cette reproduction - pensez à la diversité des hommes, diversité des tailles ou des couleurs de peau, diversité des groupes sanguins, diversité des cultures, diversité des compétences et des expériences. Et c'est cette diversité qui conditionne les capacités d'adaptation à court et à long terme des populations et des espèces à leur environnement, changeant inexorablement dans l'espace et dans le temps.

La biodiversité d'après la Convention de Rio

La convention pour la diversité biologique, adoptée lors du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992 définit la diversité biologique comme « la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. »

« Le monde vivant, c'est un peu comme un orchestre symphonique : une communauté d'individus spécialisés, liés les uns aux autres par de multiples liens, et où chacun participe à la symphonie produite par l'ensemble ! »



Des espèces

Mésange charbonnière, Requin bleu, Bacille de Koch, Pâturin annuel ... la diversité biologique s'exprime d'abord dans une profusion d'espèces. Combien sont-elles ? 5, 10, 100 millions ? Nul ne le sait. On connaît en revanche l'étendue de notre ignorance et la nécessité de poursuivre les inventaires. On sait aussi que les espèces sont mortelles et que des dizaines de millions d'entre-elles ont déjà disparu, laissant la place à d'autres... mais on déplore aujourd'hui une accélération de ces extinctions depuis l'expansion et le succès spectaculaire du primate qui s'est baptisé lui-même *Homo sapiens*.



La pyramide inversée

Dès l'antiquité, les hommes ont voulu dresser l'inventaire des espèces, et particulièrement de celles qui leur sont utiles. Après Aristote et Théophraste, Dioscoride Pedanius de Cilicie (vers 40-98) reconnaît plus de 600 espèces de plantes.

Bien plus tard, la publication en 1758 de la dixième édition de *Systema Naturae*, de Linné, est considérée comme le point de départ des inventaires actuels : Linné y décrit 6 000 espèces végétales et 4 400 espèces animales, dont près du tiers sont des vertébrés.

La représentation de la biodiversité qui en découle, et qui nous est encore familière, est l'image de l'arche de Noé : une pyramide inversée constituée essentiellement de « grandes espèces », vertébrés et plantes terrestres, avec un nombre voisin d'invertébrés, en ignorant les microorganismes, inconnus à l'époque de Linné.



Redresser la pyramide de la vie

Aujourd'hui, il apparaît nécessaire de revoir radicalement cette image. Les multiples explorations menées depuis Linné ont conduit au chiffre actuel d'environ 350 000 espèces végétales et 1,3 million d'espèces animales recensées, au sein desquelles les vertébrés ne représentent plus que 4%. S'y ajoutent quelques dizaines de milliers de microorganismes, pour aboutir à l'estimation d'environ 1,8 million d'espèces vivantes décrites.

En outre, il existe un nombre immense d'espèces à découvrir. On estime qu'il y aurait entre 10 et 100 millions d'espèces animales et végétales, essentiellement des invertébrés - auxquelles s'ajouterait un nombre de microorganismes (bactéries, virus, protozoaires...) sans doute gigantesque.

Ce constat conduit à une représentation « redressée » de la pyramide du vivant, dans laquelle l'essentiel des êtres vivants - tant en termes de nombre d'espèces, de diversité évolutive que de biomasse (quantité de matière vivante) - est représenté par ces microorganismes et, ensuite, par les invertébrés. Il faut toutefois noter que la notion d'espèce est très discutée en ce qui concerne les bactéries.

Même si, pour des raisons pratiques, notre connaissance de l'évolution de la biodiversité continue à reposer essentiellement sur les vertébrés et les plantes terrestres, nous devons aussi nous interroger sur ce qui se passe dans cette biodiversité invisible qui conditionne de fait le devenir de nos espèces familières et donc de notre propre avenir.



Le plancton marin est constitué d'animaux et d'algues visibles, mais aussi d'un nombre extraordinaire de cyanobactéries, microalgues et virus. Cette partie du plancton assure des fonctions écologiques et climatiques majeures.

10 MILLIONS D'ORGANISMES DANS UNE GOUTTE D'EAU DE MER !

LE PLANCTON INVISIBLE

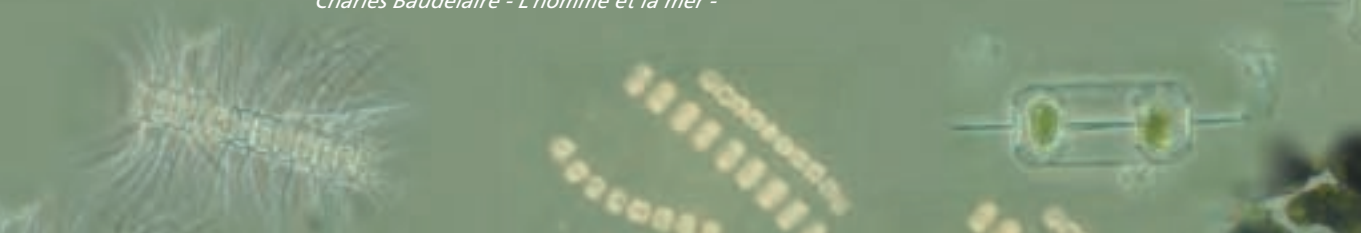
La « plante » la plus abondante du monde a été découverte en... 1986 !

Prochlorococcus, comme toutes les cyanobactéries, est dotée de chlorophylle. Malgré des densités énormes (100 millions par litre, présence jusqu'à 150 mètres de profondeur dans la zone inter-tropicale), elle est longtemps passée inaperçue, à cause de sa petite taille (0,6 micron).

On connaissait depuis longtemps la partie la plus visible du plancton, composée d'organismes animaux ou végétaux dérivant dans les océans : algues, méduses, larves de crustacés, d'oursins, de poissons, etc.

Depuis une trentaine d'années, l'amélioration des techniques d'observation a permis de prendre conscience de la présence d'organismes beaucoup plus petits, extraordinairement abondants : un millilitre d'eau de mer pourrait abriter 100 000 microalgues, 0,5 à 1 million de bactéries et 10 millions de virus !

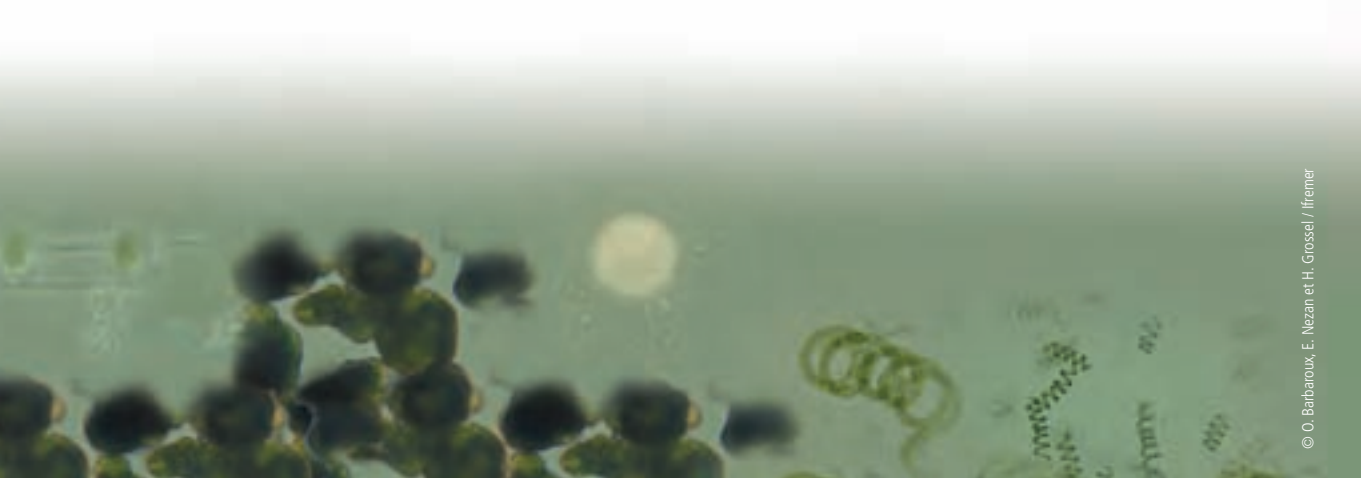
« O mer, nul ne connaît tes richesses intimes »
Charles Baudelaire - *L'homme et la mer* -



Prochlorococcus fait partie du « picophytoplancton », composé d'organismes de 0,2 à 2 microns, principalement des bactéries, parasitées par d'innombrables virus de très petite taille qui composent le femtoplancton (moins de 0,2 micron). Le nanoplancton, entre 2 et 20 microns, est pour sa part largement composé de microalgues.

Le picophytoplancton est constitué à la fois de cellules procaryotes (cyanobactéries) et eucaryotes (cellules possédant un noyau). La petitesse et la simplicité de ces organismes cachent une richesse étonnante ; ce plancton compte en effet un grand nombre d'espèces, parfois très éloignées génétiquement les unes des autres. Par ailleurs, il faut noter que ces organismes se sont adaptés à des environnements très variés, notamment en terme de luminosité et donc de profondeur.

Le rôle écologique de ces organismes est particulièrement important. Les cyanobactéries et plus encore les microalgues (moins nombreuses mais plus grosses), en réalisant la photosynthèse, apportent des matières nutritives fondamentales pour les écosystèmes marins, et restituent dans l'atmosphère une quantité considérable d'oxygène. La moitié de la production primaire de biomasse sur la planète est assurée par le phytoplancton océanique. Ces êtres minuscules ne figurent pas sur les listes d'espèces protégées ! Ils semblent pourtant menacés par les changements globaux ; les conséquences de leur raréfaction risquent d'être dramatiques pour l'équilibre écologique des océans et probablement pour le climat mondial.



Les plantes à fleurs de France métropolitaine sont assez bien connues, mais des découvertes sont encore possibles. C'est le cas des groupes dont la classification est fluctuante (Orchidées) ou d'espèces discrètes comme les Laïches (*Carex*). Ainsi, la présence de la Laïche des glaciers dans la chaîne alpine n'a été attestée qu'en 2004.

DÉCOUVERTE AU SOMMET

L'UNIQUE STATION ALPINE DE LAÏCHE DES GLACIERS

On pense souvent que l'inventaire de la biodiversité de notre pays est achevé, au moins pour la métropole et les groupes bien connus comme les vertébrés et les plantes à fleurs. Pourtant, bien des découvertes restent possibles.

En juillet 2004, la Société Botanique de France fêtait son 150^{ème} anniversaire. Ses membres, réunis pour l'occasion, lui firent un beau cadeau : ils découvrirent une station de Laïche des glaciers (*Carex glacialis*), dans le secteur du Mont Cenis (Savoie). Cette espèce à répartition circumpolaire, de l'Alaska à la Sibérie, en passant par la Scandinavie, était inconnue dans les Alpes jusqu'à ce jour.

Tout porte à croire que cette station est indigène et relictuelle des périodes glaciaires. Elle serait restée méconnue du fait de sa discrétion... et du faible nombre de botanistes.

Du fait de sa rareté présumée (une seule localité connue dans la chaîne alpine) et de son intérêt biogéographique (espèce à distribution arctico-alpine), cette espèce a été inscrite sur la liste des plantes protégées en France par l'arrêté du 14 décembre 2006.

La découverte de cette plante risque d'être rapidement suivie par sa disparition, son unique station étant menacée par le projet d'extension d'un domaine skiable...



Pour en savoir plus :

Blanchemain J., et al., 2004. Un nouveau *Carex* pour les Alpes : *Carex glacialis*. Journal de Botanique, Société Botanique de France, 27 : 27-29.



Carex glacialis

QUELLES ESPÈCES PROTÉGER EN PRIORITÉ ?

Il n'est pas possible de mettre en place des mesures de préservation des millions d'espèces qui peuplent notre planète, et dont la plupart nous restent d'ailleurs inconnues. Pour quelles espèces faire des efforts particuliers ?

Il est possible de faire une petite revue des types de critères à prendre en compte :

- **Rareté** : Certaines espèces sont présentes en très faibles effectifs. C'est souvent le cas des espèces endémiques qui ne vivent que sur un petit territoire ; ainsi le Saxifrage à nombreuses fleurs ne vit que dans quelques stations des Alpes Maritimes. Ces espèces en faibles effectifs sont plus que d'autres menacées de disparition.
- **Rôle dans les écosystèmes** : Certains animaux ou plantes ont une action indispensable à la vie de nombreux autres ; ce sont les « clés de voûte » de leurs communautés vivantes. Il s'agit par exemple de prédateurs qui contrôlent l'abondance de leurs proies, ou des « organismes ingénieurs » qui construisent des habitats pour d'autres espèces (le récif de corail, le barrage du Castor, la forêt d'épicéa...).
- **Sensibilité** : Les « espèces indicatrices » ont des exigences connues des scientifiques ; leur présence permet de comprendre les milieux naturels (par exemple l'ancienneté d'une forêt, le degré de pollution d'une rivière...). Le Coquelicot et le Bleuet sont indicateurs de milieux ouverts, au sol perturbé récemment et contenant peu d'herbicides. On parle « d'espèces parapluie » (ou ombrelles) pour celles qui exigent des milieux naturels de très bonne qualité ; si on parvient à les sauvegarder, on sait que l'on protégera aussi toutes celles qui sont moins sensibles et qui vivent dans les mêmes milieux. Ainsi, le Grand tétras (ou Grand coq de bruyère) demande de vastes espaces de forêts diversifiés et peu dérangés par les activités humaines.
- **Utilité économique** : Certaines espèces sauvages sont intéressantes par leur valorisation actuelle (pêche, cueillette...) mais aussi pour l'utilité qu'elles pourraient avoir demain (par exemple en matière médicale).
- **Image** : Les « espèces emblématiques » (ou porte-drapeau) sont appréciées pour leur beauté ou leur caractère symbolique ; leur protection permet de sensibiliser le public à la conservation de la nature. On peut citer le Bouquetin et l'Edelweiss des Alpes, le Panda de Chine, etc.

La longueur de cette liste montre que la protection de la biodiversité ne peut pas se limiter à quelques espèces-phare ; elle doit avant tout viser le maintien des mécanismes qui permettent à toutes ces espèces de vivre.

Par ailleurs, il ne s'agit pas seulement d'éviter que des espèces disparaissent au niveau mondial ; cette réflexion peut et doit aussi être locale (conserver l'Ours brun dans les Pyrénées, même si l'espèce est encore bien représentée dans certaines régions du monde). Au-delà des espèces, il est également souhaitable de protéger les sous-espèces, variétés et races domestiques...

Des biocénoses et écosystèmes

Les espèces ne vivent jamais seules : elles forment des communautés (biocénoses) parfois simples, mais le plus souvent très riches et très complexes. Ces espèces sont liées les unes aux autres par des liens multiples et chacune joue un rôle dans ce système : produire de la matière organique, manger ou se faire manger, faire de l'ombre à d'autres....



CRÉER UN ÉCOSYSTÈME, UNE GAGEURE ?

Pour permettre un jour la colonisation de l'espace, l'agence spatiale européenne a lancé le projet MELiSSA qui vise à créer un système stable où pourront vivre des humains.

Il s'agit de simplifier à l'extrême le fonctionnement des écosystèmes, réduits à 5 niveaux :

- le consommateur (le cosmonaute) qui trouve de quoi boire, manger et respirer, et qui produit des déchets solides, liquides et gazeux ;
- des bactéries anaérobies, qui transforment ces déchets en CO_2 , acides gras volatils et ammoniacque ;
- des bactéries qui transforment les acides gras volatils et une partie de l'ammoniacque en biomasse ;
- des bactéries qui transforment une partie de l'ammoniacque en nitrates assimilables par les plantes ;
- des organismes qui utilisent tous ces éléments et de la lumière pour produire de l'oxygène et de la nourriture pour les humains. Il s'agit de végétaux, mais aussi de la cyanobactérie Spiruline qui présente deux atouts de poids : elle produit de l'oxygène par la photosynthèse et des protéines comestibles pour les humains.

Si les principes sont posés, leur mise en œuvre est terriblement complexe : au moins 100 opérations physico-chimiques ou biologiques et 150 flux entre organismes ! Les chercheurs n'en sont encore qu'au stade de la modélisation mathématique et de l'expérimentation de certaines phases à l'aide de souris.

Les problèmes rencontrés montrent l'incroyable complexité et la richesse des véritables écosystèmes. Il faut d'ailleurs rappeler l'échec retentissant des expériences Biosphère 2, il y a quelques années ; les occupants de cet « écosystème clos » avaient dû être évacués faute d'oxygène.

Autrement dit, nous ne sommes pas à la veille de recréer la Terre !

INVENTAIRE DES STOCKS

L'EXPÉRIENCE DES GREAT SMOKY MOUNTAINS

Dans différentes parties du monde, des chercheurs tentent de dresser la liste complète des espèces présentes. Dans le Parc national des Smoky Mountains, aux Etats-Unis, ont été identifiées 15 000 espèces, sur les 100 000 qui seraient présentes. Toutes ces espèces sont liées entre elles par de multiples relations.

Un recensement comparable vient de commencer en France, dans le Parc national du Mercantour.

Un inventaire partiel de la réserve naturelle de la Massane (Pyrénées Orientales) a permis l'identification de pas moins de 6 000 espèces, sur seulement 337 hectares.

Prenons un territoire.
Combien d'espèces animales et végétales y vivent ?
Il suffit de compter !

Pour que l'exercice soit plus facile, choisissons un espace bien connu : le parc naturel le plus visité des Etats-Unis, le Great Smoky Mountains National Park, créé en 1935 entre Tennessee et Caroline du Nord (2 000 km², altitudes entre 259 et 2 025 mètres). Des scientifiques ont tenté l'expérience, à partir de 1997. Plus de 200 chercheurs aidés de nombreux volontaires et étudiants ont lancé l'inventaire selon deux approches complémentaires : prospections libres par des naturalistes utilisant leurs astuces de « chasseurs » et mise en place de pièges standardisés placés dans des sites représentatifs (études statistiques, suivi de l'évolution de la biodiversité).

A ce jour, 15 379 espèces ont été identifiées, des bactéries jusqu'à l'Ours noir. Les animaux vertébrés comptent 670 espèces ; autrement plus nombreux sont les insectes (6 280), champignons (3 550), végétaux supérieurs (1 660) et algues (950). Des listes ont même été établies pour les archées (44), bactéries (450) ou tardigrades (73)... mais ici, les chiffres n'ont pas grande signification : le travail ne fait que commencer ! Cette expérience montre en effet l'immensité de ce que nous ne connaissons pas ; elle a déjà permis de décrire 858 espèces nouvelles pour la science, dont 73 champignons, 188 insectes, 47 collemboles, 72 arachnides, 270 bactéries, 44 archées, 70 algues... Le travail se poursuit, puisque les chercheurs estiment que 100 000 espèces pourraient être présentes. Ils évaluent à 150 ans le temps nécessaire à l'achèvement de leur inventaire !



© E. Vélaz

Echantillonnage



Pour en savoir plus : <http://www.dlia.org/atbi/>

L'appellation de « réseaux trophiques » a remplacé celle de « chaîne alimentaire » dans le langage des écologues. Ces réseaux relient les prédateurs et leurs proies ; ils peuvent être complètement déséquilibrés par l'action de l'Homme sur un seul de ses maillons. L'histoire de la Loutre de mer illustre un tel mécanisme.

TOUT CE QUI RELIE L'ALGUE À L'ORQUE

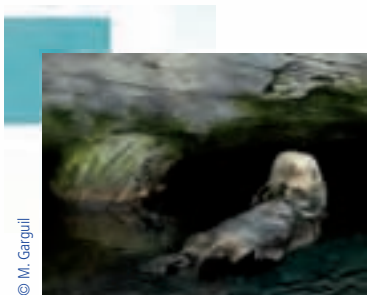
UNE HISTOIRE DE RÉSEAU ÉCOLOGIQUE
DANS LE PACIFIQUE NORD

Les êtres vivants qui partagent un espace ne sont pas indépendants les uns vis-à-vis des autres ; au contraire, ils forment entre eux de véritables réseaux. A chaque nœud, une population, animale, végétale ou microbienne ; chaque maille entre deux nœuds est une interaction mangeur-mangé, c'est-à-dire un flux de matière organique allant du mangé au mangeur - d'où l'expression de « réseaux alimentaires ».

Intéressons-nous, par exemple, à la Loutre de mer qui, le long des côtes de l'Alaska, menait la vie heureuse d'une espèce protégée. Il y a quelques années, voilà sa population qui s'effondre. Les chercheurs ont fini par repérer un premier coupable, l'Orque, qui a récemment accentué sa prédation sur les loutres. Mais il y a un second coupable, l'Homme, qui en raréfiant les poissons à cause de la surpêche, a obligé les orques à rechercher de nouvelles proies.

Touchez à une maille de ces réseaux et ils se délitent de partout ! Ainsi, presque débarrassés de ces loutres qui, autrefois, les mangeaient assidûment, les oursins se mirent à pulluler... au grand dam des algues géantes qui forment dans cette région de véritables forêts sous-marines appréciées par de nombreuses espèces de poissons, de mollusques et de crustacés - les utilisant, qui comme abri, qui comme source de nourriture.

Voilà ce que nous racontent les réseaux alimentaires qui intéressent tant les écologues. Orques, loutres, phoques, oursins, algues et tous ceux qui en vivent, êtres libres ou parasites, forment un réseau trophique. Avec leur environnement physique, ici la mer, la côte, les fonds marins et toutes les particules qui y circulent, les réseaux trophiques participent au fonctionnement des écosystèmes.



© M. Garguil



© R. Pittman

CHACUN À SA PLACE !

LE CONCEPT DE NICHE ÉCOLOGIQUE

Chaque espèce occupe une « niche écologique » qui correspond à sa place dans l'écosystème. Il existe une relation étroite entre la morphologie des espèces et la niche qu'elles occupent, conséquence des pressions exercées par l'environnement au cours de leur évolution et celle de leurs « voisines »



© H. Guyot / OPIE

Papillon

Au sein d'un écosystème, chaque espèce a sa fonction, appelée « niche écologique » : par exemple décomposeur de bois tout juste mort, insectivore fousseur de sol, prédateur d'insectes de la canopée...

Les niches écologiques se trouvent au centre d'un jeu d'interactions complexes entre espèces et individus.

Certains ajustements sont immédiats : lorsque les lézards arboricoles insectivores *Anolis carolinensis* et *Anolis sagrei* se trouvent ensemble dans le même milieu, ils réduisent leurs niches écologiques, le premier se cantonnant dans les strates hautes de la végétation, le second dans les strates basses. Cette ségrégation écologique s'efface dès que l'une des deux espèces disparaît.

D'autres ajustements se font sur le long terme. Des pinsons issus d'une même espèce colonisant les Galápagos ont trouvé des conditions variées sur et selon les îles. En fonction des conditions locales et de leurs interactions, la sélection naturelle a privilégié ici les pinsons ayant un gros bec, là ceux ayant un bec fin... Cette évolution par « radiation adaptative » est à l'origine de l'apparition des 13 espèces de « pinsons de Darwin » dont nous reparlerons.

Plus largement, certaines fonctions existent dans toute la planète, mais sont assurées par des espèces différentes selon les régions. Les buveurs de nectar sont les colibris en Amérique, les souimangas en Afrique... et les papillons en Europe. Une « évolution convergente » explique que des espèces aux origines très différentes mais occupant des niches identiques partagent de nombreux points communs. Ainsi, le Loup américain présente des ressemblances avec un marsupial, le Thylacine ou Loup de Tasmanie, aujourd'hui disparu.

Enfin, les espèces n'évoluent pas seules, mais s'adaptent les unes aux autres ; on parle alors de coévolution.



Colibri

DES FLEURS, DES GRAINES . . .

...ET LA FACE DU MONDE EN FUT CHANGÉE !

L'apparition des plantes à fleurs, il y a 150 millions d'années, a transformé la végétation de notre planète, mais aussi contribué à une diversification considérable de la faune à travers des jeux de coévolutions entre plantes et animaux.

Il y a 150 millions d'années, au Crétacé, se produit un événement majeur dans l'histoire de la Terre : l'avènement des Angiospermes, plantes à fleurs et à graines protégées (dans des fruits) - la grande majorité de nos plantes actuelles. A partir de son apparition, ce nouveau groupe envahit peu à peu la planète. D'autres groupes de plantes existaient déjà depuis longtemps - telles les fougères (apparues il y a 450 à 500 millions d'années) - mais les herbes, arbres ou arbustes, plus compétitifs et plus résistants, envahissent et transforment tous les écosystèmes.

La diversification des plantes à fleurs s'est faite en interaction étroite avec celle des herbivores, mammifères et insectes par exemple. Cette longue coévolution a profondément marqué la physiologie, la morphologie et les comportements des espèces, créant partout de la diversité : substances toxiques de défense chez les plantes ; molécules assurant une communication chimique entre plantes et insectes, fleurs aux couleurs éclatantes pour mieux attirer les pollinisateurs, papillons, bourdons ou colibris, etc.

Le développement de relations étroites entre plantes et insectes ou mammifères a conduit à un accroissement accéléré de la biodiversité. Les animaux ont évolué pour s'adapter aux plantes, quitte à se transformer en plusieurs espèces (« radiations adaptatives »).

En d'autres termes, l'un des moteurs de la diversification du vivant, peut-être le plus puissant, réside dans la diversité des interactions que peuvent nouer entre eux les êtres vivants, qu'ils appartiennent à la même espèce ou à des espèces d'embranchements éloignés.



Sources :

Barbault, R. 2006. Un éléphant dans un jeu de quilles. Le Seuil, Paris. 266 p.



Des individus

Ne sommes-nous pas tous différents, tous singuliers, nous autres individus humains, membres de la même espèce ? Il en est ainsi de toutes les espèces ; les individus qui les constituent sont l'expression d'une diversité cachée. On pense d'abord à la variabilité génétique, base du potentiel d'évolution et d'adaptation des espèces, mais il s'agit tout autant de la diversité des acquis – diversité de croissance, d'apprentissage, d'expérience, de vécu. Même deux clones, pourtant identiques sur le plan génétique, peuvent vivre des vies différentes.



LA NOTION D'INDIVIDU, UNE ÉVIDENCE ?

Devant ce rouge-gorge, sur un piquet au milieu de votre jardin, les choses vous semblent claires : vous voyez un individu. Mais est-ce si simple ?

- Un lichen n'est-il pas la réunion, indissociable il est vrai, entre un champignon et une algue ?
- Qu'est-ce que « l'individu » corail : le polype lui-même, son association avec les algues zooxanthelles, ou la colonie constituée par le récif ?
- Et même ce rouge-gorge, a-t-il une signification sans les bactéries de sa flore intestinale ?

« La diversité est l'une des grandes règles du jeu biologique. Au fil des générations, ces gènes qui forment le patrimoine de l'espèce s'unissent et se séparent pour produire ces combinaisons chaque fois éphémères et chaque fois différentes que sont les individus. Et cette diversité, cette combinatoire infinie qui rend unique chacun de nous, on ne peut la surestimer. C'est elle qui fait la richesse de l'espèce et lui donne ses potentialités. »

François Jacob. Le jeu des possibles, 1981

DES MUTANTS CHEZ LES MOUSTIQUES

LE MÉCANISME DE LA RÉSISTANCE AUX INSECTICIDES

Dans une population animale ou végétale, la mutation du patrimoine génétique d'un seul individu peut permettre à l'ensemble de l'espèce d'évoluer en fonction des changements de l'environnement. Ce mécanisme a permis à certaines espèces de moustiques de résister aux insecticides.

Soir d'été en Camargue, au bord d'un étang...

Vous ne pouvez guère considérer les milliers de moustiques qui vous attaquent comme des individus ; il s'agirait plutôt à vos yeux d'un ensemble, d'un véritable nuage vivant !

Pourtant, chaque moustique est différent et au sein de cette nuée, l'un d'eux jouera peut-être un rôle majeur pour l'avenir de son espèce.

C'est ce qui est arrivé chez d'autres moustiques, *Anopheles gambiae* et *Culex pipiens*, vecteurs du paludisme et de la fièvre du virus West Nile. Chez ces espèces, un individu a un jour acquis, puis diffusé, un gène de résistance à de nombreux insecticides.

Lors de la reproduction des moustiques - comme de tout être vivant -, il se produit de temps à autre des mutations, petites erreurs dans la duplication de l'ADN. On estime que la majorité de ces mutations ont des effets neutres sur le développement des individus qui les portent. Cependant, certaines mutations peuvent présenter un avantage dans un environnement donné. Dans ce cas, par le mécanisme de la sélection naturelle, les individus porteurs se reproduiront et transmettront ce nouveau gène. Cette évolution est d'autant plus facile que l'espèce se reproduit rapidement et que les populations sont nombreuses.

L'apparition du gène de la résistance aux insecticides n'est pas une réaction face à cette agression ; il s'agit d'un hasard. Il est tout à fait probable que ce gène soit déjà apparu avant





l'introduction des insecticides ; dans ce cas, il a été éliminé naturellement, soit parce qu'il présente des désavantages pour l'espèce, soit que, tout simplement, il ne présente aucun avantage en l'absence de l'insecticide.

Il est possible de lutter contre les résistances en s'appuyant sur ce fonctionnement. Si des zones non traitées sont conservées autour des zones traitées, les moustiques non résistants continueront de dominer les populations. De même, après quelques années de traitement avec un insecticide, il peut être intéressant de changer de produit ; les moustiques porteurs du gène de résistance au premier produit sont rapidement éliminés, ce qui accordera un peu de répit dans le contrôle de ces insectes. Il apparaît donc qu'une stratégie de régulation d'espèces telles que les moustiques doit s'appuyer sur ces mécanismes évolutifs et ne peut pas se résumer à des épandages intensifs et généralisés d'insecticides.



Pour en savoir plus :

Mylène Weill, mweill@univ-montp2.fr

DEMAIN, LE RETOUR DE LA CÉCITÉ DES RIVIÈRES ?

Une petite mouche (*Simulium damnosum*) vit sur la végétation de certains cours d'eau d'Afrique occidentale et centrale. Elle transmet d'homme à homme un minuscule ver parasite (*Onchocerca volvulus*) dont la prolifération dans l'œil provoque la cécité des rivières. Un immense programme de lutte intégrée a permis de juguler la maladie dans tous les pays atteints ; une molécule particulièrement efficace pour détruire le parasite a été découverte en 1992.... Malheureusement des parasites résistants viennent d'être découverts chez un malade.

La composition chimique des plantes peut varier selon les individus, pour des raisons génétiques. Cela peut avoir des conséquences économiques, par exemple en ce qui concerne la valorisation des huiles essentielles de thym.

LE PARFUM DE CERTAINS THYMS

POLYMORPHISME CHIMIQUE CHEZ LES PLANTES

Crainte d'un début d'angine... deux gouttes d'huile essentielle de thym sur un sucre.
Ce geste simple cache une histoire complexe et encore largement méconnue.

Les huiles essentielles de plantes sont souvent composées très majoritairement d'une unique molécule, accompagnée de dizaines d'autres en très faible concentration.

Les molécules majoritaires diffèrent généralement selon les espèces de plantes. Plus curieusement, l'huile essentielle d'une même espèce peut être composée de molécules différentes selon les individus ; cette variabilité a une origine génétique.

Ainsi, chez le Thym commun, on note de fortes variations de l'abondance de ces molécules selon les régions et les habitats qu'exploite cette espèce. On peut les expliquer par la diversité des climats et des sols ; les individus dont l'huile essentielle est composée d'une certaine molécule sont plus sensibles que d'autres aux gels hivernaux, d'où leur moindre fréquence dans des zones à hiver rigoureux (en montagne, dans des cuvettes). Par ailleurs, des recherches récentes sur cette espèce, qui est souvent très abondante dans les garrigues du midi, ont montré que la variabilité chimique des individus peut avoir des conséquences sur les relations de cette espèce avec d'autres et même induire des réponses adaptatives chez d'autres espèces de végétaux suite à la libération des molécules dans le sol.



© J.F. Dabremetz

Thym cultivé et thym sauvage.
Une même espèce, mais des odeurs si différentes...



© G. Boeuf

La compréhension de ces mécanismes peut représenter des enjeux importants sur le plan économique, car elle concerne des végétaux largement valorisés pour la parfumerie, l'aromathérapie ou la cuisine. Jusqu'à présent, seule une petite partie de la variabilité chimique des thyms a été valorisée, alors que la nature offre une très grande diversité d'odeurs et de goûts. Cela supposera d'apprendre à cultiver des variétés qui poussent aujourd'hui naturellement en dehors des zones de production de thym, situées en plaine et montagne sèche.



Pour en savoir plus :

J.D. Thompson. Substances naturelles et diversité biologique.

In R. Barbault, B. Chevassus-au-Louis, 2004. Biodiversité et changements globaux. Enjeux de société et défis pour la recherche. ADPF, 241 p.

HISTOIRE D'UN CHÊNE

LE RÔLE ÉCOLOGIQUE ÉVOLUE AU COURS DE LA VIE DES INDIVIDUS

Chaque individu animal ou végétal peut occuper dans l'écosystème des places très variées au cours de sa vie. C'est une autre facette de la biodiversité.

Un même individu, au cours de sa vie, assure plusieurs rôles différents au sein de l'écosystème dans lequel il vit.

Prenons l'histoire d'un chêne.

Le jeune plant n'occupe guère de place, menacé par la concurrence de milliers de congénères et par la dent du chevreuil.

Dans la force de l'âge, le grand chêne structure tout un pan de forêt : il crée une ombre protectrice pour le sous-bois, nourrit en glands une foule d'animaux et alimente le sol par la pluie de ses feuilles.

Lorsqu'il vieillit, puis meurt, l'arbre nourrit des milliers d'insectes et de champignons décomposeurs et abrite mammifères et oiseaux dans ses cavités.

Une forêt composée d'individus d'âges différents est donc plus riche en biodiversité qu'une plantation d'arbres du même âge ; le bois mort - non exploité - joue un rôle écologique important. Ces éléments doivent être pris en compte dans la gestion forestière.



Les animaux, et en particulier les singes, peuvent faire des « inventions » qui profiteront à toute leur communauté.



© B. Thierry

ÇA CHAUFFE CHEZ LES ZÈBRES

L'environnement dans lequel grandissent les animaux peut avoir des répercussions importantes sur les caractères individuels des adultes. Ainsi, en fonction de leur histoire individuelle, les poissons-zèbres peuvent être plus ou moins tolérants aux variations de températures.



IMO DE KOSHIMA

LE SINGE QUI APPRIT À SON PEUPLE À LAVER SA NOURRITURE

Chez les singes, une innovation apportée par un individu peut se diffuser dans le groupe.

L'exemple le plus célèbre est celui de Imo, une jeune femelle macaque de l'île japonaise de Koshima. Imo découvrit dans les années 1950 la technique du lavage de la nourriture (des patates douces offertes par les chercheurs). Quelques années plus tard, presque tous les membres du groupe avaient appris à laver leur nourriture, et la technique se transmet à présent des mères aux jeunes (les anciens ayant été les derniers à l'adopter).

D'autres nouveautés sont apparues au cours de ces dernières décennies dans le comportement de ces singes : jeter des grains de blé dans l'eau pour les séparer des grains de sable, manger les poissons échoués sur la plage...

DES DIFFÉRENCES INDIVIDUELLES ACQUISES DURANT LA JEUNESSE

Originaire de l'Inde et de la Péninsule malaise, le Danio ou Poisson-zèbre est apprécié des aquariophiles pour ses teintes et sa robustesse. Des chercheurs américains se sont intéressés aux adaptations individuelles chez cette espèce en faisant varier un facteur de leur environnement : la température.

Différents groupes de poissons-zèbres ont été élevés dans des conditions de température différentes, depuis le stade embryonnaire jusqu'à l'âge adulte. Certains étaient élevés dans des conditions stables à 24°C ou à 28°C, température optimale

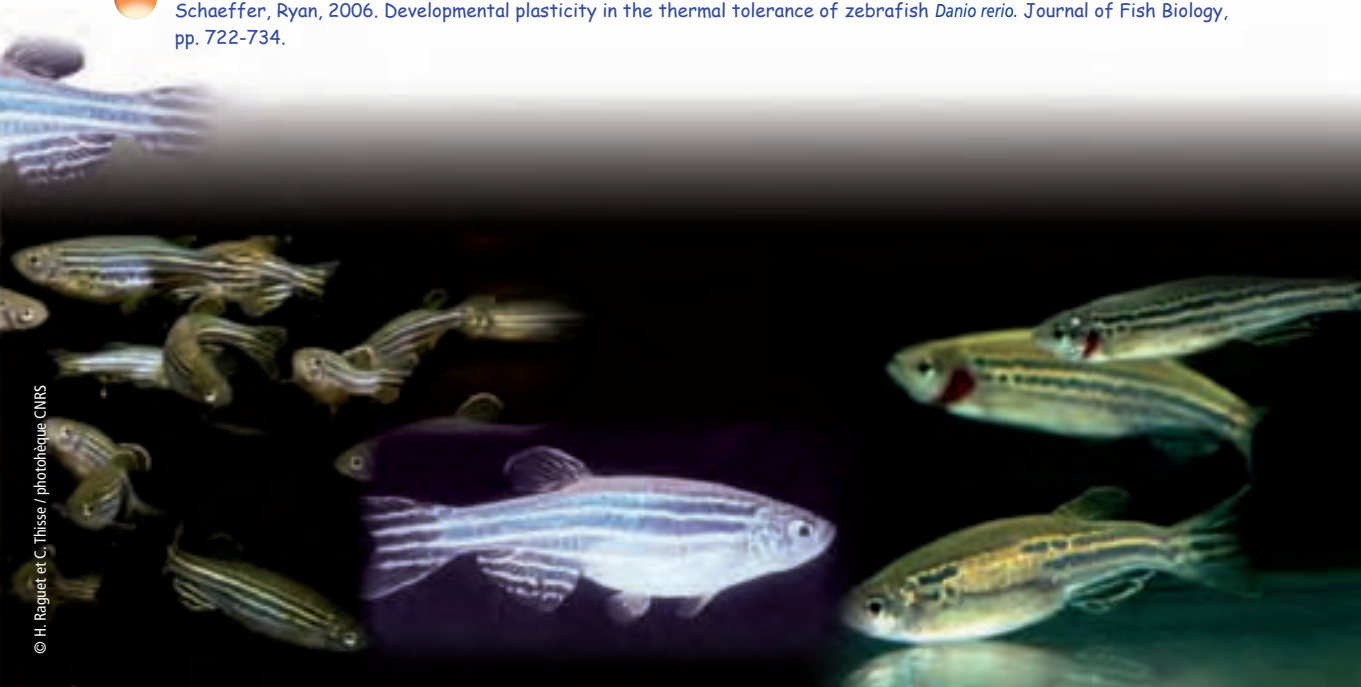


pour cette espèce. D'autres individus subissaient des variations quotidiennes de température, régulières ou aléatoires. Le coût énergétique du développement du jeune poisson dans chacun de ces régimes thermiques a été évalué par une mesure de la taille de l'animal. À la fin de cette période, après une phase d'acclimatation à une température donnée, la tolérance des individus à la chaleur a été comparée. Bien que l'acclimatation ait des effets importants, il apparaît que des changements individuels irréversibles ont lieu pendant la croissance des poissons. Il s'avère en effet que les poissons ayant vécu dans l'environnement le plus variable montrent la plus grande tolérance à la chaleur. Ils sont par ailleurs plus petits que ceux qui vivent dans un environnement stable. Ces résultats tendent à montrer que l'histoire individuelle de ces poissons-zèbres induit des capacités à mieux supporter les changements de leur environnement lorsqu'ils ont atteint l'âge adulte. Ainsi, une population de poissons-zèbres ayant grandi dans des conditions variables a plus de chances de survivre aux changements futurs de l'environnement.



Pour en savoir plus :

Schaeffer, Ryan, 2006. Developmental plasticity in the thermal tolerance of zebrafish *Danio rerio*. *Journal of Fish Biology*, pp. 722-734.





A large school of fish, likely mackerels, swimming in clear blue water. The fish are densely packed and moving in a coordinated pattern. The lighting is bright, highlighting the silvery scales of the fish.

LA BIODIVERSITÉ
a besoin d'espace



LA BIODIVERSITÉ DOIT ÊTRE PENSÉE DANS L'ESPACE : VIVRE, C'EST SE RÉPANDRE.

■ La vie est partout

La biodiversité doit être pensée d'abord à l'échelle de notre planète, puisque la vie s'est développée partout, des glaces polaires aux sources hydrothermales des grands fonds marins. Présente partout, mais différente partout : c'est la diversité des conditions de vie qui a sélectionné la diversité des espèces, des zones polaires aux tropiques, des vallées aux sommets de montagne, des mers aux déserts.

■ La répartition des espèces sur la planète

La vie est présente partout, mais elle n'est pas répartie au hasard sur la surface de notre planète. Il existe des zones privilégiées pour la biodiversité, désignées sous le nom de « points chauds » (hotspots). Leur répartition nous dévoile peu à peu ses secrets ; c'est en particulier le cas pour le fond des océans qui apparaît aujourd'hui bien loin d'être un désert.

■ Des déplacements vitaux

La répartition des organismes vivants n'a rien d'immuable ni de figé. On connaît l'image des oiseaux ou des poissons migrateurs qui parcourent chaque année des milliers de kilomètres, mais une infinité de déplacements et d'échanges moins spectaculaires sont indispensables au maintien de la biodiversité.

■ Structure des paysages

La biodiversité doit être pensée à l'échelle des milieux de vie, des habitats de chaque espèce. Que ces habitats s'amenuisent, parce que l'on brûle ou déboise pour étendre nos cultures, parce que le climat change (et il n'a cessé de changer depuis l'origine de la vie) et les espèces qui y vivent, qui y sont étroitement adaptées, voient leurs populations se réduire. Or, des populations à faibles effectifs sont des populations menacées d'extinction : la première épidémie, le moindre écart climatique et les derniers individus sont emportés.

La survie des espèces, la richesse des faunes et des flores, dépendent étroitement de l'étendue des milieux - l'écologie et la biogéographie l'ont démontré depuis longtemps. Au point que l'on peut parler d'une loi définissant la relation entre la richesse d'un peuplement (le nombre des espèces) et la surface du territoire. Ce qui est vrai pour les oiseaux de l'aire méditerranéenne (figure ci dessous) l'est tout autant pour les plantes de Grande-Bretagne ou les papillons d'Amazonie.

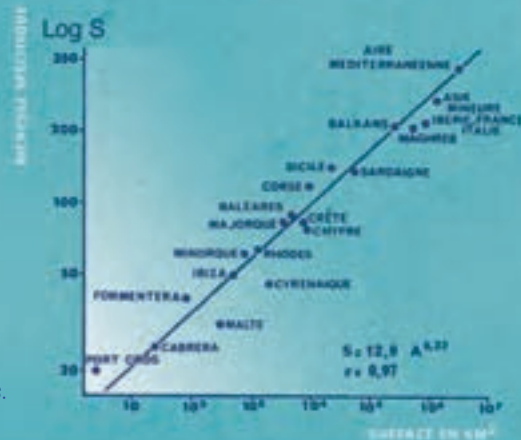
La structure des habitats ou des paysages occupés compte autant que leur simple surface : la diversité végétale d'une forêt tropicale n'est pas celle d'une pelouse de golf ! Plus un écosystème est complexe, plus il offre à un grand nombre d'espèces toute une diversité de milieux, de ressources et de niches écologiques. L'un des grands défis posés à la vie est de se répandre dans ces milieux exigus et confinés que sont les îles.

© J. Blondel

LES OISEAUX NICHEURS DE L'ARE MÉDITERRANÉENNE

Nombre d'espèces
en fonction de la surface
des régions

source : Blondel, J., 1995. Biogéographie.
Approche écologique et évolutive, Masson, Paris.



La vie est partout

Il n'est guère de lieu sur Terre qui ne soit occupé par des animaux, des végétaux et surtout des « microbes ». En s'adaptant à des conditions environnementales incroyablement variées, la vie a pris des formes innombrables, expliquant l'extraordinaire diversité des espèces présentes sur la planète.



PLANCTON VOLANT

DES MILLIONS D'ORGANISMES DÉRIVENT DANS L'ATMOSPHÈRE

On appelle plancton aérien les innombrables organismes qui dérivent dans notre atmosphère : insectes, pollens, bactéries...

En regardant le vol des hirondelles et des martinets, chacun peut deviner qu'un ciel d'été regorge d'un gibier invisible. Effectivement, la basse atmosphère est le milieu de vie d'innombrables insectes de petite taille, mais elle abrite aussi (et surtout ?) des organismes terrestres voyageant « au gré du vent » : spores de champignons, pollens de fleurs, bactéries... Au printemps, les étamines des fleurs de tilleul s'ouvrent et libèrent les grains de pollen - parfois plus d'un million de grains par mètre cube d'atmosphère !

De même, on connaît des araignées qui se laissent emporter par le vent, tout d'abord retenues par leur fil ; lorsque cette amarre rompt, elles peuvent partir coloniser de nouveaux territoires à de très longues distances. Ainsi, les premiers organismes qui colonisèrent l'île de Krakatoa après la grande éruption de 1883 furent... des araignées.



Des bactéries parviennent à vivre dans des milieux extrêmes, tels que les sources chaudes continentales ou océaniques, marais et autres milieux dépourvus d'oxygène.

ÇA GROUILLE DANS LA MARMITE

LA VIE DANS LES MILIEUX EXTRÊMES

Situé à l'ouest des Etats-Unis, le parc du Yellowstone est le premier parc national créé dans le monde, en 1872. Entre autres merveilles, il abrite un grand nombre de geysers en activité permanente, sources chaudes colorées de vert, ocre, jaune et rouge.

Dès 1897, un botaniste américain, Bradley Davis, décrit des « végétaux » vivants dans les sources chaudes du parc. Ce n'est que 70 ans plus tard, en 1967, que Thomas Brock y identifie une bactérie encore capable de se multiplier à 78°C : *Thermus aquaticus*. En 1972, il décrit *Sulfilobus acidocaldarius*, une bactérie capable de se développer jusqu'à 85°C, dans un milieu acide et riche en soufre.

Ces « microbes de l'enfer » n'étaient que les premières des bactéries extrémophiles découvertes par les chercheurs ; bien d'autres ont été trouvées depuis. Ainsi, on a détecté en milieu océanique profond des bactéries capables de vivre à 120°C.

Thermus aquaticus possède un sacré point fort dans son C.V. : la TAQ-polymérase ! Cette enzyme est en effet à l'origine des extraordinaires progrès de la biologie moléculaire ; grâce à sa tolérance aux hautes températures, elle a permis de rendre infiniment plus efficace l'amplification de l'ADN (PCR - Polymerase chain réaction).

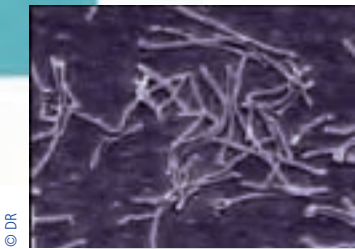


Pour en savoir plus :

Forterre P., 2007. Les microbes de l'enfer. Belin - Pour la science, 252 p.



Sulfilobus acidocaldarius



Thermus aquaticus

Les sources chaudes des dorsales océaniques permettent le développement d'un foisonnement de la vie. Ces écosystèmes ne sont pas basés sur la photosynthèse, mais sur la chimiosynthèse, dégradation de molécules minérales par des bactéries.

LA CHEMINÉE EST NOIRE DE MONDE

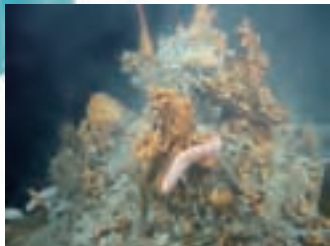
LES ÉCOSYSTÈMES DES SOURCES CHAUDES DES DORSALES Océaniques

LA DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU MONDE

« Généralement, le monde est vert », rappelait souvent un écologiste américain réputé. En effet, presque tous les écosystèmes connus jusqu'à la fin des années 1970 reposaient sur la production végétale et la fixation du carbone inorganique par le processus de la photosynthèse (dioxyde de carbone + eau + énergie solaire = sucres + oxygène).

On sait depuis longtemps que la vie existe dans les abysses, alimentée par les débris tombés depuis la surface des océans. Certes, les spécialistes connaissaient quelques rares cas de petits invertébrés parvenant à vivre dans des sédiments marins littoraux « empoisonnés » par le sulfure d'hydrogène (H_2S), mais bien rares étaient les biologistes s'intéressant au fonctionnement de ce milieu.

C'est pourquoi l'annonce, entre 1977 et 1979, de la découverte de peuplements animaux exubérants, brillamment colorés, localisés à proximité immédiate de cheminées crachant un fluide à haute température (350 à 400°C) au cœur de la « vallée » qui court au sommet des dorsales océaniques, par 2 000 à 3 000 mètres de profondeur, eut un retentissement dépassant largement le monde des biologistes. Une photographie prise à 2 600 m et représentant le sous-marin Alvin devant une cheminée noire a fait le tour du monde, après avoir été publiée début 1979 dans le New York Times. Il est vrai que le rédacteur de l'article mettait l'accent sur les dépôts de minerais précieux plutôt que sur cette nouvelle forme de vie...



PRODUIRE LA VIE SANS SOLEIL

Cette découverte extraordinaire mettait en évidence un nouveau mode de fonctionnement d'un écosystème. Contrairement à l'écosystème abyssal détritique, ces peuplements reposent sur l'aptitude de certaines bactéries à oxyder les sulfures. Ces bactéries s'installent à un stade de vie précoce dans les tissus spécialisés d'un hôte (par exemple de grands vers). Alimentées en oxygène, dioxyde de carbone et sulfure d'hydrogène (H₂S) par la circulation sanguine du ver, ces bactéries se développent et libèrent dans le corps du ver des substances nutritives. Ce mécanisme est appelé « chimiosynthèse » puisqu'il permet de produire des molécules organiques, non pas à partir de l'énergie solaire comme dans la photosynthèse, mais à partir de l'oxydation des sulfures.

On a découvert depuis qu'il existe une autre forme de chimiosynthèse, basée sur l'intervention d'autres bactéries (dites méthylophiles) sur le méthane, produit organique ultime de la dégradation de la matière organique. Les tissus de certaines espèces de grandes moules contiennent les deux types de bactéries, sulfo-oxydantes et méthylophiles, permettant à l'association de s'adapter aux deux types de substrats.

Notons que la chimiosynthèse, découverte en 1907, s'effectue également en milieu non marin. De très nombreuses molécules et ions à l'état réduit peuvent céder leurs électrons et donc leur énergie à des bactéries ou des champignons (ion ferreux, ion cuivreux, ion cobalt... glucose, acide butyrique...).



Pour en savoir plus :

Laubier L., 2007. Ténèbres océanes, Le triomphe de la vie dans les abysses, Buchet & Chastel édit., série Écologie, 304 p.



Paris, malgré son urbanisation pluriséculaire, abrite des milliers d'espèces animales et végétales. Les villes constituent en effet des écosystèmes où subsistent quelques reliques des anciens milieux naturels (fleuves, bois) et où les bâtiments et autres constructions offrent à certaines espèces des conditions de vie intéressantes.

UNE DIVERSITÉ CAPITALE

LA FAUNE ET LA FLORE SAUVAGES À PARIS

« Les oiseaux de Paris
Me réveillent, la nuit,
Par leurs chants et leurs cris »

Comme le chantait Charles Trenet, il y a des oiseaux à Paris ! Des moineaux et des pigeons, bien sûr, mais aussi des choucas, des pics noirs, des chouettes hulottes... au total 166 espèces, dont 51 se reproduisent dans la capitale.

Les naturalistes y ont aussi dénombré :

32 espèces de mammifères
3 espèces de reptiles
9 espèces d'amphibiens
36 espèces de poissons
Plus de 1000 espèces d'invertébrés
761 espèces de végétaux supérieurs
Plus de 400 espèces de végétaux inférieurs (algues, mousses...)

Même dans un territoire aussi petit, l'inventaire de la biodiversité est très loin d'être achevé et nul ne sait combien vivent ici de sortes d'insectes, de protozoaires ou de bactéries.

■ Où vivent toutes ces espèces ?

A priori, la ville s'est développée « contre » la nature, en la confinant dans les parcs et jardins. Mais aujourd'hui, on la redécouvre dans des milieux aussi divers que variés.

La Seine constitue, malgré son aménagement, un habitat pour de nombreuses espèces, de la Méduse d'eau douce à la Bouvière, en passant par l'Écrevisse américaine.

Mais des milieux plus modestes peuvent aussi présenter un intérêt : les terrains vagues attirent le Lézard des murailles et même le Petit gravelot, un oiseau vivant habituellement sur les îles des grands fleuves.



© C. Gaultier

Fougère des marais,
espèce protégée présente à Paris

Les fentes entre les pavés, les murs, les toits, ou les bâtiments eux-mêmes sont devenus des habitats intéressants, par exemple pour l'Hirondelle de fenêtre ou le Faucon crécerelle, qui niche sur les tours de Notre Dame, comme le montrent les suivis du Corif (Centre Ornithologique Ile-de-France).

Le Renard a été vu dans le jardin du Luxembourg et une fouine avait élu domicile dans les combles du Palais Bourbon ; elle traversait le quai Anatole France pour aller chasser les rats le long de la Seine ! Sans doute la biodiversité à Paris a-t-elle beaucoup diminué depuis des siècles, du fait de l'urbanisation croissante. Mais aujourd'hui, nous la redécouvrons dans des mosaïques de milieux complexes dont le potentiel est probablement sous-estimé. C'est une nature visible, attachante, rassurante, mais c'est aussi une nature subtile, inféodée à des micro-habitats autant qu'à des pratiques dont les effets positifs doivent être mis en évidence.

En ville, peut-être plus encore que dans les milieux ruraux ou forestiers, les représentations de la nature sont nombreuses, parfois contradictoires. Et les politiques qui ont en charge les divers aspects de la vie des urbains peuvent avoir des effets peu conciliables avec le maintien de la biodiversité. Tablons donc sur la bonne volonté d'un maximum de personnes et sur les passions que peut susciter la nature sauvage dans un milieu aussi anthropisé.



Pour en savoir plus :

- Moret J., 2003. La biodiversité à Paris.
507^{ème} conférence de l'université de tous les savoirs.
Téléchargeable
<http://195.154.234.234/canal/chaînev2/utls/>
- Site de la ville de Paris : <http://www.paris.fr>
- www.corif.net

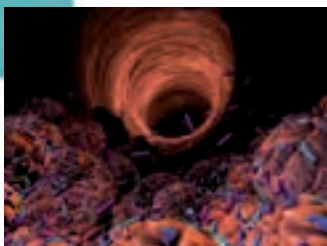


L'ÉCOSYSTÈME LE PLUS PEUPLÉ DU MONDE

LA FLORE INTESTINALE

Notre flore intestinale est constituée de milliards de milliards de microorganismes appartenant à des centaines d'espèces (bactéries, archées...).

Ces organismes sont essentiels à notre digestion en permettant de dégrader certaines molécules, dont des celluloses et des amidons.



Avec l'autorisation de Biocodex

On sait que les appareils digestifs des ruminants et des termites sont de véritables « bio-réacteurs » abritant des bactéries anaérobies chargées de briser la cellulose et ses dérivés, que l'on trouve dans toutes les cellules végétales - et de les transformer en acides gras à chaînes courtes. Dans ces relations à bénéfices réciproques, l'hôte, vache ou termite, gagne du carbone et de l'énergie et les microbes s'offrent un riche buffet... et un environnement protégé. Tout ceci est bien étudié !

Et nous ? Notre intestin héberge quelque 400 espèces de microorganismes, soit jusqu'à 100 trillions d'individus. Le nombre de ces bactéries est dix fois supérieur à celui de nos propres cellules ! On a là les plus hautes densités de cellules jamais recensées dans un écosystème.

On a longtemps pensé que ces espèces nous habitaient sans nous nuire ni nous apporter grand-chose ; il s'agit en fait d'une association fort précieuse. Ces microorganismes dégradent en effet toute une variété de molécules non digestibles : pectines, celluloses et hémi-celluloses, amidons résistants.

Nos communautés microbiennes sont des mélanges caractéristiques et complexes de microorganismes qui ont co-évolué avec nous. Le destin évolutif partagé des hommes et de leurs bactéries symbiotiques a sélectionné des interactions mutualistes qui sont essentielles pour la santé humaine.

Bref, il s'agit là d'un univers foisonnant, vital et encore largement méconnu.



Pour en savoir plus :

- Bäckhed et al., 2005. Host-bacterial mutualism in the human intestine. *Science*, 307 : 1915-1920.
- Dethlefsen et al. 2007. An ecological and evolutionary perspective on human-microbe mutualism and disease. *Nature*, 449 : 811-818.

La répartition des espèces sur la planète

La biodiversité n'est pas répartie au hasard sur la surface de la terre. Il existe des lieux à haute concentration d'espèces, dont la richesse s'explique par les caractères favorables de l'environnement et par l'histoire géologique (tectonique) ou climatique (impact des glaciations).

TROPIQUES FOISSONNANTES

BIODIVERSITÉ ET LATITUDES

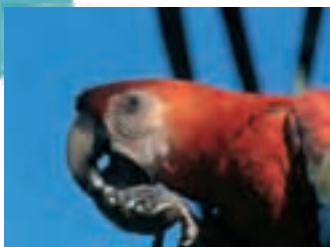
La richesse en espèces augmente très fortement entre les pôles et l'équateur. C'est vrai pour les oiseaux comme pour la plupart des groupes.

Qù se trouve le paradis pour un ornithologue américain ? Le Groenland abrite 56 espèces d'oiseaux, New York 105, le Guatemala 469, et la Colombie... 1 395 !

Depuis longtemps, il est reconnu que la diversité des espèces augmente des pôles vers l'équateur ; cela est vrai pour les oiseaux, mais aussi pour la plupart des autres groupes, sur terre comme en mer.

L'exemple de la France est éloquent : on compte 1 940 espèces de végétaux supérieurs sur 2 678 km² en Guadeloupe et en Martinique, soit 88 fois plus d'espèces par unité de surface qu'en métropole !

Il est donc urgent de préserver la biodiversité entre les tropiques... même si les régions plus tempérées ne doivent pas être négligées pour autant.



On appelle "hotspots" (points chauds) les zones qui abritent sur de faibles superficies une forte proportion de la biodiversité terrestre. Ces aires, souvent menacées, devraient être protégées en priorité.

25 POINTS CHAUDS POUR LA VIE

LA RÉPARTITION DES « HOTSPOTS » SUR LA PLANÈTE

La biodiversité est répartie très inégalement sur la planète, par l'influence de la latitude, mais aussi du relief, de l'histoire géologique et de bien autres facteurs.

La notion de « hotspots », proposée en 1988 par Norman Myers, désigne les zones de plus forte biodiversité.

En 2000 ont été cartographiés 25 hotspots, qui sur moins de 2% de la surface émergée de la planète, accueillent 44 % des espèces de plantes vasculaires et 35 % des animaux vertébrés (poissons exclus).

Les hotspots comptent de nombreuses zones tropicales (Amazonie, Asie du sud-est...) et des archipels (Polynésie, Mascareignes...), mais aussi, plus proche de nous, tout le pourtour de la Méditerranée.

Ces zones doivent faire l'objet de mesures de conservation des milieux naturels, d'autant qu'elles sont souvent très menacées par les activités humaines.



Pour en savoir plus :

- Myers, N. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- Mittermeier RA, Myers N, Gill PC, Mittermeier CG. 2000. Hotspots : Earth's Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Mexico City : CEMEX.



Tibouchina ornata,
plante endémique des petites Antilles



POUR LES FOURMIS, LE HOTSPOT, C'EST LE PÉROU !

En matière de fourmis, le record mondial est de 365 espèces sur un hectare, dans le bassin supérieur de l'Amazonie, au Pérou. Dans cette région, on a identifié 43 espèces sur un seul arbre... soit à peu près autant que le nombre total d'espèces de fourmis peuplant les îles britanniques !

Wilson E.O., 2003. L'avenir de la vie. Science ouverte. Le Seuil. 279 p.

LES OCÉANS, DES DÉSERTS ?

LES PARADOXES DE LA BIODIVERSITÉ MARINE

*Les océans n'abritent que 15 %
des espèces connues aujourd'hui.
Pourtant la vie dans les mers
est très diverse et reste largement
à découvrir.*

Les mers et les océans occupent près de 71 % de la surface de la planète. Ils n'abritent pourtant « que » 15 % des espèces vivantes connues, soit un peu plus de 275 000 espèces. Cette situation s'explique de deux façons.

En premier lieu, la biodiversité est nettement moins connue en mer que sur terre, à cause des difficultés d'accès.

En second lieu, le nombre d'espèces marines par unité de surface est sans doute plus faible que celui des espèces terrestres. Ceci peut s'expliquer par la plus grande homogénéité et la continuité de l'environnement marin, la facilité de dissémination des gamètes et des larves, les caractéristiques physiques de l'eau (moins de fluctuations de tous ordres dans l'eau que dans l'air). Les niches écologiques sont plus variées sur terre et facilitent donc les isolats et l'endémisme. Il faut aussi noter que la mer n'abrite presque pas d'insectes, groupe qui constitue la majeure partie de la diversité terrestre.



Pourtant, il ne faut certainement pas sous-estimer la biodiversité marine. En premier lieu, il reste des millions d'espèces à découvrir au fond des océans. Par ailleurs, la biodiversité marine, si elle est moins riche en nombre d'espèces, est particulièrement forte à un autre niveau d'analyse. Parmi les 33 grands groupes d'êtres vivants (phyla) aujourd'hui identifiés sur notre planète, 12 n'ont jamais quitté l'eau. Ainsi, les échinodermes (étoiles de mer, oursins...), les ascidies, les brachiopodes, les céphalopodes... n'ont jamais eu de représentant d'eau douce ou terrestre.

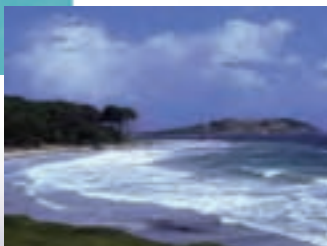
Enfin, les biomasses peuvent être considérables en mer ; les seules bactéries de la couche de sub-surface de l'océan représentent à elles seules 10 % de la biomasse mesurée en carbone de la planète !



Pour en savoir plus :

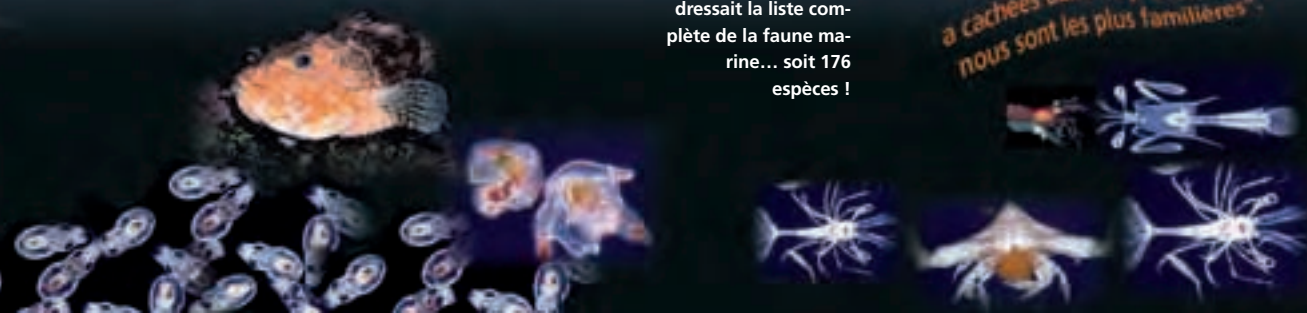
G., 2007. Océan et recherche biomédicale. Journal de la Société de Biologie, 201, 5-12

© G. Boeuf



*"Il faut bien reconnaître qu'il est
très à fait impossible
d'établir une liste de tout
les animaux terrestres.
Et bien, des végétaux,
dans l'océan, il en a tant
qu'il n'existe peut-être aucun qui
fait vraiment merveilleux,
les choses que la nature
a cachées dans les profondeurs
nous sont les plus familières".*

L'auteur de ce **texte**,
Pline l'Ancien, dans
son Histoire naturelle
dressait la liste com-
plète de la faune ma-
rine... soit 176
espèces !



10 MILLIONS DE VIES SOUS LES MERS ?

L'IMMENSE BIODIVERSITÉ DES GRANDS FONDS MARINS

*Depuis une vingtaine d'années, on découvre que les immensités des plaines abyssales, au-delà de 1000 mètres de profondeur, abritent de nombreuses espèces animales : poissons, mais surtout vers, petits crustacés, mollusques...
Ces écosystèmes fonctionnent à partir de la matière organique tombant depuis les couches supérieures des océans.
Des millions d'espèces restent à découvrir dans ce monde.*

© Ifremer-Cyana / Campagne Géocyanise



Éponge carnivore
Chondrocladia Lampadiglobus

Dans les années 1984-85, les chercheurs ont pu étudier la faune par plus de 2 000 mètres de profondeur, sur la marge orientale des Etats-Unis, à l'aide d'un carottier-bêche, capable de prélever le sédiment sans aucune perturbation,

Le long de l'isobathe 2 100 m, 10 zones de prélèvement ont été définies sur une longueur de 176 kilomètres, complétées par quatre zones additionnelles à 1 500 et 2 500 mètres.

La partie la plus difficile de l'étude fut l'identification de chacun des spécimens récoltés, ce qui nécessita la mobilisation d'une trentaine de zoologistes très spécialisés.

Les résultats de cette opération sont spectaculaires.

Les 233 prélèvements effectués, représentant 21 m² seulement, ont permis de recueillir 90 677 individus de 798 espèces.

Les annélides (vers) représentent 49% des espèces, les crustacés 23% et les mollusques 13%.

58% des espèces collectées ont été nouvelles pour la science, dont plus de 60% des crustacés et annélides ; les mollusques étaient un peu mieux connus (37% d'espèces inédites).

En analysant le rythme de leurs découvertes au fur et à mesure de l'étude, les chercheurs ont pu tenter une première approche de la biodiversité abyssale. En étudiant de nouveaux secteurs, on découvre de façon continue de nouvelles espèces, au rythme d'une espèce nouvelle par kilomètre ! Par extrapolation, on pourrait imaginer que les fonds supérieurs à 1 000 mètres accueillent plusieurs centaines de millions d'espèces de macrofaune benthique (c'est-à-dire, sans compter les bactéries) ! Toutefois, les zones plus profondes, plus pauvres en matières nutritives présentent probablement des densités de faune nettement inférieures à celles des marges continentales.

Le débat d'experts sur le nombre des espèces abyssales est loin d'être tranché, mais il ne fait pas de doute que plus d'un million d'espèces reste à y découvrir ; un chiffre de dix millions ne semblerait pas surprenant.

Des déplacements vitaux

Les animaux se déplacent sans cesse, à la recherche de nourriture ou de partenaires sexuels. Ces déplacements prennent parfois des proportions gigantesques. La Sterne arctique et passe l'hiver boréal au sud du cercle polaire arctique et passe l'hiver boréal au sud du cercle polaire austral ; c'est sans doute l'être vivant qui connaît le moins la nuit au cours de sa vie ! Même des êtres apparemment aussi immobiles que les oursins parcourent des distances considérables en phase larvaire et continuent de se déplacer à l'âge adulte. Le maintien des possibilités de déplacement pour toutes ces espèces est absolument indispensable à leur survie.

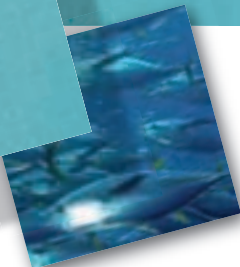
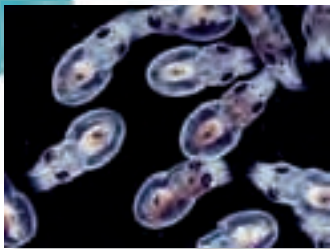
Dans les océans, le plancton animal se déplace tous les jours entre la surface et les zones plus profondes, en suivant le plancton végétal dont il se nourrit.

YOYO SUBAQUATIQUE

LA MIGRATION DU PLANCTON

La plus grande migration de la planète n'est pas la plus longue ni la plus spectaculaire, mais celle qui concerne le plus grand nombre d'organismes, sur une surface gigantesque. Il s'agit de la migration quotidienne du zooplancton.

Ces petits animaux, adultes (microcrustacés) ou larves (de crabes, d'oursins, de poissons ou de vers...) passent la journée à une certaine profondeur de l'océan, pour se protéger des prédateurs, et remontent chaque nuit en suivant leur nourriture, le phytoplancton. Celui-ci est composé d'algues unicellulaires qui passent la nuit en surface et descendent durant la journée à quelques mètres de profondeur pour bénéficier d'une photosynthèse optimale, en fonction de la luminosité.



5 MILLIARDS DE VOYAGEURS

LES OISEAUX MIGRATEURS

La migration des oiseaux s'explique par la fluctuation des ressources alimentaires au cours de l'année. Ce mécanisme est aujourd'hui perturbé par les changements climatiques.



© M. Cambrony

Sur les quelque 500 espèces d'oiseaux qui nichent en Europe, environ 200 migrent annuellement vers l'Afrique. Ces migrateurs forment comme une énorme masse flottante oscillant d'un continent à l'autre : 5 milliards d'individus traversent la Méditerranée puis le Sahara en automne, entre le mois d'août et la fin octobre.

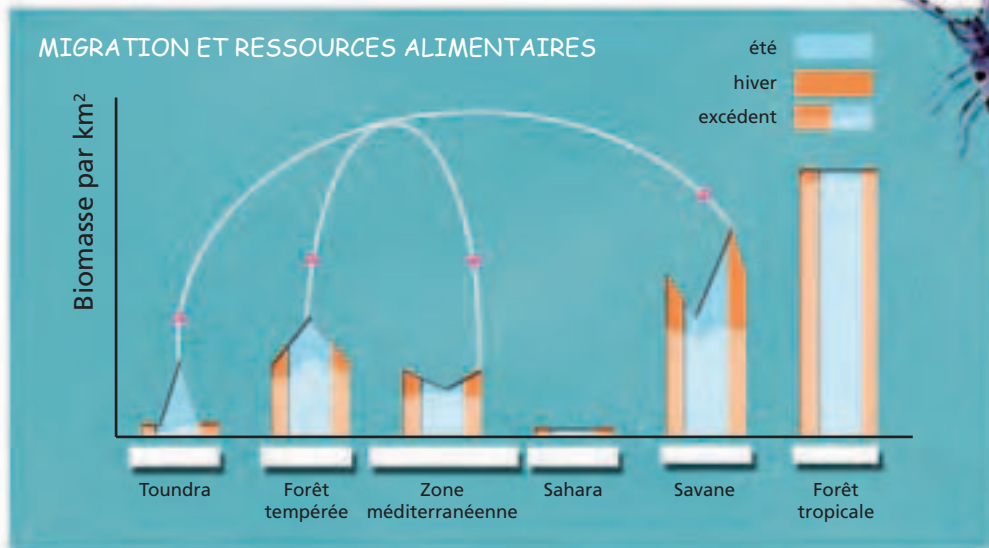
Les migrations correspondent au déplacement des oiseaux entre des régions complémentaires dont les ressources alimentaires fluctuent au cours de l'année.

En été, les ressources sont à leur maximum dans la toundra et les régions tempérées, rendant possible la reproduction de nombreux oiseaux, qui devront rejoindre à l'automne les régions méditerranéennes et les savanes, où les ressources sont alors abondantes.

Certaines régions ne sont pas accueillantes pour les migrateurs parce qu'elles sont trop peu productives (Sahara) ou au contraire toujours productives et saturées d'oiseaux (forêts tropicales), donc incapables de recevoir d'autres oiseaux en hiver.

Les oiseaux migrateurs sont « programmés » pour parcourir environ 500, 1 000 ou 5 000 kilomètres, selon la distance entre leurs territoires de reproduction et leurs quartiers d'hiver. On sait que les migrateurs accumulent juste la quantité de « combustible » nécessaire pour rallier leurs quartiers d'hiver, sous forme de graisses accumulées avant la migration à partir des sucres trouvés dans les baies et fruits dans le sud de l'Europe.

Les changements globaux ont des incidences sur le déroulement des migrations. Ainsi, les ornithologues ont déjà noté des modifications de 7 à 10 jours du passage automnal de certaines espèces sur le col suisse de Bretolet. Il s'agit parfois d'une avancée et parfois d'un retard dans les dates antérieures de



Chaque colonne représente la biomasse au cours de l'année. Les flèches montrent les principaux déplacements des oiseaux migrateurs.

migration ; ces changements résultent des réponses diverses des oiseaux à la situation actuelle (reproduction, mue, alimentation..).

Plus grave, on observe depuis une vingtaine d'années un déclin, de l'ordre de 1 à 2% par an, des effectifs de migrateurs transsahariens ; on attribue cette évolution à l'extension des zones désertiques du Sahara qui impose aux oiseaux des contraintes physiologiques de plus en plus sévères.

On peut toutefois espérer que les oiseaux s'adapteront aux changements globaux.

Les chercheurs ont pu démontrer que le comportement migratoire présente une composante génétique de type quantitatif, ce qui signifie que la sélection naturelle devrait permettre aux oiseaux d'évoluer en fonction des nouvelles contraintes de leur environnement. Des expériences de sélection en volières menées dans le laboratoire allemand de Radolfzell sur des oiseaux migrateurs partiels ont permis de changer leur comportement. En quelques générations seulement, des fauvettes à tête noire sont devenues totalement migratrices ou totalement sédentaires.

C'est grâce à cette flexibilité génétique du comportement migratoire que les oiseaux ont modulé l'amplitude de leurs migrations lors de l'alternance des cycles glaciaires et interglaciaires au cours du Pléistocène.

Des échanges réguliers sont indispensables pour les espèces réparties en très petites populations. La Marmotte de l'île de Vancouver a failli disparaître à cause de la rupture de ce mécanisme.

DES PIÈGES DANS LA VALLÉE

LE DRAME DE LA MARMOTTE DE L'ÎLE DE VANCOUVER

La Marmotte de l'île de Vancouver, au Canada, est l'un des mammifères les plus rares du monde, ne comptant que 70 individus en 2 000.

Pourquoi cette espèce disparaît-elle ? Elle semble pourtant vivre dans de bonnes conditions puisqu'elle n'est pas chassée et que son habitat, les prairies subalpines des sommets de l'île, est un milieu très préservé.

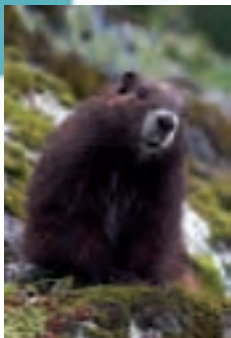
Les jeunes marmottes, dès qu'elles sont émancipées, quittent leur sommet natal, descendent dans la vallée boisée, puis remontent à la recherche d'une nouvelle prairie, sur un autre sommet. Ce comportement a permis le maintien de cette espèce durant des millénaires, en garantissant des échanges entre les très petites populations de chaque sommet.

Aujourd'hui, ces déplacements sont modifiés. Lorsque les jeunes marmottes quittent les sommets où elles sont nées, elles rencontrent sur leur route des prairies de basse altitude créées par les activités humaines ; elles se fixent dans ces milieux auxquels elles ne sont pas adaptées. Elles sont alors condamnées à disparaître, à cause d'une inadaptation au microclimat et de la présence de prédateurs.

La survie de cette espèce repose aujourd'hui sur son élevage en captivité, avant une possible réintroduction... dans un environnement préservé de façon globale.



Pour en savoir plus :
Wilson E.O., 2003. L'avenir de la vie. Le Seuil. Science ouverte. 283 p.



PASSAGES À DIFFÉRENTS NIVEAUX

AIDER LES DÉPLACEMENTS DES PETITS ANIMAUX

Des dispositifs simples peuvent aider les petits animaux à franchir des obstacles créés par les hommes : bandes enherbées en bordure de passerelles, cordes pour permettre aux écureuils de traverser des routes sans risque d'écrasement.

De modestes opérations peuvent faciliter les déplacements des petits animaux, perturbés par les activités humaines.

■ DES CORRIDORS AU RAS DES PÂQUERETTES

En périphérie de Lille, le parc de la Deûle a été créé dans les années 1995-99 par la renaturation de prairies, anciennes décharges... Pour que ce réseau écologique fonctionne au sein d'un environnement artificialisé, il fallait que les animaux puissent circuler facilement d'une parcelle à une autre.

En remettant en eau un fossé, n'allait-on pas créer une coupure entre ses deux rives ? Une passerelle construite sur le fossé pour le public a été élargie par des banquettes d'une vingtaine de centimètres de large sur une dizaine de centimètres d'épaisseur de terre, enherbée en « prairie fleurie ».

Ce dispositif s'est révélé efficace, au moins pour les insectes ; il a été reproduit chaque fois que cela a été possible, permettant aussi d'améliorer l'intégration paysagère des ponts.

■ UNE NOUVELLE VIE POUR LES CORDES ET LES ÉCUREUILS

Les écureuils ne quittent leurs arbres qu'à contrecœur, mais ils doivent souvent le faire pour traverser les routes, où nombre d'entre eux trouvent la mort. Face à ce constat, une solution simple a été proposée par le Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Savoie, la Fédération Française de la Montagne et la société Millet : il suffit de tendre entre les arbres, au dessus des routes dangereuses, des cordes d'escalade. Cette proposition est d'autant plus économique qu'il existe un énorme gisement de cordes usagées, inutilisables pour les humains mais pouvant supporter sans peine écureuils, loirs ou lérots.

Les premières expériences se sont avérées très efficaces et la démarche se généralise peu à peu.



*Les grands poissons migrateurs se déplacent au cours de leur vie entre la mer et les rivières. La plupart des espèces, dont le Saumon, se reproduisent en rivière et passent le reste de leur vie en mer ; l'Anguille, pour sa part, effectue le voyage dans le sens inverse.
Ces poissons remarquables sont pour la plupart menacés de disparition.*

L'UNE DESCEND, L'AUTRE REMONTE

LES GRANDES MIGRATIONS DES POISSONS

Environ 250 espèces de poissons migrent entre la mer et les rivières au cours de leur vie. En France, on connaît la Truite de mer, les Aloses, les Mulets, certains poissons plats, les Bars, la Dorade, l'Esturgeon, les Lamproies, les Eperlans..., mais les deux espèces les plus célèbres sont sans doute l'Anguille et le Saumon.

■ L'ANGUILLE

Il n'existe qu'une quinzaine d'espèces d'anguilles dans le monde, dont deux vivent en Atlantique, l'Anguille européenne et l'Anguille américaine.

En Atlantique, toutes les anguilles se reproduisent en eau profonde, peut-être pour certaines dans la mythique mer des Sargasses, à l'Est des Bahamas. Après leur naissance, les larves traversent l'océan pour se métamorphoser en civelles (piballes) à l'approche du plateau continental. Les civelles remontent ensuite les cours d'eau, et les anguilles jaunes - le stade subadulte en eau douce -, peuvent y rester des dizaines d'années. Après s'être développées, elles entreprendront, sous forme « d'anguilles argentées », leur migration vers l'océan et les zones de reproduction. Toutes les étapes marines sont encore largement inconnues. Les anguilles ne se reproduisent qu'une seule fois au cours de leur vie, après une migration aller-retour d'environ 12 000 km pour les populations françaises.



© Onema



■ LE SAUMON

La plupart des poissons migrateurs effectuent le voyage en sens inverse ; ils se reproduisent dans les cours d'eau et grandissent en mer ; c'est le cas du Saumon atlantique. Les saumons se développent au sud-est du Groenland, dans la Baie de Baffin ou la Mer de Norvège... Après avoir considérablement grandi, ils reviennent vers leur rivière d'origine pour s'y reproduire. Le Saumon de l'Atlantique peut faire plusieurs migrations (particulièrement les femelles). Parmi les caractères extraordinaires de cette migration, on citera sa longueur - 14 000 km aller-retour pour un saumon de l'Allier (dont deux fois 800 km de remontée des fleuves) - et la précision du repérage, grâce au champ magnétique terrestre, aux courants marins, aux astres, puis à un guidage olfactif en « approche finale ».

■ DES MERVEILLES MENACÉES

L'origine des migrations est encore mal connue ; elle doit être reliée à l'histoire géologique de la planète depuis 100 millions d'années. Du fait de l'éloignement constant des plaques de part et d'autre de l'Atlantique, on constatera que la longueur du voyage de ces espèces ne cesse de s'accroître !

Ces poissons sont d'autant plus fragiles qu'ils utilisent différents habitats et que leurs déplacements présentent bien des dangers. Si l'on ajoute leur qualité gustative, on ne s'étonnera donc pas que ces espèces soient très menacées par la surpêche, les barrages, la pollution ou l'artificialisation des milieux... Les prises de saumons sauvages ont été divisées par trois en 20 ans ; on estime le stock actuel d'anguilles à 5 % de ce qu'il était il y a 40 ans...



Structure des paysages

Les paysages sont constitués de nombreuses entités (forêts, marais, cours d'eau...) liées par de très nombreux échanges biologiques, nécessaires au maintien à long terme de la biodiversité. Au-delà des « corridors écologiques » (axes de déplacement préférentiels), les besoins des espèces portent aussi sur l'organisation de l'ensemble de l'espace, la complémentarité des milieux et les superficies des unités naturelles.

LE CRAPAUD MIGRATEUR

De très nombreuses espèces animales ont besoin de plusieurs habitats pour effectuer leur cycle vital. Ainsi, le Crapaud commun se reproduit dans les plans d'eau, mais passe l'essentiel de sa vie dans les bois.

LE PUZZLE DES HABITATS COMPLÉMENTAIRES

Quel est le lieu de vie du Crapaud ?

Spontanément, vous répondez peut-être : « la mare », et vous n'aurez pas tout à fait tort. Mais en réalité, le crapaud, comme une infinité d'animaux, ne possède pas un habitat unique.

Adulte, il affectionne la forêt où les abris sont nombreux et où la nourriture (des fourmis et autres petits insectes) est abondante. Lorsque survient l'automne, le crapaud part à la recherche d'un abri sûr pour passer l'hiver. S'il n'a pas la chance de trouver une souche creuse ou un terrier de lapin, il devra creuser lui-même une loge dans une zone sablonneuse. A la fin de l'hiver, dès les premiers signes de réchauffement, il se déplace vers une mare ou un étang pour se reproduire. Cette dernière migration peut atteindre une distance de deux ou trois kilomètres qu'il refera à l'automne. A l'éclosion, le jeune crapaud ressemble plus à un poisson qu'à un adulte : c'est un têtard qui se nourrit d'algues et de détritiques. Après trois mois de vie aquatique, il se métamorphose pour adopter enfin la forme d'un crapaud. Commence alors une longue errance qui le conduit de l'étang vers des habitats forestiers.

Le Crapaud commun a besoin pour vivre de plusieurs habitats et de la possibilité de passer de l'un à l'autre. L'implantation sur ces axes de déplacement de cultures intensives ou d'infrastructures routières peut entraîner sa disparition.



La création du canal de Panama a isolé un massif de forêt tropicale. Malgré sa protection, cette jeune île a vu sa biodiversité décroître de façon importante ; cette expérience en vraie grandeur montre que le maintien de la biodiversité demande des superficies minimales.

BARRO COLORADO

QUAND LA PÉNURIE D'ESPACE EST FATALE À LA BIODIVERSITÉ

La construction du canal de Panama (inauguré en 1914) s'accompagna de la création d'une vaste retenue destinée à alimenter les écluses. La mise en eau de ce lac isola une île d'une quinzaine de km², couverte de forêt tropicale humide, qui fut érigée en Réserve biologique intégrale dès 1923 et devint l'objet de suivis de la flore et de la faune. Malgré cette protection, les biologistes constatèrent au fil des ans une diminution régulière et irrémédiable du nombre des espèces. Ainsi, 48 des 208 espèces d'oiseaux nicheurs disparurent en moins de 50 ans. On estime qu'environ 65% de l'avifaune d'origine a disparu aujourd'hui.

Les extinctions ne se produisirent pas au hasard. D'abord disparurent les grandes espèces prédatrices, pumas, jaguars et grands aigles, puis, peu à peu, certaines petites espèces d'oiseaux.

Les ornithologues qui assistèrent impuissants à cette tragédie mirent beaucoup de temps à comprendre qu'il s'agissait d'un problème d'espace.

Les grands félins et aigles disparurent parce que l'île était trop exiguë pour entretenir des populations viables de telles espèces. La disparition de ces « grands-prédateurs » entraîna une prolifération des « moyens-prédateurs », pacas, pécaris, agoutis, ocelots, singes, qui se mirent à exercer une prédation terrible sur les petits oiseaux nichant au sol. Les ravages furent d'autant plus grands que les oiseaux tropicaux ont une fécondité très faible, compensée par une survie individuelle très élevée. Par ailleurs, la surface de l'île étant trop petite pour abriter en permanence tous les stades de reconstitution de la forêt après un typhon, de nombreuses espèces disparurent faute d'une diversité suffisante de milieux.

Ces animaux entraînaient dans leur disparition toutes les espèces qui leur étaient liées, par exemple des plantes et des insectes.

Cet exemple tristement célèbre montre que le maintien de la biodiversité suppose la préservation de vastes territoires.



On appelle métapopulations les populations morcelées qui doivent leur survie à un équilibre permanent entre extinctions et colonisations locales. C'est de cette façon qu'un papillon, la Mélitée du plantain, se maintient en Finlande.

« Au nectar d'orchidée
Le papillon
Parfume ses ailes »
Matsuo Bashō



M.cinxia/ © D. Soulet



Veronique en épis

LE PAPILLON QUI AIME LE PAT'CHWORK

L'IMPORTANCE DU MAINTIEN D'UNE MOSAÏQUE D'HABITATS INTERCONNECTÉS

La Mélitée du plantain (*Melitea cinxia*) est un papillon de jour qui a disparu ou sérieusement décliné dans de nombreuses régions d'Europe au cours des dernières décennies.

En Finlande, cet insecte n'est présent que dans les Îles Aland, à l'intérieur d'une zone de 50 par 70 kilomètres, dans un réseau de 1 502 parcelles d'habitat favorable, des prairies sèches à Plantain lancolé et Véronique en épis, plantes hôtes de la chenille.

Des observations ont montré que ces populations présentent quatre caractères importants :

- Les prairies sont occupées par des populations locales bien définies, avec plus de 80% des individus restant dans leur prairie de naissance ;
- La population locale la plus nombreuse ne dépassait pas 1 000 individus en 1993. De nombreuses études sur ce genre de papillons ont montré que de si petites populations ne sont pas à l'abri de l'extinction sur des échelles de temps de quelques dizaines d'années ;
- La distance entre prairies voisines est de 240 à 3 870 mètres, tandis que la distance moyenne de dispersion chez ces papillons est de 590 mètres (maximum 3 050) ; ainsi, des échanges sont possibles entre les différentes prairies ;
- Les dynamiques locales ne sont pas bien synchronisées : une année peut être bonne pour les papillons sur une parcelle, et mauvaise sur une autre. Cela rend peu vraisemblable l'extinction simultanée de toutes les populations locales.

Ce système peut être qualifié de « métapopulation ». Les secteurs où l'espèce disparaît une année donnée peuvent être recolonisés par des individus en provenance de sites voisins. La survie à long terme de ce papillon en Finlande demande donc le maintien de ces parcelles complémentaires et des possibilités d'échanges entre elles.

LES BOUSIERS ONT BESOIN D'ESPACE

LES EFFETS DE LA FRAGMENTATION
DES HABITATS SUR LES INSECTES « NETTOYEURS »

En Amérique centrale, la fragmentation de la forêt conduit à la raréfaction des insectes coprophages et nécrophages, ce qui prive l'écosystème des fonctions importantes jouées par ces animaux.

Ce n'est pas la seule menace qui touche les coprophages. Partout dans le monde, les traitements antiparasitaires du bétail tuent ces insectes, empêchant le recyclage des bouses dans les sols.



Ce n'est pas pour cette raison qu'ils étaient sacrés chez les anciens égyptiens, mais les bousiers jouent un rôle écologique considérable !

Les bousiers (coprophages) enterrent dans le sol leurs œufs et les excréments qui serviront de nourriture à leurs larves. Les insectes nécrophages font de même avec des morceaux de cadavres d'animaux sauvages. Cette action est bénéfique aux écosystèmes ; les matières nutritives sont alors recyclées rapidement et les parasites de vertébrés qui séjournent dans les excréments et les cadavres sont tués, ce qui réduit la propagation de maladies. Enfin, les graines contenues dans les excréments d'animaux frugivores sont enfouies, de telle manière que leur germination est facilitée.

Des chercheurs ont étudié des fragments de forêt de un et 10 hectares en Amérique centrale. Il apparaît que les petits fragments abritent moins d'espèces, avec des densités de populations plus faibles et des espèces de plus petite taille que la forêt intacte. A cause de cet appauvrissement qualitatif et quantitatif, les excréments sont décomposés plus lentement dans les petits fragments forestiers.

Plusieurs raisons expliquent ce résultat :

- Les vertébrés dont dépendent ces bousiers ont de plus faibles densités dans les petits fragments, d'où une diminution des ressources alimentaires pour les bousiers ;
- Le microclimat des petites parcelles de forêt est plus chaud et plus sec que celui de massifs forestiers continus, pouvant devenir défavorable au développement larvaire des bousiers ;
- Les insectes coprophages risquent de disparaître dans les fragments isolés, du fait de fluctuations aléatoires de leurs effectifs. Ces disparitions locales ne pourront pas être suivies d'une recolonisation si le fragment est isolé des forêts voisines par des zones défrichées.



DES CORRIDORS DE LILLIPUT'

UNE EXPÉRIENCE POUR COMPRENDRE LE FONCTIONNEMENT DES POPULATIONS

Des chercheurs ont créé des micro-paysages constitués de petites surfaces de mousses reliées entre elles ou isolées. Au bout de six mois, les unités isolées ont perdu une bonne partie de leur micro-faune, contrairement aux autres.

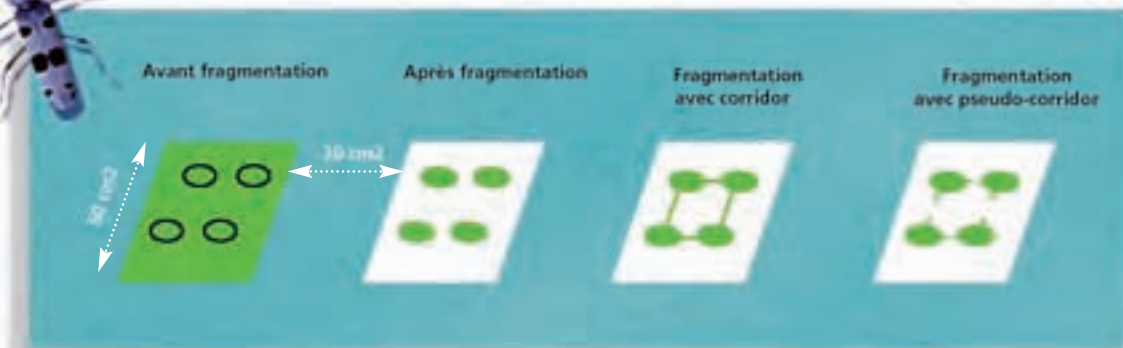
On considère généralement que la préservation des animaux sauvages demande le maintien de corridors permettant des échanges entre habitats. Comment prouver expérimentalement cette hypothèse ? Comment montrer que cette présence permet aux populations des fragments occupés de venir à la rescousse des populations menacées d'extinction dans d'autres fragments ?

Sans doute inspirés par les voyages de Gulliver, cinq chercheurs britanniques ont réalisé une expérimentation sur ce thème à une échelle lilliputienne. Ils ont pour cela utilisé les mousses qui recouvrent certaines surfaces rocheuses et abritent des peuplements diversifiés de micro-arthropodes : un petit monde essentiellement composé d'acariens et de collemboles, auxquels s'ajoutent des protistes, des rotifères, des tardigrades, toutes espèces qui renouvellent leurs générations en quelques jours ou en quelques semaines. Il est facile, en raclant ces mousses, de mettre la roche à nu pour dessiner des micro-paysages qui, à l'échelle de leurs habitants, comprennent des taches reliées ou non par des corridors. Il est facile de manipuler ces micro-paysages pour étudier comment leurs occupants s'y déplacent et s'y reproduisent.

L'expérience a porté sur une trentaine d'espèces de micro-arthropodes dont l'abondance variait de 10 à 140 individus par fragment de 20 cm². Au bout de six mois, 41% des espèces avaient disparu dans les fragments non connectés, contre moins de 15% dans le cas des fragments connectés par des corridors. Cette expérience montre l'intérêt de la présence de corridors dans un habitat fragmenté. La dynamique des métapopulations suppose en effet que, par immigration, certains individus issus des populations de fragments occupés viennent renforcer des populations menacées d'extinction. Lorsqu'on annule cet effet



Collembole



Schématisme de l'expérimentation. Les plages vertes correspondent aux surfaces recouvertes de mousses, les cercles aux aires de mousses échantillonnées.

de rescousse en interrompant les corridors, le nombre d'individus présents dans les fragments diminue, de même que le nombre de fragments occupés.

Dans ce micro-paysage, la création de corridors atténue donc significativement les effets de la fragmentation, en favorisant les déplacements d'un fragment à un autre. A d'autres échelles, il apparaît que la survie de certaines populations sauvages puisse être assurée de la même façon par l'existence de corridors entre les fragments d'un habitat dispersé. C'est ce qu'a montré Merryam, chercheur canadien, à propos des populations isolées mais interconnectées d'écureuils terrestres (*tamias*).



Pour en savoir plus :

- Décamps H et O., 2004. Au printemps des paysages. Buchet/Chastel. Paris.
- Gonzalez A., et al. 1998. Metapopulation dynamics, abundance, and distribution in a microecosystem. *Science* 281: 2045-2047.

« Les « pelouses » du Jardin dans l'île n'étaient que de petites friches herbues, de chiendent et de folles graminées, une jungle de Lilliput où de minuscules antilopes, plus agiles que les impalas, plus longicornes que des oryx, fusaient de toutes parts sous nos pieds. Ce n'étaient que de menues sauterelles, nos sauterelles de vacances d'été »

Maurice Genevoix, 1969. *Bestiaire sans oubli*. Plon.

LA MÉDITERRANÉE DEVIENT ROUGE

LES CONSÉQUENCES IMPRÉVUES DE L'OUVERTURE DU CANAL DE SUEZ

L'ouverture du canal de Suez a permis à plus de 300 espèces de coloniser la Méditerranée à partir de la Mer Rouge : poissons, mollusques, crustacés, algues...

Le 15 août 1869 a été ouvert l'un des plus grands corridors écologiques artificiels de la Planète : le canal de Suez !

L'ouverture du canal a en effet permis l'entrée en Méditerranée d'au moins 300 espèces de Mer Rouge ; Ferdinand de Lesseps, le créateur du canal, n'aurait sans doute pas imaginé qu'il donnerait son nom à ces « espèces lessepsiennes ». On parle « d'antillessepsiennes » pour les espèces - beaucoup moins nombreuses - qui ont fait le voyage dans l'autre sens.

On compte parmi les espèces lessepsiennes des mollusques (le premier a été détecté dès 1895), des crabes, des méduses, des algues... Les poissons sont les plus connus de ces colonisateurs, avec des espèces spectaculaires telles que Poisson-flûte, Poisson-lapin, Poisson-écureuil, un requin...

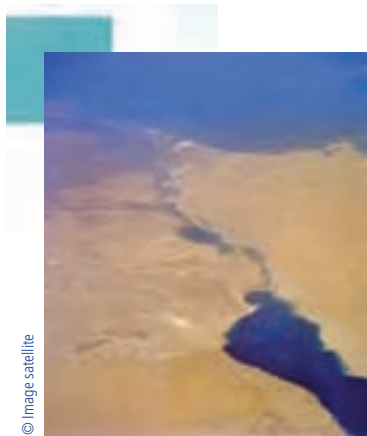
Aujourd'hui, cette migration concerne surtout la partie orientale de la Méditerranée et seules quelques espèces de poissons de Mer Rouge ont colonisé les côtes françaises, mais le mouvement se poursuit en permanence, sans doute renforcé par le réchauffement climatique.

Ce phénomène très important a été rendu possible par des conditions favorables au sein du canal (salinité, existence d'un léger courant de la Mer Rouge vers la Méditerranée) et d'une relative ressemblance entre les milieux de part et d'autre du canal. L'ouverture du canal de Panama n'a pas provoqué un phénomène de cette ampleur.

L'arrivée des espèces lessepsiennes a manifestement des conséquences écologiques, encore imparfaitement évaluées. Ainsi, les nouvelles venues entrent en concurrence avec les espèces autochtones.



Pour en savoir plus :
Boudouresque C.F., 2005. Les espèces introduites et invasives en milieu marin. Deuxième édition. GIS Posidonie publ., Marseille, 152 p.



SOURCE ET PUIT'S CHEZ LES MÉSANGES

QUAND LES POPULATIONS SE LAISSENT PIÉGER PAR LA STRUCTURE DES PAYSAGES

Certaines populations de mésanges bleues dans le sud de la France fonctionnent selon un système « source – puits » : les forêts de chênes pubescents renflouent en jeunes oiseaux les forêts de chênes verts, déficitaires à cause de ressources alimentaires insuffisantes.

Dans le sud de la France, la Mésange bleue niche à la fois dans les forêts de chênes verts et de chênes pubescents, mais on constate que dans certains secteurs chaque couple produit en moyenne beaucoup plus de jeunes à l'envol dans les chênaies pubescentes. Que se passe-t-il ?

Le Chêne vert garde le même aspect en toutes saisons car il ne renouvelle chaque année que le tiers de son feuillage, alors que le Chêne pubescent est caduc. Comme seules les jeunes feuilles sont comestibles pour les chenilles qui constituent la proie des mésanges, les bois de Chênes pubescents sont bien plus riches en nourriture ; les mésanges qui y habitent nichent à une date optimale car les besoins alimentaires de leurs poussins sont à leur maximum au moment du pic d'abondance des chenilles. En revanche, celles qui habitent les bois de Chêne vert nichent trois semaines trop tôt par rapport au pic de chenilles (le développement du feuillage des Chênes verts a lieu un mois plus tard que celui du pubescent).

Les mésanges bleues sont donc mal adaptées aux chênaies vertes où leur reproduction connaît un très faible succès. On a pu démontrer par des techniques de génétique moléculaire que ces mésanges sont génétiquement adaptées aux Chênes pubescents. Elles sont donc incapables de s'ajuster aux particularités locales des Chênes verts.

Il existe ici ce que l'on appelle un système « source-uits » : les bois de Chêne pubescent démographiquement excédentaires alimentent en permanence en mésanges les bois de Chêne vert démographiquement déficitaires. Cet exemple montre que la gestion et la conservation des espèces et des populations nécessite de bien connaître la géographie des paysages et les relations entre les espèces et leur habitat.



Pour en savoir plus :

Blondel et al., 2006. A thirty-year study of phenotypic and genetic variation of Blue Tits in Mediterranean habitat mosaics. *BioScience* 56, 8 : 661-673.

