



CSPN/B
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,
du Développement
durable
et de l'Énergie

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 (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-conseil-scientifique-du,15002.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 en 2008

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.developpement-durable.gouv.fr/La-biodiversite-a-travers-les.html>



LA BIODIVERSITÉ 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.



L A B I O D I V E R S I T É
LES RESEAUX 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 pourrons durablement vivre dans un environnement harmonieux.

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



LABIODIVERSITÉ

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

- 16 ■ 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 Laîche 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'esp

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
- 81 ■ **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 hêtre 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 de 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

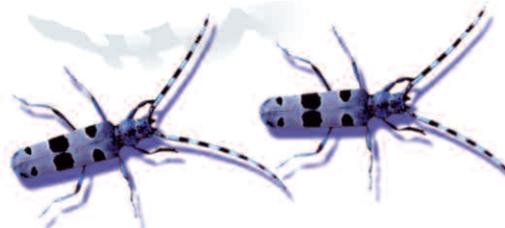
- ii8 ■ **Le gobe-mouche est en retard**
Lorsque le réchauffement climatique décale le rythme des prédateurs et de leurs proies
- ii9 ■ **Coup de chaud pour le manchot**
Un faible réchauffement suffit à diminuer la survie des oiseaux
- i20 ■ **Un monde sans corail**
Les conséquences des changements globaux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



- i31 ■ 30 millions de chasseurs de peste
Des chauves-souris prédatrices des ravageurs du coton
- i31 ■ Prédation
- i32 ■ Un nettoyage à l'emporte-pièce
Des échanges plus ou moins égaux chez les poissons
- i34 ■ Guerre chimique chez les guppys
La dynamique reproductive des cyprinodontes du Gabon
- i36 ■ Ils s'aiment et il sème
Le Pin cembro et le Casse-noix
- i37 ■ Diversité des moyens de transports
- i38 ■ Pluie de graines en Guyane
Les mécanismes de régénération de la forêt guyanaise
- i40 ■ Le fabuleux destin du bois mort
la succession des insectes recycleurs
- i42 ■ La truffe qui cache la forêt
L'importance des mycorhizes pour les écosystèmes forestiers
- i44 ■ La danse du gammare fou
Des parasites qui manipulent leurs hôtes
- i45 ■ Pourquoi la vanille est-elle si chère ?
Parce qu'une abeille n'a pas voulu suivre une orchidée
- i46 ■ Le sexe contre les parasites
L'un des intérêts du brassage génétique
- i47 ■ Don du sang chez les vampires
Une solidarité vitale entre individus

- i48 ■ Résine sur ordonnance
Une médication collective chez les fourmis
- i48 ■ La recherche de nourriture vue par un naturaliste anglais
- i49 ■ La pharmacie des chimpanzés
Ecorces, feuilles et kaolin
- i50 ■ Echanges d'informations
- i51 ■ Alarme silencieuse
Des plantes à l'affût des signaux chimiques de leurs voisines

DES RÉSEAUX BOULEVERSÉS

- i52 ■ Cétacés pour les oiseaux
Une conséquence inattendue de la raréfaction des baleines
- i53 ■ La mer a besoin de ses dents !
Les conséquences de la raréfaction des requins
- i54 ■ La cascade de la morue
Un exemple de perturbation en chaîne d'un écosystème marin
- i56 ■ Le saumon menacé par un pou
L'influence des élevages sur les populations sauvages
- i58 ■ Le chiendent à l'assaut de la baie
Une conséquence de l'eutrophisation de la baie du Mont Saint-Michel
- i60 ■ 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 ■ Échanges 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

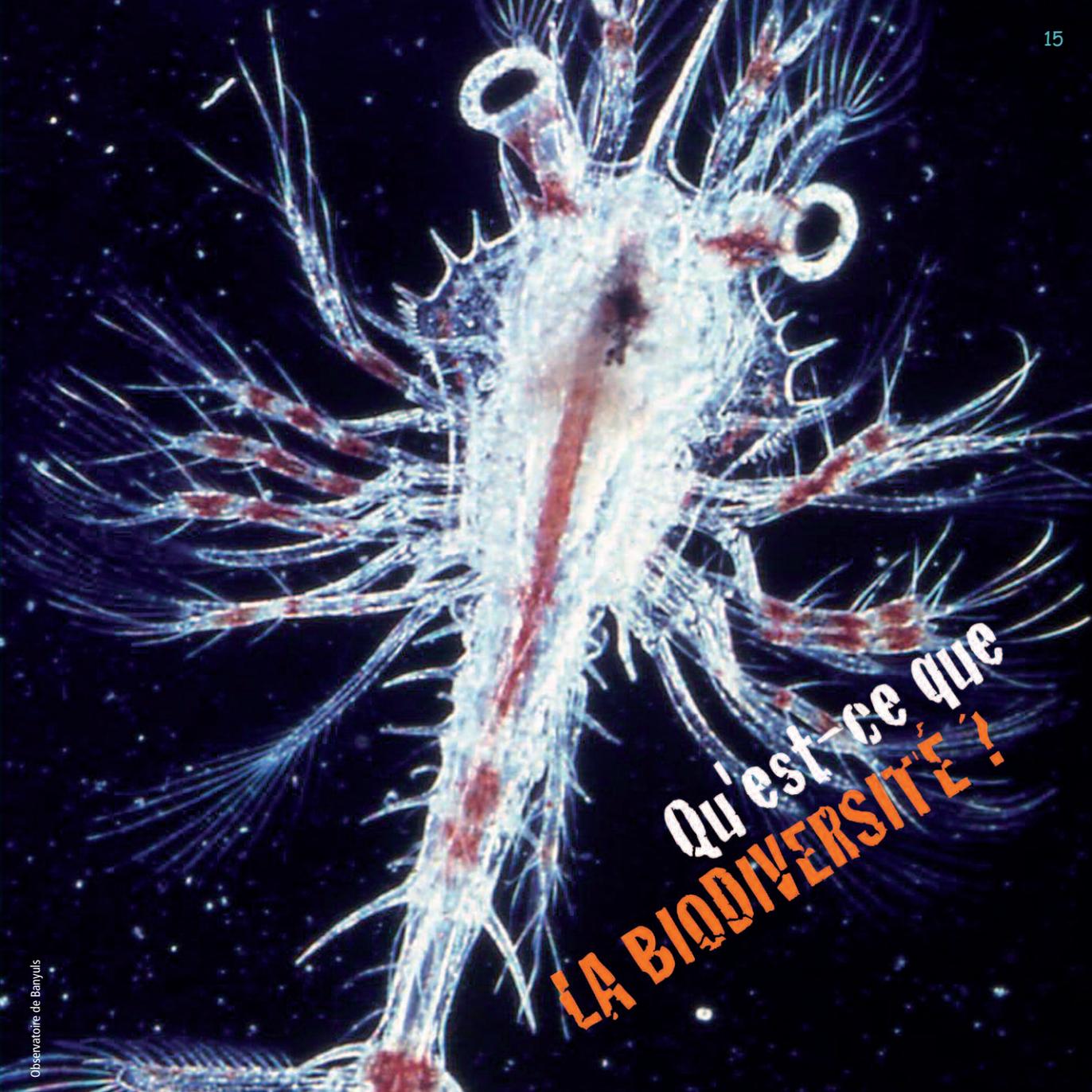
i84 ■ Un oiseau très couvé
Le sauvetage du Gobe-mouche des îles Chatham

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'anime, 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'Eléphant 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, 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, 10 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*.

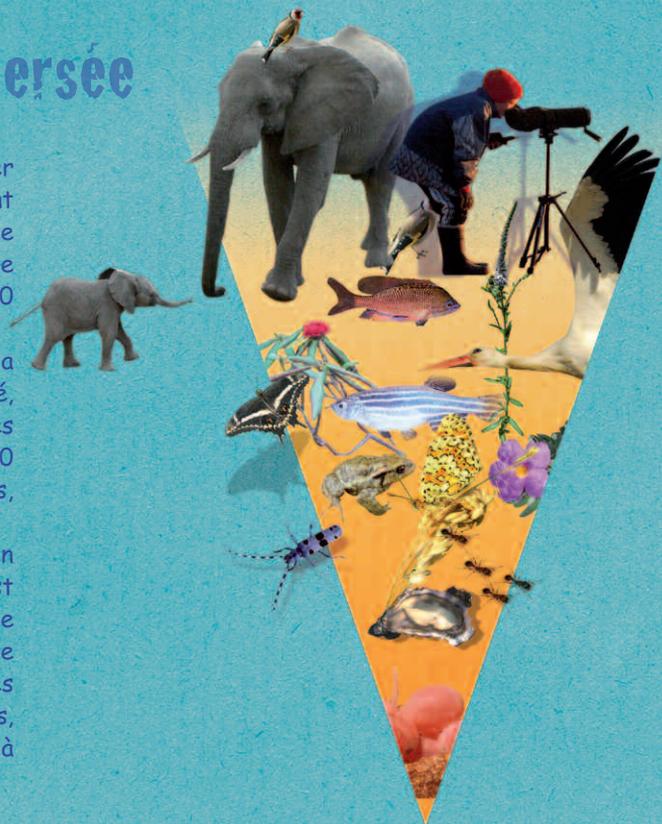


La pyramide inversée

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

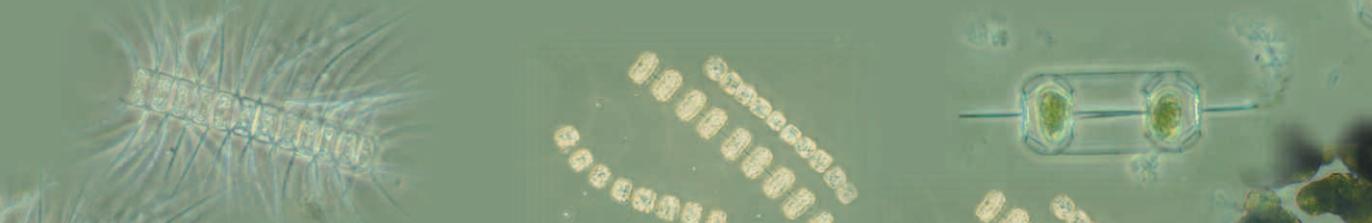
La « plante » la plus abondante du monde a été découverte en... 1986 !

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 !

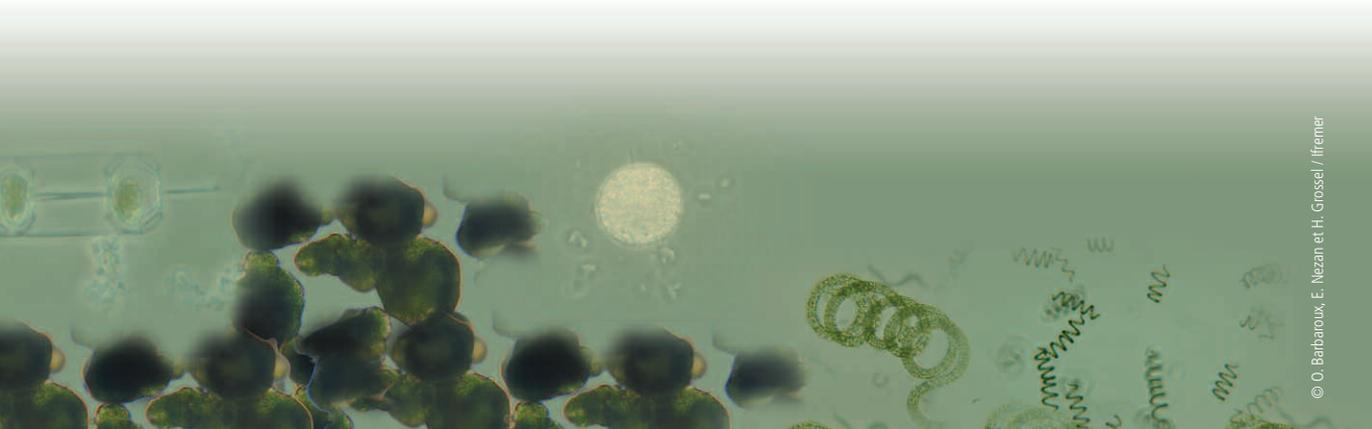
« O mer, nul ne connaît tes richesses intimes »
Charles Baudelaire - *L'homme et la mer* -



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 LAÎCHE 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 ne 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 CO₂, 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 !

 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. Pitman

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 « voisins »



© 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 fouisseur 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

DÉMAIN, 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. Dobremetz



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 thymys 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.



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



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...

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 blue fish, likely sardines or anchovies, swimming in clear blue water. The fish are densely packed and moving in various directions, creating a sense of dynamic movement. The lighting is bright, highlighting the metallic blue sheen of their scales.

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.

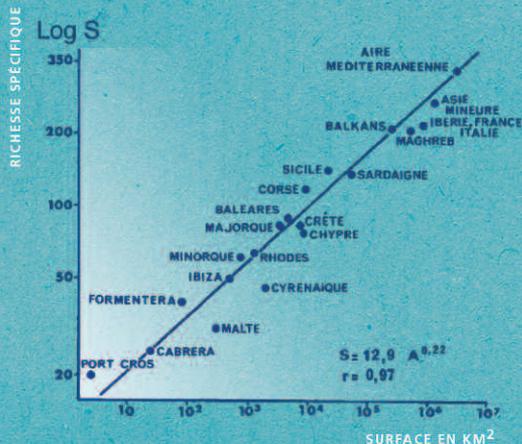
La structure des habitats ou des paysages occupés compte autant que leur simple surface : la diversité végétale d'une forêt tropicale n'est pas celle d'une pelouse de golf ! Plus un écosystème est complexe, plus il offre à un grand nombre d'espèces toute une diversité de milieux, de ressources et de 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'AIRE 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.

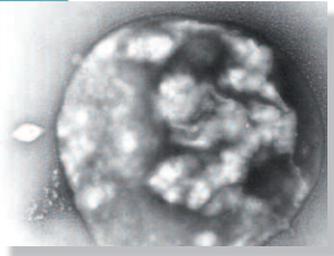
Thermus aquaticus possède un sacré point fort dans son C.V. : la TAQ-polymérase ! Cette enzyme est en effet à l'origine des extraordinaires progrès de la biologie moléculaire ; grâce à sa tolérance aux hautes températures, elle a permis de rendre infiniment plus efficace l'amplification de l'ADN (PCR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



Pour en savoir plus :

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

© Xiaoyu Xiang



Sulfilobus acidocaldarius

© DR



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

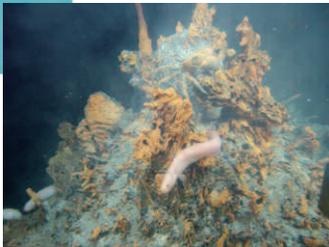
LES ÉCOSYSTÈMES DES SOURCES CHAUDES DES DORSALES OcéANIQUES

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'Ecrevisse 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.
- Site de la ville de Paris : <http://www.paris.fr>
- www.corif.net

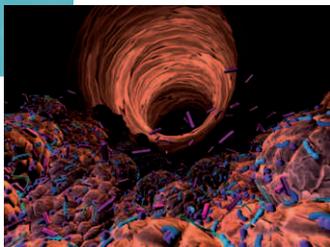


L'ÉCOSYSTÈME LE PLUS PEUPLÉ DU MONDE

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

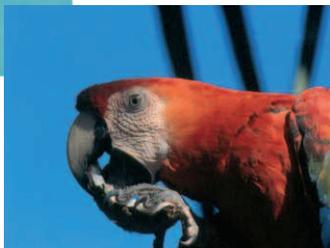
La richesse en espèces augmente très fortement entre les pôles et l'équateur. C'est vrai pour les oiseaux comme pour la plupart des groupes.

Où 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.



© J. Portecop

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

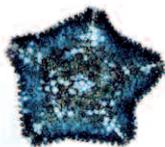
Les océans n'abritent que 15 % des espèces connues aujourd'hui. Pourtant la vie dans les mers est très diverse et reste largement à découvrir.

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 tout à fait impossible d'établir une liste de tous les animaux terrestres. Eh bien, car Héraklès, dans l'océan aussi vaste soit-il, il n'existe rien qui nous soit inconnu et, 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 complète de la faune marine... soit 176 espèces !

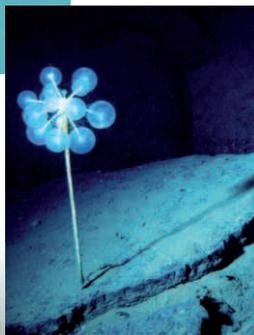


10 MILLIONS DE VIES SOUS LES MERS ?

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 Géoglyphe



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 États-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 niche au-delà 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 oursins 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.



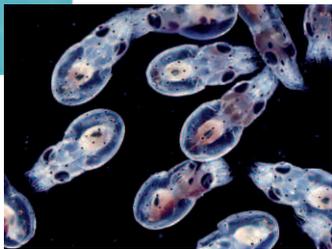
Dans les océans, le plancton animal se déplace tous les jours entre la surface et les zones plus profondes, en suivant le plancton végétal dont il se nourrit.

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 quelques 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.

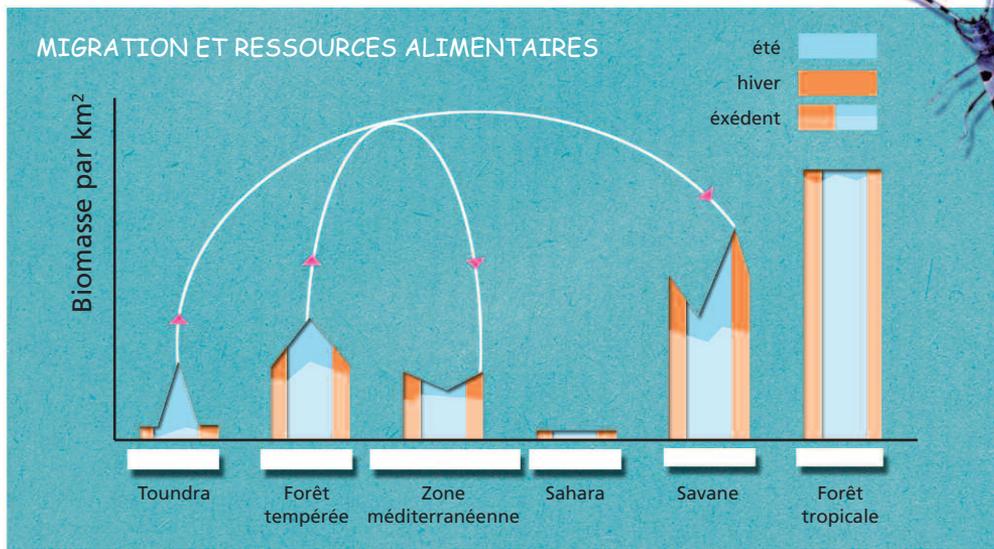
Les migrations correspondent au déplacement des oiseaux entre des régions complémentaires dont les ressources alimentaires fluctuent au cours de l'année.

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



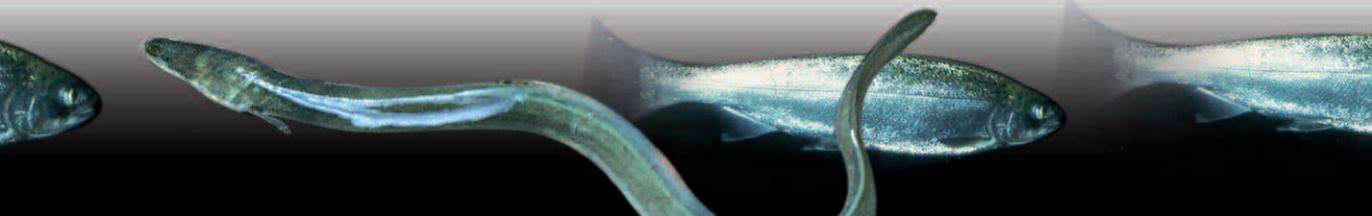
■ LE SAUMON

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, le 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

Le 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.

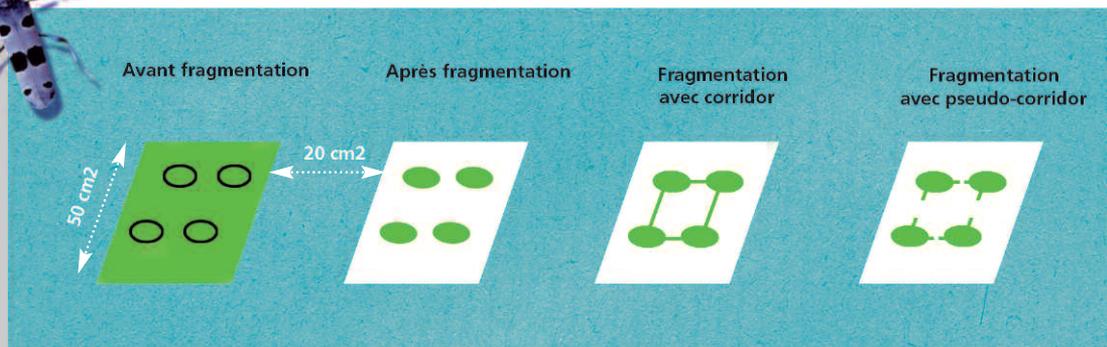
On considère généralement que la préservation des animaux sauvages demande le maintien de corridors permettant des échanges entre habitats. Comment prouver expérimentalement cette hypothèse ? Comment montrer que cette présence permet aux populations des fragments occupés de venir à la rescousse des populations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



Schématisation 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 oublier. 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 :

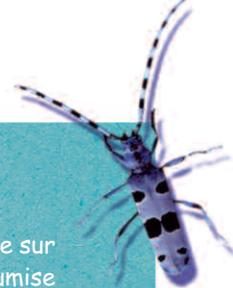
Blondel et al., 2006. A thirty-year study of phenotypic and genetic variation of Blue Tits in Mediterranean habitat mosaics. *BioScience* 56, 8 : 661-673.





LA BIODIVERSITÉ

Une affaire de temps



La vie est en évolution permanente, à tout moment et en tout lieu. Apparue sur une planète qui ne cesse de se transformer, elle est perpétuellement soumise au changement. Et son existence même est source de changement.

■ HISTOIRES D'ESPÈCES ET D'ORGANISMES

Depuis son apparition il y a près de 4 milliards d'années, sous la forme de molécules organiques capables d'autoréplication - précurseurs des ADN actuels - le vivant n'a cessé de se diversifier, colonisant les océans, envahissant plus tard terres et eaux douces pour constituer les réseaux complexes que nous connaissons aujourd'hui.

Mais que de temps a-t-il fallu pour que s'exprime une telle créativité. Songez que les organismes pluricellulaires, qui constituent pour nous la partie visible de l'iceberg de la biodiversité, n'apparurent qu'au terme de 3 milliards d'années d'évolution « silencieuse », faite de bactéries et d'êtres unicellulaires. Et puis, il a fallu que la vie invente la cellule, la « vraie » cellule - celle qui possède un noyau renfermant les chromosomes.

La diversité de la vie est le résultat d'une longue histoire de mutations, erreurs de copie produites lors de la réplication de l'ADN dans les cellules germinales ou celles impliquées dans la multiplication végétative. La sélection naturelle favorise celles de ces mutations qui sont favorables, permettant aux espèces de s'adapter. Bien sûr, si les changements de l'environnement sont trop rapides, les espèces ne peuvent s'adapter et disparaissent. C'est l'histoire de la vie. C'est l'évolution dont Charles Darwin a décelé les lois dans son livre « Origine des espèces » paru pour la première fois en 1859.



Parce que la vie est le fruit d'une longue et même histoire, les espèces qui en sont le produit ne sont pas étrangères les unes aux autres. Elles descendent les unes des autres ; elles sont apparentées. Ainsi, nous autres humains, possédons des ancêtres communs avec les chimpanzés, gorilles et autres orangs-outans.

■ HISTOIRES D'ÉCOSYSTÈMES ET DE PAYSAGES

Si les espèces évoluent, les écosystèmes n'ont rien de stable. Les terrains nus connaissent des « successions écologiques » : des espèces pionnières préparent peu à peu la place pour d'autres, pour aboutir à la constitution d'une forêt quand le milieu est favorable. Cette forêt elle-même pourra être « rajeunie » par une tempête ou un incendie ; de telles perturbations apparaissent aujourd'hui des facteurs-clé de leur richesse, qu'il s'agisse de phénomènes naturels ou du résultat de certaines activités humaines.

■ UN MONDE QUI CHANGE

L'Homme est profondément lié à la longue histoire de la biodiversité. Lui-même ne résulte-t'il pas de ces milliards d'années d'évolution ? Depuis quelques millénaires, il est aussi devenu un acteur fondamental de cette histoire. Il a créé de la diversité, domestiquant des plantes, des oiseaux ou des mammifères, et modelant les paysages. Il a depuis bien longtemps modifié les communautés vivantes, par exemple sur les îles, si fragiles. Son emprise est si forte aujourd'hui qu'elle bouleverse la biosphère tout entière, par l'action directe sur les espèces, la destruction des habitats et le réchauffement climatique, provoquant la crise de la biodiversité la plus rapide que la Terre ait connue depuis son origine.

« Le présent est saturé du passé
et en gestation du futur » Leibniz

« La vie qui engendre la vie : c'est ça le changement » Yi King

Histoires d'espèces et d'organismes

Doù viennent les animaux et les plantes que nous connaissons aujourd'hui ? Depuis la première cellule, apparue quelque part dans l'océan primitif, les organismes vivants dérivent les uns des autres et se diversifient grâce à différents mécanismes, dont la sélection naturelle, le hasard... et, depuis quelques milliers d'années, l'action directe ou indirecte de l'Homme.

LE SEL DE NOS LARMES NOUS RACONTE UNE HISTOIRE

LA VIE SUR TERRE VIENT DE LA MER

Les océans ont permis l'apparition de la vie sur Terre, il y a près de 4 milliards d'années, et les principales étapes de l'évolution du monde vivant. Les animaux et végétaux ne sortirent de l'eau qu'il y a 400 millions d'années.

La vie s'est développée rapidement sur la Terre. Formée il y a 4,6 milliards d'années, notre planète s'est refroidie, puis a vu se constituer des océans. Dès lors, le hasard aidant, la vie a pu apparaître il y a près de 4 milliards d'années.

La vie est restée exclusivement océanique durant au moins 3 milliards d'années avant que les premières cyanobactéries ne parviennent à sortir de l'eau de mer, vers 800 millions d'années (MA). Ces bactéries n'en étaient pas à leur premier exploit, puisqu'elles avaient déjà été les premières à se développer dans l'océan primitif. De leur côté, les végétaux et animaux ne sortirent de l'eau qu'il y a 400 millions d'années.

Dans l'océan ancestral s'est constituée la structure du vivant à l'échelle planétaire : mise en place des cellules complexes vers 1 400-900 MA, apparition des organismes pluricellulaires vers 800-900 MA, de la sexualité...

Le sel de nos larmes est l'un des témoins de cette longue histoire marine qui est aussi la nôtre.

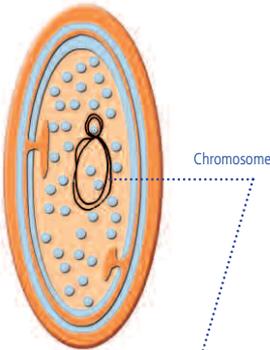


UNE SYMBIOSE FONDATRICE

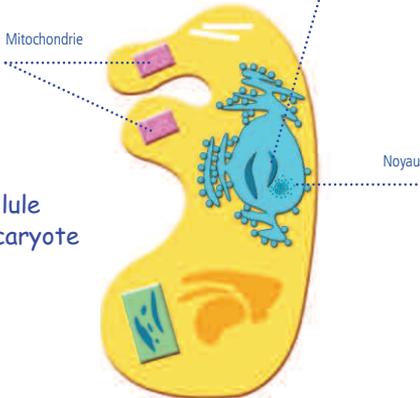
LA CELLULE EU CaryOTE

Les cellules des plantes et des animaux abritent des « organites » dont le rôle est absolument vital pour leur fonctionnement : mitochondries, chloroplastes (responsables de la photosynthèse chez les plantes)... Ces éléments résultent de la transformation de bactéries autrefois indépendantes qui se sont implantées au sein de cellules primitives, il y a un milliard d'années.

Cellule procaryote



Cellule eucaryote



Les cellules de notre propre corps résultent d'une lointaine histoire où s'est produite la fusion d'organismes distincts ! Il y a plus d'un milliard d'années, le monde était occupé par des organismes procaryotes, tels que les bactéries, êtres unicellulaires dépourvus de noyau (le chromosome bactérien flotte librement, et seul, dans le cytoplasme). L'invasion de "cellules" vivantes par des "bactéries" parasites a conduit à une association durable, puisque ces dernières n'avaient plus qu'à se diviser en même temps que la cellule-hôte pour se transmettre indéfiniment. Ce fut là une symbiose définitive qui a donné naissance à la cellule eucaryote, dont l'apparition dans l'évolution de la vie a marqué une étape décisive, préparant la voie à l'émergence des organismes pluricellulaires, plantes et animaux.

Les organismes eucaryotes, de l'Amibe unicellulaire à l'Homme, sont dotés de cellules à noyau central bien individualisé, renfermant les chromosomes, et séparé du cytoplasme par une double membrane. Les cellules eucaryotes sont beaucoup plus grandes que les procaryotes (volume environ 10 000 fois supérieur).

Outre la taille et la présence du noyau, les cellules eucaryotes se distinguent par la présence d'« organites ». Les mitochondries jouent un rôle essentiel dans le métabolisme énergétique cellulaire ; elles sont délimitées par deux membranes, possèdent leur propre ADN et se multiplient par division binaire comme de véritables cellules. Bref, ces organites, qui ont les caractéristiques d'êtres vivants, descendent de bactéries autrefois libres. Les plastes, strictement limités aux cellules végétales, descendent de plusieurs types de bactéries, ce qui a donné naissance aux végétaux verts, aux algues rouges, aux algues brunes...



Pour en savoir plus :

Barbault R. 2006. Un éléphant dans un jeu de quille. L'homme dans la biodiversité. Seuil. 266 p.

LA VIE EST-ELLE NÉE EN ENFER ?

L'HISTOIRE DES BACTÉRIES EXTRÊMOPHILES

Les milieux extrêmes telles que les sources chaudes abritent des bactéries très particulières, les archées. Ces organismes sont peut être à l'origine de la vie terrestre.

Jusqu'au début des années 1970, on envisageait l'histoire de la vie sur notre planète en deux étapes : diversification des bactéries procaryotes (sans noyau), puis apparition et développement des eucaryotes pourvus d'un noyau.

L'étude des organismes vivant dans des environnements extrêmes a entraîné une révision radicale de ce schéma.

L'équipe de Carl Woese découvrit en effet que ces organismes possédaient une empreinte génétique très différente de celle des autres bactéries. Cette spécificité justifia la désignation, à coté des bactéries vraies (« eubactéries ») et des eucaryotes, d'un troisième règne, celui des Archéobactéries, que l'on appelle aujourd'hui Archées.

Comme le laisse entendre leur nom, les archéobactéries sont très anciennes, ce qui permet de comprendre leur grande diversité ; on sait aujourd'hui qu'elles sont présentes dans de nombreux environnements aussi extrêmes que diversifiés : sources chaudes, fonds des marécages (bactéries produisant le méthane qui alimente les feux follets), dorsales océaniques, milieux hypersalés...

La découverte des Archées a bouleversé le monde de la biologie ; elle a en particulier obligé les scientifiques à s'interroger sur l'identité de LUCA - le Last Universal Common Ancestor, le dernier ancêtre commun universel.

Une hypothèse partagée aujourd'hui par de nombreux chercheurs verrait en LUCA une bactérie hyperthermophile : la vie serait apparue en enfer ! L'un des arguments est l'adaptation de ces organismes à des environnements proches de ce que fut probablement la Terre à l'époque de l'apparition de la vie - une atmosphère sans oxygène mais riche en dioxyde de carbone.

Mais il existe une autre hypothèse : la vie serait apparue à froid, puis aurait évolué dans un environnement brûlant, avant de se diversifier.



© J.L. Michelot



Pour en savoir plus :

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

POURQUOI CHANGER UNE ÉQUIPE QUI GAGNE ?

L'HISTOIRE DU GÈNE PAX-6

On a découvert que le mécanisme de formation des yeux était le même chez tous les animaux, et qu'il remontait à plus de 500 millions d'années.

Ainsi, il existe des processus mis en place par le vivant depuis très longtemps, remarquablement stables et devenus universels. C'est le cas du mécanisme de formation des yeux mais aussi de l'ADN ou des mécanismes de la division de la cellule.



© G. Beauf

En 1994, dans le laboratoire du Pr. Gehring, à Bâle, une étudiante clonait, presque par accident, un gène de mouche *Drosophile* homologue au « Pax-6 » de la Souris. Les chercheurs se rendirent alors compte que le gène cloné chez la Mouche avait provoqué une mutation touchant les yeux, comme celle que connaît le gène de Souris en pareil cas. La découverte était extraordinaire : la même séquence d'ADN - Pax-6 -, mettait en place les yeux chez la *Drosophile* et la Souris ! Face au scepticisme du monde scientifique, W. Gehring réalisa alors l'expérience apparemment « folle » de surexprimer Pax-6 dans d'autres régions du corps de la mouche, dans l'embryon et chez la larve. Quelques semaines plus tard, les résultats faisaient la « une » du *New-York Times* et de la revue *Science*. Des yeux bien fonctionnels étaient apparus sur les antennes, les ailes, les pattes... de la mouche ainsi manipulée ! A l'inverse, si on invalide Pax-6, la mouche naît sans yeux et sans ocelles.

Un seul gène est donc capable de contrôler une cascade de quelques 2 000 gènes nécessaires à la formation d'un œil complexe ! Tous les yeux des animaux, aussi différents puissent-ils être, ont donc la même origine.

L'histoire de l'œil est donc très ancienne, remontant probablement à la première explosion de vie précambrienne (800 millions d'années ?), en tout cas bien avant la mise en place de centres nerveux développés (« cerveaux »). On découvrit en effet des séquences similaires chez des groupes d'invertébrés plus anciens (céphalopodes, mollusques lamellibranches...). Plus récemment, une séquence similaire (Pax-2) a été identifiée lors de la découverte d'yeux fonctionnels sur les tentacules de méduses - un groupe apparu il y a 800 millions d'années.



Pour en savoir plus :

- Gehring W. J., 2002. The genetic control of eye development and its implications for the evolution of the various eye-types. *Int. J. Dev. Biol.*, 46, 65-73.
- Gehring W. J., 2005. New Perspectives on Eye Development and the Evolution of Eyes and Photoreceptors. *Journal of Heredity*, 96, 171-184.

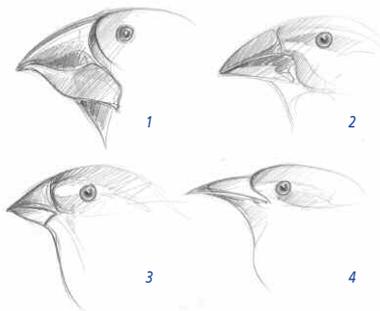


© Int. J. Dev. Biology

PRISE DE BEC AUX GALÁPAGOS

LES PINSONS DE DARWIN

A partir d'une espèce venue du continent voisin, les pinsons se sont fortement diversifiés sur les Galápagos, par une évolution liée au caractère de chaque île. La reconstitution de cette histoire par Charles Darwin a largement contribué à faire comprendre le phénomène de l'évolution des espèces.



1- *Geospiza magnirostris*
2- *Geospiza fortis*
3- *Geospiza parvula*
4- *Certhidea olivacea*

En 1835 le bateau anglais nommé the Beagle, (« le fouineur »), fait escale aux îles Galápagos, archipel de l'océan Pacifique au large de l'Équateur ; il a à son bord un jeune naturaliste britannique qui étonnera le monde. Charles Darwin, recueille aux Galápagos de nombreux spécimens de passereaux ; il les confie à son retour à l'ornithologue John Gould, qui y reconnaît treize espèces de pinsons, distinguées essentiellement par la forme de leur bec et leurs régimes alimentaires.

Darwin fut profondément intrigué par ce jeu complexe de ressemblances et de différences entre espèces peuplant des îles séparées par quelques kilomètres seulement et offrant des conditions écologiques à peu près identiques. Pourquoi de telles dissemblances ? Cette réflexion lui permit de reconstituer génialement le scénario de l'évolution : colonisation de l'archipel par quelques individus provenant du continent, puis diversification sur chaque île. C'est ce que l'on appellera plus tard la « radiation adaptative ».

L'espèce ancêtre a évolué pour donner 13 espèces étroitement apparentées mais très diverses dans leur écologie alimentaire et leur physionomie. Certaines vivent au sol, où elles se nourrissent de graines ; leur bec est proche de celui de notre pinson des arbres, épais et propre à saisir et écraser des graines. D'autres espèces sont arboricoles et se nourrissent d'insectes ; elles sont pourvues de becs beaucoup plus fins, comme celui des fauvettes insectivores qui fréquentent nos jardins. D'autres encore s'apparentent à des pics, par leur forme et leur comportement. Les connaissances se sont améliorées depuis Darwin et l'on sait désormais que la compétition entre individus pour les ressources alimentaires et l'occupation de l'habitat constituent la pression sélective majeure qui a abouti à l'évolution de l'espèce ancêtre. La diversification et la coexistence des 13 espèces sont le résultat d'un ajustement progressif de leurs niches écologiques réglé par la sélection naturelle.



Pour en savoir plus :
Barbault, R. 2006. Un éléphant dans un jeu de quille. L'homme dans la biodiversité. Seuil. 241p.



Les maladies infectieuses qui touchent les humains proviennent de l'histoire ancienne de l'humanité, des animaux sauvages, mais aussi des animaux qui nous accompagnent depuis 10 000 ans : le bétail et les rats.

ANIMAUX ET MICROBES DOMESTIQUES

L'ORIGINE DES MALADIES INFECTIEUSES

Durant des millions d'années nos ancêtres africains chasseurs-cueilleurs ont souffert de maladies infectieuses similaires à celles des autres primates. Ces microbes anciens continuent à nous toucher aujourd'hui.

De nouvelles pathologies sont apparues depuis 10 000 ans. Elles se sont répandues avec succès dans des populations humaines devenues nombreuses et localement denses - le rêve pour un agent infectieux ! Avant la découverte des antibiotiques et de la vaccination, les dégâts furent souvent considérables, et ils le restent bien souvent : que l'on songe à la peste ou à la grippe espagnole en Europe et aux ravages provoqués en Amérique par l'arrivée des européens, avec leur cortège de maladies inconnues du Nouveau Monde et de ses habitants.

Wolfe *et al.* (2007) se sont penchés sur l'origine de ces maladies « récentes ». Beaucoup, originaires de l'ancien monde, proviennent des animaux domestiques : diphtérie, grippe, rougeole, variole et tuberculose. Pourquoi proviennent-elles de l'ancien monde ? Des 14 principales espèces de bétail (mammifères), 13 sont originaires de l'ancien monde (le 14^{ème} est le Lama) et notamment les 5 qui sont les plus abondantes et les plus en contact étroit avec les éleveurs (vaches, moutons, chèvres, cochons et chevaux). Sans parler des rongeurs à qui l'on doit la peste et le typhus.

La situation est sensiblement différente en région tropicale où les maladies infectieuses proviennent encore largement des primates et autres animaux sauvages (virus Ebola...).



Pour en savoir plus :

Wolfe N.D. *et al.*, 2007, Origins of major human infectious diseases - Nature, 447 : 279-283.



La surrection de la chaîne himalayenne est à l'origine de la différenciation de très nombreuses espèces animales et végétales. Ainsi, le secteur Yunnan - Sichuan, l'un des plus actifs du monde sur le plan géologique, accueille près de 600 espèces de rhododendrons.

TECTONIQUE ET BOTANIQUE

LES RHODODENDRONS DE LA CHAÎNE HIMALAYENNE

L'histoire commence il y a 60 millions d'années. La plaque indienne quitte la masse du Gondwana et file vers le nord à la vitesse insensée de 10 centimètres par an ; il faut dire que la plaque indienne, très mince, se déplace 10 fois plus vite que les autres. Il y a 45 millions d'années, c'est la collision : la plaque indienne passe sous l'énorme plaque asiatique.

Au Miocène commencent les déformations :

- la croûte du Tibet actuel s'épaissit, passant de 10 à 50 km,
- cela ne suffit pas ! Le Tibet glisse vers l'est, le long de la faille du Fleuve Rouge : 1 500 km de déplacement à la vitesse actuelle de 3 cm par an,
- le long de cet affrontement, naît l'Himalaya qui s'élève de 10 cm par an - soulèvement en partie compensé par l'érosion.

L'endroit le plus perturbé est la flexure orientale de cet ensemble. Vers le Yunnan - Sichuan actuel, les mouvements du nord au sud, de l'ouest vers l'est et du bas vers le haut se combinent. C'est l'un des lieux du monde où les changements sont les plus forts et les plus rapides de ces derniers millions d'années. Le 13 mai 2008, une partie de la faille chevauchante bouge : c'est le séisme du Sichuan, au nord de la capitale de Province, Chengdu : au moins 50 000 victimes !

Dans cette situation de rapides bouleversements géologiques et topographiques - et en conséquence climatiques, comme le blocage du front polaire et de la mousson du sud-est, la baisse des températures avec l'augmentation de l'altitude, les zones très sèches ou très pluvieuses liées à l'effet barrière de la montagne, auxquelles s'ajoute l'effet des dernières glaciations... toutes les conditions d'évolution de la vie sont réunies. Les espèces doivent s'adapter à ces conditions changeantes et très diversifiées ; les mutations génétiques sont sélectionnées et conduisent à l'apparition de nombreuses espèces nouvelles.



© J.F. Dobremez



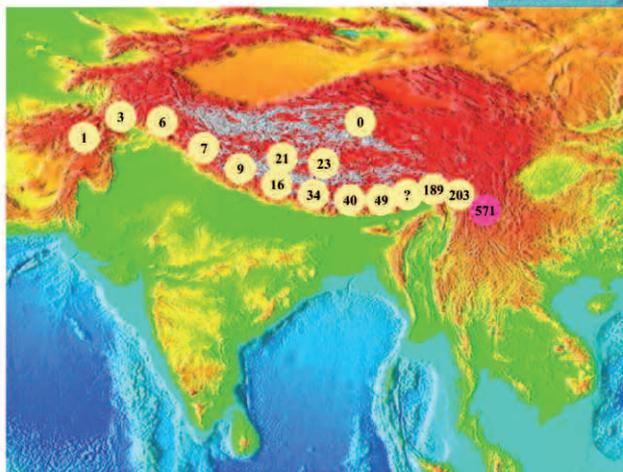
© J.F. Dobremez



Il n'est donc pas étonnant que cette région du monde soit l'un des hotspots de la biodiversité planétaire, dans lesquels animaux et végétaux sont particulièrement diversifiés et en évolution rapide.

Dans le hotspot Yunnan-Sichuan, les végétaux évoluent depuis le début de la surrection. A partir d'un ancien stock sino-japonais, de nouveaux genres et de nouvelles espèces sont apparus en grand nombre, à des vitesses variables selon les groupes. Les dernières recherches menées dans cette région, montrent que l'apparition d'un nouveau genre ne se produit qu'après 5 millions d'années, mais que les espèces peuvent apparaître après seulement quelques dizaines ou centaines de milliers d'années.

Nombre d'espèces de rhododendrons dans différents domaines biogéographiques himalayens.



A partir du stock quaternaire chinois, après la fin des glaciations, les espèces ont évolué et se sont disséminées tout au long de l'Himalaya. Cette histoire explique la très forte variation de la diversité des Rhododendrons entre le Yunnan-Sichuan (571 espèces, sur les 1 000 que compte la planète), le domaine est-tibétain (203 espèces), le domaine nord-Myanmar (189 espèces), le domaine centre-népalais (16 espèces), le domaine afghan-nord-oriental (une espèce), et le domaine du haut-plateau-tibétain (aucun rhododendron). Plus on s'éloigne du hotspot, plus le nombre d'espèces diminue ; plus la pluviosité est faible et plus le nombre de Rhododendrons se réduit.

A l'autre extrémité de la chaîne, vers la flexure de l'Indus, entre Himalaya, Karakorum et Pamir, un autre hotspot concerne d'autres genres de végétaux originaires du stock irano-turanien : *Astragalus*, *Oxytropis*, *Cousinia*...

Ainsi, partout dans le monde, la biodiversité est un héritage de l'histoire de notre planète.



Pour en savoir plus :

Dobremez J.F., Flora Himalaya database ; www.leca.univ-savoie.fr/tmp/FloHy/Flore.html

VACHES ORIENTALES ET PORCS GAULOIS

L'HISTOIRE DU BÉTAIL FRANÇAIS

La plupart de nos animaux domestiques proviennent du grand foyer de domestication proche-oriental du Néolithique. Vaches, moutons, chèvres, mais aussi chevaux, chats et chiens résultent de cette histoire. Seuls nos porcs sont principalement issus de la domestication des sangliers européens.

Les archéologues ont montré que moutons, chèvres, bœufs et porcs ont été domestiqués au Proche et au Moyen-Orient, il y a 10 à 11 000 ans (un autre foyer de domestication existe dans l'Himalaya). Le bétail français est-il issu de ce cheptel ? La génétique permet aujourd'hui de répondre à cette question, avec quelques surprises.

Les chèvres et les moutons, absents des parois de Lascaux, de Niaux ou de Chauvet, ne faisaient pas partie de la faune européenne. Ils ont été amenés du Proche-Orient par les éleveurs dès le Néolithique

Les choses étaient beaucoup moins claires pour le boeuf et le porc, qui possèdent tous deux des ancêtres sauvages potentiels en Europe, l'Auroch et le Sanglier.

Des chercheurs ont montré que les vaches ont été massivement importées du Proche-Orient. Très peu de lignées, voire aucune, sont issues de la domestication locale d'aurochs européens. L'extinction des derniers aurochs européens, au XVII^{ème} siècle, a donc entraîné la perte de leur diversité génétique, tandis que les gènes des aurochs du Proche-Orient sont encore bien vivants dans nos vaches normandes !

L'histoire du porc a commencé de la même façon, avec transfert du Moyen-Orient vers l'Europe ; en revanche, à partir du 5^{ème} millénaire avant notre ère, les paysans d'Europe centrale et d'Italie ont domestiqué des sangliers locaux. Ces lignées indigènes ont rapidement supplanté les lignées moyen-orientales initialement introduites, au point que les cochons européens actuels sont majoritairement issus de sangliers européens.

Pour en savoir plus :

- Edwards C. J., et al., 2007. Mitochondrial DNA analysis shows a near Eastern Neolithic origin for domestic cattle and no indication of domestication of European Aurochs. Proc. Roy. Soc. B., 274 : 1377-1385.
- Larson G., et al., 2007.- Ancient DNA, pig domestication, and the spread of the Neolithic into Europe. Proc. Nat. Ac. Sci. U.S.A., 104, 39: 15276-15281.



QUAND LE CROISSANT 'ÉTAIT' FERTILE...

LES PREMIÈRES PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Une grande partie des végétaux utilisés pour notre alimentation provient du Moyen-Orient où ils ont été domestiqués il y a 9 à 10 000 ans.

Le Bassin méditerranéen, notamment sa partie orientale et plus particulièrement le Croissant fertile - l'ancienne Mésopotamie située entre le Tigre et l'Euphrate, fut le plus important centre d'origine des plantes utilisées pour l'alimentation humaine. Dès 1925 le biologiste Russe N.I. Vavilov fit une étude célèbre sur l'origine et la géographie des plantes cultivées. Il fut frappé par les centaines de variétés de blé qui couvraient des milliers d'hectares. On estime, d'après ses données et les inventaires réalisés depuis, que près de 500 espèces et variétés de fruits, légumes divers, condiments et arbres fruitiers ont été domestiquées et sélectionnées dans cette région du monde, qui correspond aux actuels Irak, Iran et Arménie.

Le processus de domestication des plantes et des animaux débuta il y a 9 000 à 10 000 ans dans cette région ; il a été le déclencheur de la « révolution néolithique » qui permit, grâce à la possibilité de faire des réserves et des échanges, la sédentarisation puis l'urbanisation. Les premières sociétés agraires se sont développées en Arménie autour de villages permanents au 4^{ème} et 3^{ème} millénaires ; elles furent à l'origine d'un très fort accroissement démographique.

C'est à partir de ces régions que l'expansion des plantes et des animaux domestiqués s'est faite en direction de l'Europe. La sélection par les sociétés humaines de variétés adaptées à l'extraordinaire diversité des conditions écologiques locales s'est traduite par un enrichissement considérable de la biodiversité. On estime par exemple qu'il existe dans le Bassin Méditerranéen quelques 800 variétés d'Olivier.



© J.L. Michélot

Céréales	Légumes	Condiments	Fourrage
Blé (5 espèces)	Betterave	Persil	Trèfle
Avoine (3 espèces)	Chou	Cumin	Ajonc
Orge	Artichaut	Anis	Oseille
	Navet	Fenouil	
	Oignon	Thym	Plantes à huile
	Ail	Hysope	
	Poireau	Menthe	Lin
	Salsifis	Romarin	Moutarde
	Asperge	Sauge	Colza
	Céleri	Houblon	
	Chicorée	Laurier	
	Cresson		
	Oseille		

Exemples de la diversité des végétaux domestiqués par les premières sociétés humaines du Proche et du Moyen-Orient

UNE AUTRE DÉCOUVERTE DE COLOMB

LES ORIGINES MULTIPLES DU MAÏS EUROPÉEN

Les maïs cultivés en Europe aujourd'hui descendent de ceux rapportés par Christophe Colomb lors de ses voyages dans les Caraïbes, mais aussi de maïs nord-américains, apportés au 16^{ème} siècle par d'autres explorateurs.

Le Maïs est une céréale d'origine américaine, consommée depuis très longtemps par les populations humaines. Son introduction en Europe est due à Christophe Colomb, qui le rapporta des Caraïbes en 1493. Jusqu'à une date récente, on pensait que tous les maïs européens étaient issus de cette source, à partir des premières plantations réalisées au sud de l'Espagne.

Des recherches menées en collaboration par des généticiens et une historienne racontent une histoire plus complexe.

Les caractères génétiques de 131 maïs européens et 88 maïs américains ont été comparés. Si les maïs du sud de l'Espagne sont effectivement voisins génétiquement de ceux des Caraïbes, ceux d'Italie sont plus proches de maïs argentins et péruviens, et ceux d'Europe du nord de variétés nord-américaines. L'étude d'herbiers allemands du 16^{ème} siècle et l'analyse de récits de voyageurs montrent que les variétés de maïs d'Amérique du nord ont été rapportées en Europe très tôt, probablement par Giovanni Verazzano (1524) et Jacques Cartier (1535). Cette introduction a grandement facilité l'adaptation du Maïs au climat de l'Europe du nord.

Cette étude met en évidence la biodiversité des maïs européens ; elle pourra aider à déterminer des priorités de préservation parmi les 1 236 populations de maïs collectées et conservées en France.



Pour en savoir plus :

Volet génétique : Alain Charcosset, INRA, alain.charcosset@moulon.inra.fr

Volet historique : Monique Chastanet, CNRS, monique.chastanet@wanadoo.fr



Histoires d'écosystèmes et de paysages

Comme les espèces, les écosystèmes changent en permanence. Cette évolution peut sembler « à sens unique », comme lorsqu'une prairie est progressivement colonisée par la forêt ; elle est en réalité marquée par d'innombrables événements qui génèrent de la biodiversité.



PERTURBATIONS ET SUCCESSIONS ÉCOLOGIQUES, SOURCES DE BIODIVERSITÉ

Le philosophe grec Héraclite écrivait, au 5^{ème} siècle avant Jésus-Christ, « rien n'est statique, tout n'est que mouvement ».

Dans la nature, le « mouvement » provient de ce que les organismes naissent, vivent et meurent, modifiant parfois leur environnement comme le fait par exemple de façon brutale un grand arbre mort renversé par le vent, ou quand des perturbations diverses, ouragans, tempêtes, incendies et autres catastrophes climatiques ouvrent le milieu et le « rajeunissent », déclenchant ce que l'on appelle une succession écologique.

Dans la première moitié du 20^{ème} siècle, la théorie des successions écologiques a été popularisée par le biologiste américain F.E. Clements. La forêt, la savane ou n'importe quel type de milieu était considéré comme un système stable, en équilibre avec le climat local et les caractéristiques du milieu. Clements parlait du « climax », comme étant la phase ultime de la succession, sorte de milieu « optimal », ou super-organisme comme le dira plus tard Odum, où la diversité et la productivité biologique sont à leur apogée. La succession écologique est le processus par lequel un écosystème altéré ou détruit par une perturbation (naturelle ou artificielle) entreprend de se reconstituer pour recouvrer un état qui soit un fac-similé de son état d'origine. La théorie des perturbations a complètement remis en cause cette manière de voir l'écologie. Rompant avec cette approche déterministe du paradigme du climax, l'approche probabiliste proposée par la théorie dite des déséquilibres permanents, introduite par Pickett dans les années 1980, accorde un rôle capital aux perturbations qui, en introduisant de l'hétérogénéité dans l'environnement, sont créatrices de biodiversité sur le temps évolutif et sont régulatrices de cette biodiversité sur le temps écologique. C'est dire le rôle fondamental de ces événements dans la mise en place et le maintien de la biodiversité.

C'est ce qui explique que contrairement au langage commun, les écologues ne se réfèrent jamais à un équilibre écologique mais parlent volontiers de dynamique du vivant.

PIONNIÈRES, PEINTRES ET VOYAGEUSES

LES BACTÉRIES DES VOILES MICROBIENNES

Les surfaces nues et humides sont colonisées par des voiles bactériennes qui favorisent l'implantation des mousses puis des autres végétaux. Un botaniste et un artiste ont récolté sur des voyageurs des poussières qui, une fois mises en culture, ont montré toute la diversité de ce phénomène.

En observant un morceau de sol humide depuis quelques semaines, vous verrez apparaître des taches verdâtres, pas très appréciées lorsqu'elles couvrent une terrasse... Il s'agit de colonies d'algues unicellulaires et filamenteuses et de bactéries qui forment sur le sol une couche très fine, qualifiée de « voile microbien ».

■ LE DÉBUT DE LA VIE SUR TERRE

Le voile microbien constitue le premier stade de la dynamique de la vie sur un sol.

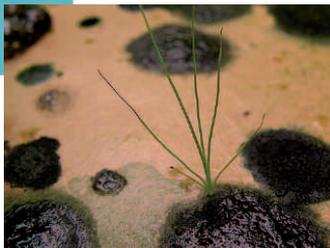
Certaines bactéries, dont les cyanobactéries, fixent l'azote atmosphérique et le transforment en azote organique qui favorisera le développement d'algues, de mousses et de plantes. L'étude de centaines de prélèvements a révélé la présence de filaments chlorophylliens (algues vertes, algues brunes, protonémas -premiers stades du développement des mousses à partir des spores) qui explorent le voile et utilisent les ions nitrates. Plus tard, les semences des premiers végétaux supérieurs peuvent germer sur ce support, initiant la succession dynamique de la végétation dont le stade ultime, en conditions favorables, est la forêt.

Ces découvertes ont débouché sur une technique brevetée de production de voiles microbiens à mousses qui facilitent la fixation et la végétalisation des sols en l'absence de terre végétale.

■ L'HABIT AUX DIVERSITÉS

Claude Figureau, responsable de cette étude scientifique fut un jour surpris de constater qu'un artiste, Gérard Hauray, reproduisait ce type de dynamique en créant de petits paysages vivants sous des cloches de verre.

La confrontation de ces deux points de vue a conduit à la mise en œuvre d'un projet original, avec comme point de départ la



question : « Quelle vie peuvent bien transporter les voyageurs sur leurs vêtements ? »

Nous véhiculons en effet sans le savoir des fragments végétaux (feuilles, pollens...) dont certains (graines en particulier) peuvent être à l'origine d'une colonisation de nouveaux espaces. Mais en fait, notre principal chargement est invisible.

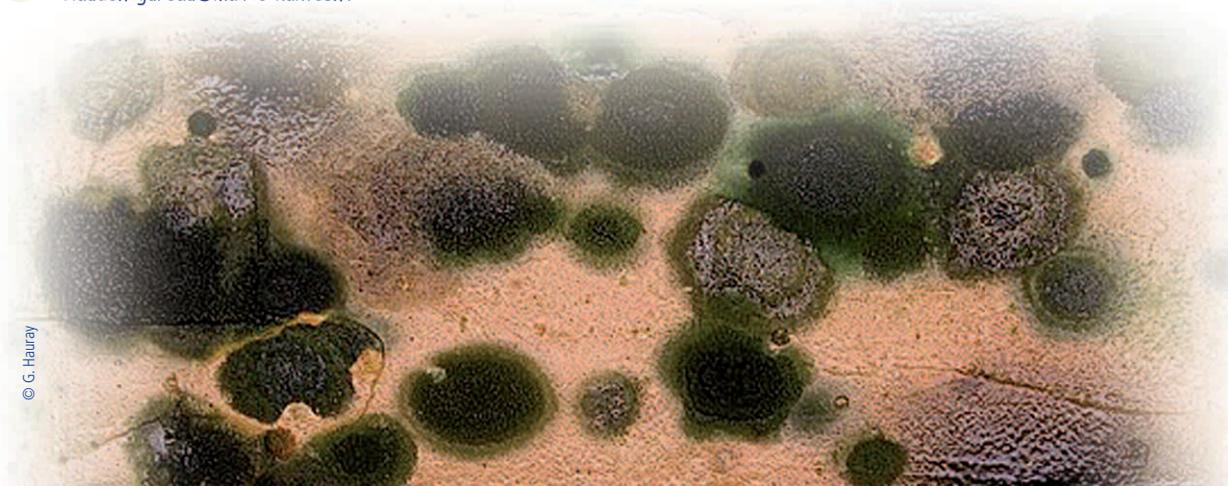
Lors d'une première expérience réalisée à Nantes, une quarantaine de personnes provenant du territoire métropolitain ou de destinations lointaines (Laos, Madagascar, etc.) ont fait l'objet de « récoltes » à l'aide de rubans adhésifs pour les vêtements et d'un brossage du dessous des chaussures. Les infimes quantités de poussières récoltées ont été mises en culture par inoculation d'un substrat argileux stérile dans des miniserres, permettant de révéler des micromondes, paysages aussi minuscules qu'imprévus. Au bout d'un mois, les milieux de culture étaient colonisés par de nombreuses cyanobactéries - en moyenne 11 à 12 souches différentes par personne, dont des souches tropicales non identifiées à ce jour. En revanche, seules quelques graines de plantes à fleurs furent récoltées et germèrent sur les supports de culture.

Cette opération nous révèle un monde invisible, pourtant important écologiquement. Elle montre que bien des questions restent en suspens sur les voiles microbiens eux-mêmes, leur composition et leur répartition, comme sur les conséquences des transferts biologiques dus aux déplacements humains.



Pour en savoir plus :

Claude.figureau@mairie-nantes.fr



L'île de Surtsey, au sud de l'Islande, est apparue en 1963, lors d'une éruption volcanique. Ce dépôt de cendres et de lave a été progressivement colonisé par des plantes et des animaux venus par voie aquatique ou aérienne. L'île abrite aujourd'hui des dizaines d'espèces de plantes, mousses, oiseaux, insectes... Parmi les mécanismes observés, on note que la présence des colonies d'oiseaux de mer facilite l'implantation de la végétation.

EXPLOSION DE VIE EN ISLANDE

LA COLONISATION DE L'ÎLE DE SURTSEY

Au sud-est de l'Islande, une éruption volcanique, entre 1963 et 1967, fit émerger une île, baptisée Surtsey, étendue sur 2 700 hectares et haute de 174 mètres.

Dès 1965, les autorités désignèrent l'île comme réserve naturelle et restreignirent son accès aux scientifiques chargés d'étudier la colonisation par la vie de cet îlot de laves et de cendres, situé à une vingtaine de kilomètres de l'île de Vestman et à une cinquantaine de l'Islande.

La science ne retiendra pas que les premiers colonisateurs de l'île furent... trois journalistes de Paris Match qui débarquèrent le 6 décembre 1963 ; il est vrai que leur implantation ne fut guère durable, puisqu'ils furent chassés au bout de 15 minutes par de violentes explosions !

Plus sérieusement, le premier insecte volant fut observé en 1964 (un petit moucheron), sans doute apporté par le vent.

La première plante vasculaire, le *Cakile arctica*, se développa sur l'île en 1965. Sur un total de 60 plantes inventoriées depuis l'origine, la plupart se sont maintenues : 51 y vivaient en 2005, à comparer avec les 150 espèces de Vestman, très ancienne et plus grande. Les plus communes sont *Honckenya peploides*, *Sagina procumbens*, *Cerastium alpinum*, *Poa annua* et *Elymus arenarius*.

Les lichens, décelés sur l'île seulement en 1970, sont maintenant au nombre de 71 ; les champignons comptent 24 espèces. Les mousses (75 espèces en 2003) ont particulièrement réussi dans cet environnement puisque, apparues en 1967, elles ont recouvert rapidement plus de la moitié de la surface de l'île.

Pour leur part, les oiseaux colonisèrent rapidement Surtsey. Fulmars et guillemots nichèrent dès 1970. Depuis, l'île est devenue un site de reproduction pour 13 espèces, parmi lesquelles les



espèces marines dominant largement, avec d'importantes colonies de fulmars (400 couples), goélands bruns et mouettes tridactyles (130 couples). Les espèces terrestres ne sont représentées que par quelques couples de bergeronnettes grises, pipits farlouses et bruants des neiges. 89 espèces d'oiseaux ont été observées sur l'île, qui est située sur l'axe des migrations de l'Islande aux îles britanniques.

Il existe un lien fort entre les plantes et les oiseaux. Après une première vague de colonisation des rives par des plantes venues de la mer, la flore de l'île connut une stabilisation, entre 1975 et 1985 ; le développement des colonies d'oiseaux de mer permit une deuxième vague de colonisation, liée au transport de graines sur les pattes des oiseaux et à l'apport de matières nutritives par les fientes. Ainsi, un site occupé par une colonie d'oiseaux est totalement couvert de végétation, alors qu'un site similaire sans oiseau reste encore un quasi-désert végétal.

Progressivement, l'île est colonisée par des espèces animales purement terrestres, apportées par les oiseaux, le vent ou la mer. Les scientifiques dénombèrent ainsi 663 invertébrés sur une motte d'herbe échouée sur la rive. Le premier ver de terre fut découvert en 1993, la première limace en 1998 ; des araignées et des insectes terrestres sont également présents aujourd'hui.

L'histoire se poursuit et de nouvelles espèces s'implantent chaque année. L'île est érodée par le vent et les vagues (sa surface est déjà passée de 2 700 à 1 400 ha), mais le phénomène semble stabilisé, garantissant à cette jeune île quelques siècles pour se diversifier encore.

 Pour en savoir plus :
Dossier de présentation de Surtsey au patrimoine mondial de l'humanité, 2007



VIVRE SUR UNE ÎLE COMMENT GÉRER LE CONFINEMENT SPATIAL ?

La faune des îles présente de nombreuses particularités qui résultent de l'adaptation des espèces à un environnement limité spatialement mais soumis à des pressions moindres que sur le continent.

Analyser la faune des îles revient à visiter un incroyable cabinet de curiosités : éléphants nains, souris et tortues géantes, oiseaux incapables de voler, animaux ne montrant aucune crainte vis-à-vis des humains... D'où vient cette originalité ?

En milieu continental, les espèces sont immergées dans un "théâtre spatial" dynamique, complexe, variable et soumis à de multiples pressions : prédation, compétition, invasions, perturbations et incertitudes diverses (parasites, pathogènes, événements extrêmes). La réponse à l'hétérogénéité de l'environnement est un élargissement de l'« empreinte spatiale » ; autrement dit, les espèces peuvent survivre à ces pressions en occupant de vastes espaces où elles trouvent en tout temps des conditions qui leur conviennent.

Sur une île, la situation est bien différente. Les pressions sont moins nombreuses que sur le continent : on y trouve par exemple moins de prédateurs et de concurrents. En revanche, l'espace y est limité, ce qui réduit la taille des populations et augmente le risque d'extinction.

La sélection naturelle a conduit à des adaptations permettant aux espèces de survivre dans ce contexte. Il est possible d'esquisser un portrait robot de l'habitant des îles : un animal de taille moyenne, sans agressivité, sédentaire, à l'espérance de vie élevée mais à la faible fertilité... (cf. tableau).

Les espèces des îles se sont étroitement adaptées aux singularités d'un espace confiné. Elles sont peu menacées d'extinction tant que leurs rapports à l'espace ne sont pas modifiés. En revanche, dès que l'isolement est rompu, l'équilibre s'écroule ; les espèces en place ne résistent pas à la prédation ou à la concurrence des nouvelles venues et des humains.

Les extinctions en chaîne transforment alors les îles en « mouroirs » dont on connaît, hélas, de trop nombreux exemples.





CARACTÈRES DES ESPÈCES INSULAIRES PAR RAPPORT AUX ESPÈCES CONTINENTALES

TRAITS	TENDANCES CHEZ LES ESPÈCES INSULAIRES
Dispersion	Beaucoup plus faible, tendance à la sédentarité, à la philopatrie (retour des jeunes sur leur site de naissance) et à la fidélité aux sites de reproduction
Morphologie	Prime à la sédentarité se traduisant par la perte des structures de dispersion (insectes aptères, oiseaux ne volant plus) Tendance à l'uniformisation par le gigantisme des petits (tortues et rongeurs géants) et le nanisme des grands (éléphants nains), ces modifications étant des réponses adaptatives à l'offre limitée en ressources alimentaires
Exploitation des ressources	Élargissement des niches par une sélection plus souple des habitats et une gamme considérablement élargie des ressources alimentaires exploitées par davantage d'individus au sein des populations
Démographie	Populations plus denses et plus abondantes grâce à l'élargissement du spectre d'habitats et la diminution des tailles. Démographie ralentie (fécondité diminuée, survie élevée), donc temps de génération allongé au sein de populations saturant l'espace et soumises à une forte compétition intraspécifique
Comportement	Baisse d'agressivité et de moyens de défense par suite d'une réduction du nombre de compétiteurs et de prédateurs. Diminution de la territorialité permettant le partage de l'espace entre davantage d'individus qui se connaissent (effets de voisinage)

HISTOIRE D'UNE POIGNÉE DE TERRE

LE RÉSULTAT DU TRAVAIL DE MILLIARDS D'ORGANISMES

La terre des sols de nos cultures ou de nos forêts résulte de milliers d'années d'évolution. Elle se constitue à partir de la roche, par l'action du climat et surtout d'organismes vivants microscopiques (bactéries...) ou visibles (lombrics...). Il s'agit d'un véritable patrimoine qu'il convient de préserver pour les générations futures.

Un peu de terre, quoi de plus banal, mais quoi de plus utile ? Un sol est un concentré de biodiversité ; on estime qu'un seul gramme de terre abrite un milliard d'organismes unicellulaires (bactéries principalement) et plusieurs millions d'organismes pluricellulaires, représentant au total plusieurs milliers d'espèces ! Toute l'agriculture dépend étroitement de la fertilité de ce support. Mais d'où nous vient ce sol généreux ?

Au commencement est la matière minérale, roche ou sédiments ; ce substrat, lorsqu'il est découvert, par exemple par l'érosion, est nu, dur, incultivable...mais dégradable ! Ses premières transformations résultent de l'action du climat : le gel, la chaleur, l'eau et l'oxygène interagissent avec certains éléments de la roche pour la transformer et la dégrader, donnant naissance entre autres aux argiles. Les végétaux exercent une action physique et chimique sur la roche, par les racines qui se glissent dans le moindre interstice et par leurs sécrétions qui dégradent les minéraux. Lentement, la roche se disloque et se transforme. Les produits de dégradation minérale se mêlent aux produits de dégradation végétale pour former un sol, mélange de minéraux et de matière organique.

Ce sol ne cesse ensuite d'évoluer sous l'influence des végétaux de plus en plus grands qu'il peut porter. L'évolution des sols dépend du climat local, de la nature du substrat et des végétaux qu'ils portent. Rien de commun entre les sols d'une forêt d'épicéas sur un granite et d'une forêt de hêtres sur un sédiment calcaire.

Les micro-organismes, les champignons et les animaux jouent dans les sols un rôle considérable de transformations physico-chimiques. Les animaux assurent le broyage initial de la nécromasse (l'ensemble des fragments d'organismes morts qui tombent à la surface du sol comme des branches ou des feuilles



« Ce mélange émouvant du passé
des trois règnes, tout traversé,
tout infiltré, tout cheminé d'ailleurs de leurs germes et racines,
de leurs présences vivantes :
c'est la terre. »

Francis Ponge - Le grand Recueil

mortes). Les vers de terre assurent à leur tour le transport de débris dans les couches les plus profondes du sol, garantissent aussi la circulation de l'oxygène qui permettra une intense vie microbienne jusque dans ses horizons profonds.

La fertilité du sol résulte de l'accumulation durable de matière organique sous la forme de molécules complexes qui constituent l'humus. Il a fallu des milliers d'années pour élaborer ce milieu dont le rôle est exceptionnel : c'est un réservoir de nutriments pour les plantes ; sa structure et son fonctionnement assurent une extraordinaire stabilité aux écosystèmes forestiers.

Mis à nu par l'Homme pour exploiter sa fertilité, le sol devient fragile, exposé à l'érosion de l'eau et du vent. Sa fertilité ne peut alors se maintenir qu'au prix de soins particuliers comme l'amendement et la fumure organique ou minérale.

Le sol est un héritage, un patrimoine commun, que l'Homme peut faire fructifier ou dilapider très rapidement.

Dans une empreinte de pas sur un sol forestier, il y a...

2 à 3 millions d'animaux unicellulaires

2 à 5 000 micro arthropodes (collemboles, acariens)

20 000 vers, nématodes

1 mollusque

6 vers de terre

1 araignée

larves d'insectes

1 cloporte

DES MILLIONS D'ANNÉES DE CHANTIER

L'ÉDIFICATION DES RÉCIFS CORALLIENS

Les coraux ont non seulement colonisé certains espaces marins, mais ils ont véritablement construit des écosystèmes gigantesques que constituent les récifs. Des dizaines de milliers d'espèces sont totalement dépendantes de cet habitat.

D Planète bleue : telle est la Terre vue de l'espace, avec 71% de sa surface couverte par de l'eau salée. Dans cette immensité, les récifs coralliens n'occupent qu'une toute petite surface, à peine à 0,16 % de la surface totale des océans ; pourtant, ils abritent au moins 30 % de toute la faune marine connue à ce jour. Porter et Tougas avancent le chiffre de 93 000 espèces dans les récifs, sur un total de 274 000 espèces marines connues. Ces espèces appartiennent à 32 des 34 embranchements animaux existant ; pour comparaison, la forêt tropicale humide héberge 9 embranchements animaux !

Pourquoi une aussi grande diversité dans un aussi petit espace, d'autant que la caractéristique des eaux tropicales est l'absence de matière organique dissoute ? Ce paradoxe s'explique par l'association d'un animal, le corail (un Cnidaire), et d'une micro-algue, la Zooxanthelle, que celui-ci héberge dans ses tissus, à l'intérieur même de ses cellules. La Zooxanthelle, comme toute algue, produit par la photosynthèse des sucres qui nourrissent son hôte corail. En échange, celui-ci fournit à l'algue tout ce qui lui faut pour prospérer, en particulier des composés azotés. Ainsi, les deux partenaires ont-ils mis en place avant l'heure un développement durable parfait, en recyclant au sein de leur association l'ensemble de leurs produits organiques ; on appelle cette relation une symbiose, c'est-à-dire une association à bénéfices réciproques.

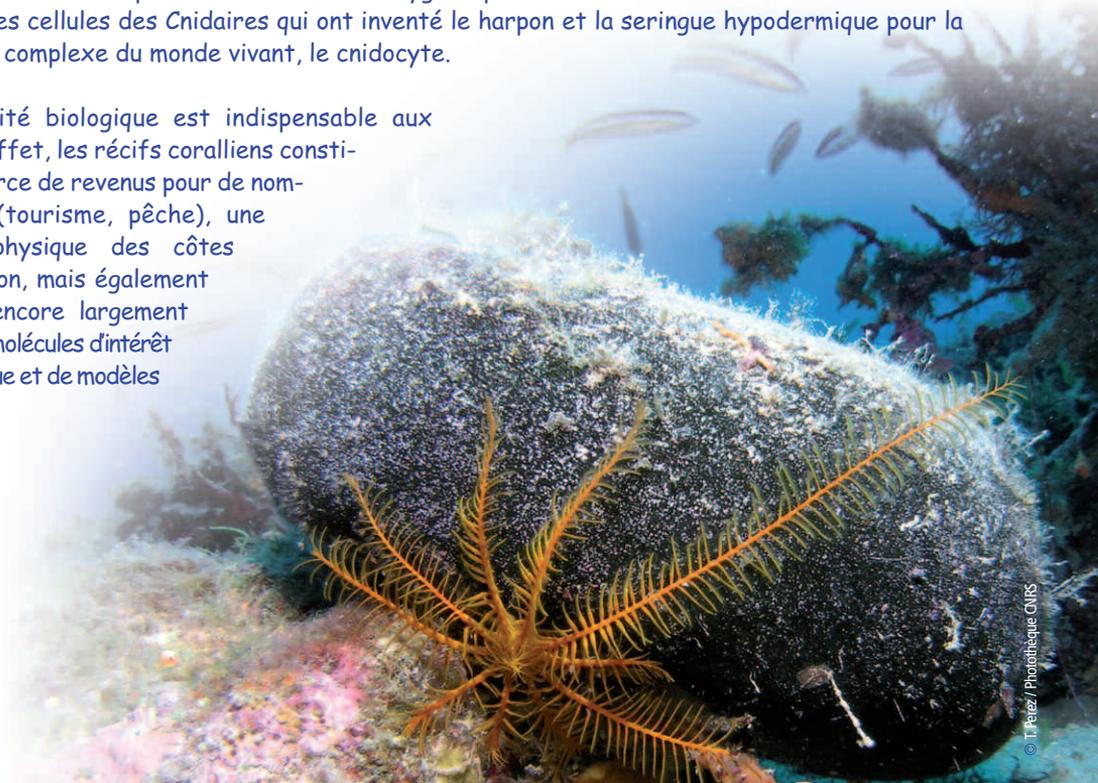
À une échelle supérieure, d'autres associations vont se mettre en place, et les produits organiques secrétés par le Corail au sein du récif vont servir à nourrir d'autres organismes, y compris les poissons, l'ensemble de ce petit monde vivant en vase clos par rapport au reste de l'océan.



Ce petit monde est protégé par une véritable forteresse : le récif corallien. Constitué à partir du squelette du Corail, accumulé couche après couche sur des millions d'années, les récifs sont formés de carbonate de calcium (calcaire) et peuvent atteindre des épaisseurs de près de 1 300 m et des longueurs de 2 000 km.

Si la biodiversité est évidente à l'échelle de l'écosystème corallien, elle est aussi importante à l'échelle du corail lui-même, par la multiplicité des adaptations mises en place par cette association symbiotique. Peut-on imaginer un animal absorbant et concentrant le gaz carbonique au lieu de le rejeter ? Peut-on imaginer un animal absorbant les déchets azotés que l'on rejette normalement ? Peut-on imaginer un animal tolérer une atmosphère contenant de l'oxygène pur ? La biodiversité se niche même dans l'originalité des cellules des Cnidaires qui ont inventé le harpon et la seringue hypodermique pour la cellule la plus complexe du monde vivant, le cnidocyte.

Cette diversité biologique est indispensable aux hommes. En effet, les récifs coralliens constituent une source de revenus pour de nombreux pays (tourisme, pêche), une protection physique des côtes contre l'érosion, mais également une source encore largement inexplorée de molécules d'intérêt pharmacologique et de modèles biologiques.



LES RISQUES DE LA TRANQUILLITÉ

PERTURBATIONS ET BIODIVERSITÉ FORESTIÈRE

Les grands massifs forestiers sont composés de parcelles où la végétation est plus ou moins âgée. Cette diversité permet l'existence de très nombreuses espèces, liées à des milieux variés.

Le moteur de ce mécanisme repose sur les perturbations (tempêtes, coupes de bois...) qui rajeunissent régulièrement certaines surfaces.

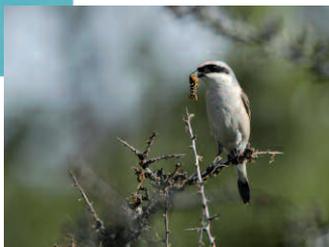
Que faut-il pour que la totalité des espèces de plantes et d'animaux légués par l'histoire perdurent à l'échelle d'un vaste paysage comme la forêt de Fontainebleau ? Que la diversité des milieux qui structurent ce paysage soit garantie.

Comment cette diversité des milieux est-elle garantie ? Par les perturbations (tempêtes par exemple) qui entretiennent l'hétérogénéité des habitats et sont le moteur de leur dynamique.

Imaginons une vaste forêt située dans des conditions homogènes de sol et de climat. L'ensemble du massif compte une centaine d'espèces d'oiseaux. Il y a bien sûr des espèces des boisements anciens, comme les pics et les mésanges, mais l'on y trouve aussi des oiseaux des milieux ouverts (clairières et lisières), comme les bruants et les pies-grièches, ceux des milieux buissonnants comme les fauvettes et les accenteurs, ceux des milieux boisés plus élevés, taillis ou perchis, comme les grives et les loriot.

Si la forêt était de type « cathédrale » (grands arbres au-dessus d'un sous-bois très pauvre) homogène partout, où seraient les bruants, fauvettes et grives ? Ces oiseaux n'existent à l'échelle du massif forestier que parce que les perturbations ouvrent périodiquement des clairières pouvant être colonisées par des espèces adaptées aux milieux ouverts.

La forêt est donc une mosaïque de milieux présentant différents degrés de cicatrisation de la dernière perturbation. On parle de « mosaïque tournante » pour illustrer la dynamique du processus. L'exploitation des forêts peut constituer un succédané de perturbation naturelle. Les parcelles qui ont été coupées suivent une dynamique semblable à celle qui suit une tempête, la vieille forêt retrouvant sa structure initiale au bout de 300 ans environ.



© M. Cambroy

La Pie-grièche écorcheur ne peut vivre dans les régions forestières qu'à la faveur de lisières et de vastes clairières

Chaque région est caractérisée par un régime particulier de perturbations naturelles, caractérisé par la nature (inondations, incendies, ouragans...) et la fréquence des perturbations. Ces caractères jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des communautés vivantes.

Le changement du régime des perturbations peut avoir des conséquences très négatives pour la biodiversité. Un arrêt des perturbations permettra à toutes les clairières de se boiser, sans que de nouvelles ne soient créées ; les espèces des milieux ouverts disparaîtront. A l'opposé, si la fréquence des perturbations augmente, par exemple par une intensification des coupes forestières, les espèces des vieilles forêts disparaîtront.



UN SEUL HÊTRE S'EFFONDRE ET TOUT EST REPEUPLÉ

LE RÔLE DES CHABLIS DANS LA DYNAMIQUE FORESTIÈRE

Lorsqu'un ou plusieurs arbres s'effondrent en forêt, la clairière ainsi créée constitue un milieu nouveau, accueillant des espèces absentes sous les arbres. Le phénomène des chablis est donc favorable à la biodiversité des boisements.

La chute d'un arbre mort crée une trouée dans la forêt ; cette perturbation entraîne un bouleversement local des communautés vivantes. Les mécanismes en jeu peuvent être décrits à partir d'études menées dans la forêt tropicale de Guyane.

Sur le lieu de chute du houppier (ensemble des branches et des feuilles), les plantules et arbustes en place sont brisés et éliminés par l'accumulation de branchages et de débris organiques, qui empêchent par ailleurs toute régénération à court terme. Ni les graines contenues dans le sol, ni celles venues de l'extérieur ne pourront germer ni se maintenir, les unes étant trop profondément enfouies, les autres trop loin du sol et soumises à un effet de dessiccation trop important lors des saisons sèches.

En revanche, la zone qui était autrefois située à l'ombre du houppier devient une clairière ouverte et dégagée. Les plantes situées en bordure de cette ouverture pourront profiter de l'espace et de l'ensoleillement.

Quand le sol est mis à nu, notamment quand des arbres ont été déracinés, d'autres espèces peuvent bénéficier de cet afflux de lumière ; ce sont notamment des espèces pionnières à petites graines. Ces graines en dormance dans le sol vont pouvoir germer dans des conditions favorables.

La butte de terre soulevée avec les racines d'un arbre tombé peut présenter des atouts pour les espèces qui y poussent et se retrouvent largement au dessus des autres ; elles bénéficient ainsi d'un avantage considérable dans la compétition pour la lumière.

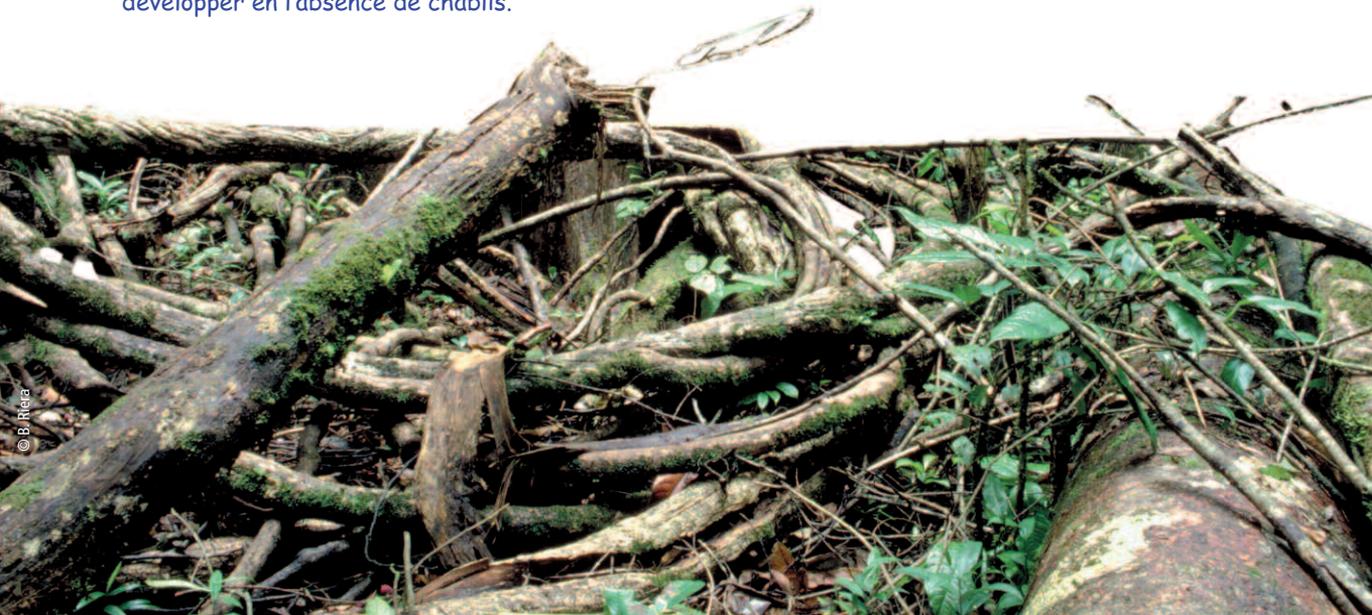


Les chablis concernent souvent plusieurs arbres, ce qui accentue fortement les phénomènes, la clairière devenant un milieu bien différent du sous-bois voisin.

L'ouverture de la voûte forestière s'accompagne d'une modification des conditions microclimatiques. Ainsi, en forêt guyanaise, le rayonnement lumineux incident compris entre 1 et 5 % avant l'ouverture passe à 5-13 % dans le cas d'un chablis de taille moyenne (300 m²) et à 25 % ou plus pour des grands chablis (1 000 m²). Ces modifications s'accompagnent aussi d'une augmentation de l'amplitude thermique journalière qui passe de 2°C à plus de 8°C dans le centre des chablis moyens.

L'humidité relative varie également de manière importante en certains endroits du chablis et peut atteindre des valeurs de 60 %, alors que les valeurs sont généralement supérieures à 80 %. Cela se traduit par le dessèchement d'espèces qui ne sont pas aptes à supporter ces conditions, tandis que la croissance d'autres espèces est plus ou moins favorisée suivant leur capacité à s'adapter.

Tous ces mécanismes permettent la reconstitution d'une voûte forestière cicatrisée ; les mécanismes de succession écologique permettent de maintenir des espèces pionnières qui ne pourraient se développer en l'absence de chablis.



TEMPÊTE SUR LA MANGROVE

EFFET DES OURAGANS SUR LA BIODIVERSITÉ FORESTIÈRE

Les forêts tropicales résistent d'autant mieux aux ouragans qu'elles sont diversifiées.



mangrove

© J.L. Michelot

Dans les Caraïbes, les ouragans participent à la biodiversité régionale. Des simulations menées sur la forêt de Porto Rico ont conclu que la moitié des espèces d'arbres disparaîtrait en cinq siècles en l'absence d'ouragans.

La résistance des boisements à cette perturbation est d'autant plus forte que la diversité de l'écosystème est élevée ; la mangrove, moins diversifiée, résiste moins bien que d'autres boisements. Le phénomène de mortalité retardée observé dans ces forêts constitue une forme particulière de résistance aux cataclysmes. L'augmentation de la fréquence des ouragans, du fait du changement global, pourrait en revanche entraîner la disparition de certaines espèces liées aux boisements anciens.



Pour en savoir plus :

- Imbert D., Rousteau A., Labbé P., 1998. Ouragans et diversité biologique dans les forêts tropicales. L'exemple de la Guadeloupe. Acta Oecologica, 19(3), 251-262. Elsevier, Paris.

UN PAPILLON AGRESSÉ

LE PORTE-QUEUE DE SCHAUS



Le Porte-queue de Schaus (*Heraclides aristodemus ponceanus*), l'un des plus beaux papillons américains, a disparu à l'état sauvage après le passage de l'ouragan Andrew, qui, en août 1992, a détruit ses cinq derniers refuges. Seule une population captive préserve cet insecte de la disparition complète.

Dans ce cas, l'ouragan a été la « goutte d'eau qui a fait déborder le vase ». Autrefois commun au sud de la Floride, il a considérablement souffert du déboisement et des traitements chimiques épanchés sur les zones humides pour lutter contre les moustiques. Le Porte-queue n'a pas pu résister à Andrew parce qu'il était devenu très rare ; dans une situation normale, l'ouragan aurait épargné certains noyaux de populations qui auraient servi de base à la recolonisation de nouveaux territoires.



© T. C. Emmel / Univ. de Floride

LA VIE DES LONGS FLEUVES PEU TRANQUILLES

DYNAMIQUE FLUVIALE ET BIODIVERSITÉ

« Le fleuve, c'est du temps qui s'inscrit dans l'espace ». Cette belle formule du Pr J. Bethemont illustre bien la notion de « dynamique fluviale » : dans les vallées alluviales, les crues régénèrent toute une mosaïque d'habitats interconnectés et entretiennent une diversité biologique remarquable.



© J.G. Wasson

Le Rio Mamoré près de Trinidad (Bolivie)

Les cours d'eau qui descendent des grands massifs montagneux possèdent une formidable énergie qui leur permet de créer et de faire vivre des systèmes écologiques exceptionnels. Ces milieux sont façonnés par les crues qui déplacent le chenal en érodant les berges, déposent des îles, ouvrent de nouveaux bras...

Cette dynamique explique la juxtaposition dans la plaine de toutes sortes d'habitats aquatiques : chenal principal, bras secondaires, bras morts plus ou moins connectés au fleuve... Chacun possède un régime de perturbation particulier : le chenal subit toutes les variations du débit du fleuve ; certains bras sont remis en eau par les crues moyennes...

Sous toutes les latitudes, cette diversité génère et entretient une très forte biodiversité. Ainsi, la variété des habitats aquatiques permet la coexistence de nombreuses espèces de poissons d'eaux vives et d'eaux calmes, qui trouvent des sites d'alimentation, des frayères, mais aussi des refuges lors des épisodes de crues. De même, lors des étiages, les poissons peuvent se réfugier dans les zones profondes alimentées par les eaux plus fraîches de la nappe phréatique.

Le remaniement des berges par les crues favorise l'installation d'une végétation pionnière exubérante (peupliers, saules...), tandis que les zones plus stables évoluent jusqu'à la forêt à bois dur (chênes, frênes...). De très nombreuses espèces végétales trouvent des milieux favorables dans les plaines alluviales. Celle de l'Adour héberge près de 1 400 espèces de plantes, soit 30% de la flore de France. La faune bénéficie également de cette variété de conditions écologiques, tels les hérons qui nichent en forêt et pêchent au bord des eaux.

Les aménagements lourds des rivières, en bloquant la dynamique fluviale, provoquent l'effondrement de la biodiversité. Il est donc urgent de conserver et de restaurer ces perturbations positives.



Pour en savoir plus :

- CSPNB, 2008 : L'arbre, la rivière et l'homme. MEDAD/D4E, 64p.
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/01-66.pdf>
- Amoros C., Petts G.E., 1993. Hydrosystèmes fluviaux. Masson ed., Paris, 300p.



L'ÉTANG CHANGE

LORSQUE L'ASSEC NE RIME PAS AVEC LA MORT DES ZONES HUMIDES

En Dombes, plus de mille étangs sont gérés par alternance d'années de mise en eau (évolage) et d'assec. Ce système traditionnel permet de garantir une bonne production de poissons, de gibier et de céréales lors des assecs ; il explique également la grande diversité de la faune et de la flore sauvages de cette région.

Vers la fin du Moyen-Âge, des moines agronomes se livrent à des expériences singulières sur le plateau de la Dombes, au nord de Lyon. Le sol ingrat y est composé de limons et d'argiles qui se solidifient comme un béton par temps sec et se liquéfient en glèbe visqueuse par temps pluvieux, rendant le travail de la terre pénible pour des rendements très faibles. Les moines décident alors d'exploiter ces défauts : le sol imperméable et l'imperceptible vallonement du pays permettent de créer, à l'aide de simples levées, des étangs permettant d'élever des poissons. L'étang dombiste est né ; il n'atteindra sa pleine maturité qu'à la lumière de multiples expériences qui établiront les bases de sa gestion.

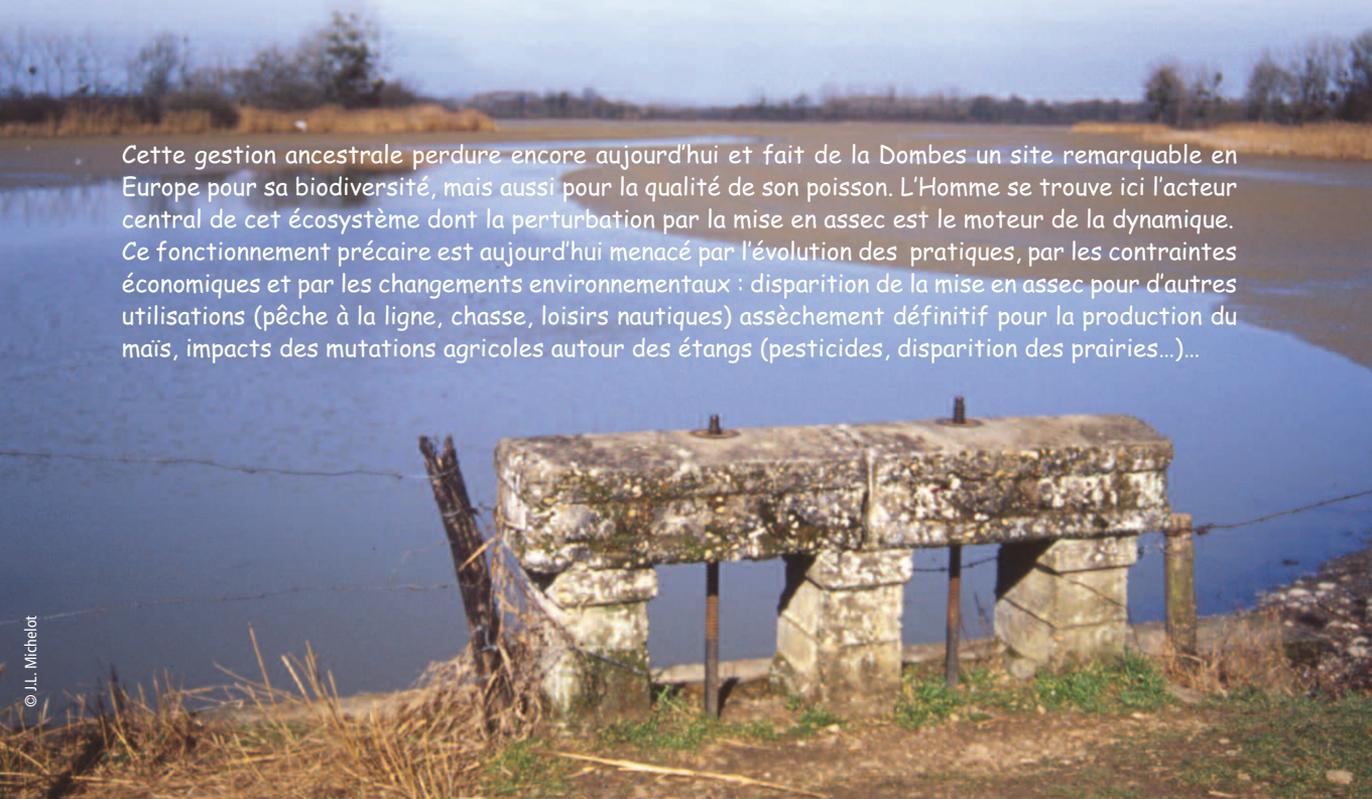
La topographie explique que ces étangs sont peu profonds, 70 centimètres en moyenne. La lumière et la chaleur pénètrent donc bien toute la couche d'eau, ce qui assure une bonne productivité végétale. Une grande diversité d'organismes vivants, apportés par les vents, les insectes ou les oiseaux se développe dans le plan d'eau. Des chaînes alimentaires complexes se constituent : bactéries, virus, planctons végétal et animal, plantes aquatiques, algues, insectes, vers et autres décomposeurs... Les poissons profitent de ce foisonnement : les carpes filtrent l'eau pour son plancton ou fouillent la vase pour ses vers ; les gardons et les rotengles broutent les végétaux ; les perches chassent les insectes ; les tanches cherchent les mollusques. Les brochets se nourrissent à leur tour de tous ces poissons. D'autres animaux profitent de cette grande productivité biologique : grenouilles, couleuvres, putois, oiseaux...

Ces chaînes alimentaires aboutissent enfin à l'Homme, qui pêche les poissons au creux de l'hiver en vidant l'étang de son eau, chasse les canards et fait paître bétail et chevaux sur la végétation luxuriante des hauts-fonds.



Les premiers pisciculteurs découvrent cependant que la productivité de l'étang décroît d'année en année, tandis que s'accumule une vase noire et putride. On essaie alors d'assécher temporairement l'étang, en le labourant pour incorporer la vase au sol et cultiver l'avoine. Après un an d'assec, l'étang est remis en eau. La méthode s'avère très efficace : la productivité atteint à nouveau de hauts niveaux. Beaucoup d'organismes sont en effet restés vivants dans le sol sous des formes de résistance, reconstituant immédiatement de riches communautés biologiques dès le retour de l'eau.

Cette gestion ancestrale perdure encore aujourd'hui et fait de la Dombes un site remarquable en Europe pour sa biodiversité, mais aussi pour la qualité de son poisson. L'Homme se trouve ici l'acteur central de cet écosystème dont la perturbation par la mise en assec est le moteur de la dynamique. Ce fonctionnement précaire est aujourd'hui menacé par l'évolution des pratiques, par les contraintes économiques et par les changements environnementaux : disparition de la mise en assec pour d'autres utilisations (pêche à la ligne, chasse, loisirs nautiques) assèchement définitif pour la production du maïs, impacts des mutations agricoles autour des étangs (pesticides, disparition des prairies...)...



Dans certaines régions d'Afrique du sud, d'Australie ou de Californie, la diversité végétale est liée à la perturbation régulière que constituent les incendies.

FLAMMES DE LA VIE

DES PLANTES ET DES ÉCOSYSTÈMES QUI ONT BESOIN DU FEU

Le fynbos est un paysage très particulier de la Province du Cap en Afrique du Sud, dominé par des genres de plantes riches en espèces endémiques et « aimant le feu ». On observe la même chose dans le chaparral californien et en Australie, sans parler de flores des forêts arbustives méditerranéennes du Sud de l'Europe. Ces taux élevés de spéciation ont été attribués par les chercheurs à l'adaptation au feu.

Dans le fynbos du Cap, 52% des espèces ligneuses germent à nouveau après le feu. Dans le matorral chilien, forêt arbustive similaire dans ses grandes lignes au maquis méditerranéen, la totalité des espèces ligneuses regerme.

Le feu est même nécessaire à la régénération d'une partie des espèces végétales du Cap, telles que les Protéacées. Le feu provoque la libération des graines contenues dans des cônes fermés et permet leur germination, soit en faisant craquer leur enveloppe, soit par le biais de stimulants chimiques présents dans la fumée. Cette dépendance est telle que certaines graines de plantes cultivées sont vendues avec un peu de « poussière de feu » pour permettre leur germination !

En Afrique du Sud, les parcelles de fynbos qui étaient entourées par des forêts non inflammables depuis les dernières glaciations comptent de 40 à 80% d'espèces en moins que les parcelles entourées d'une végétation brûlant régulièrement.

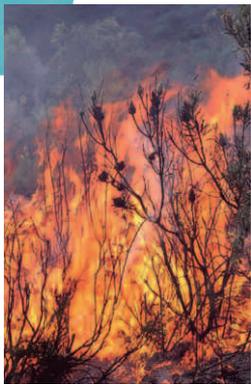
Le même mécanisme existe pour les Séquoias de Californie, dont les graines ont besoin d'un choc thermique pour germer. Dans les parcs nationaux de cette région, on organise des incendies contrôlés pour assurer la régénération de ces forêts.



Pour en savoir plus :

Bond W.J., 2007. Des feux, des tempêtes, des chèvres des hommes. Les Dossiers de la Recherche, 28 : 76-80.

*« On a vu souvent des terres brûlées donner plus de blé qu'un meilleur avril »
Jacques Brel*



L'INCENDIE DU NÉRON LES CONSÉQUENCES D'UN FEU DE FORÊT SUR LA FLORE

L'incendie du Néron, en Chartreuse, a entraîné une augmentation de la biodiversité végétale grâce à l'ouverture des denses formations de chênes et buis qui couvraient cette petite montagne.

Aux portes de Grenoble, le dernier maillon méridional de la Chartreuse est un petit massif calcaire inaccessible. Du fait de la couleur sombre de sa dense couverture de buis, les romains lui donnèrent le nom de Noir, qui deviendra Néron en italo-provençal.

Le paysage n'évolua pas pendant des siècles, et peut être même des millénaires... jusqu'à ce qu'un barbecue ne déclenche un grand incendie en 2003, au cours d'un été marqué par la sécheresse et la canicule.

Inaccessible par voie terrestre, l'incendie ne put être que contenu pour épargner des zones habitées. La montagne brûla pendant des jours, tandis que le feu était entretenu par la masse de bois mort et l'humus accumulés. Après le passage du feu, le noir du buis a cédé la place au blanc de la montagne : le calcaire urgonien est à nu.

Quatre ans après l'incendie, le Parc Naturel Régional de Chartreuse demanda au Conservatoire Botanique National Alpin d'analyser les effets de l'incendie sur la biodiversité végétale.

Quelques parcelles de végétation originelle ont échappé aux flammes ; cette formation dense de buis et de chênes pubescents compte 15 espèces de végétaux supérieurs. Les zones incendiées ont été colonisées par des pelouses pionnières et des landes à Coronille arbrisseau qui comptent plus de 30 espèces, dont certaines sont habituellement rares : Campanule en carillon, Gaillet glauque...

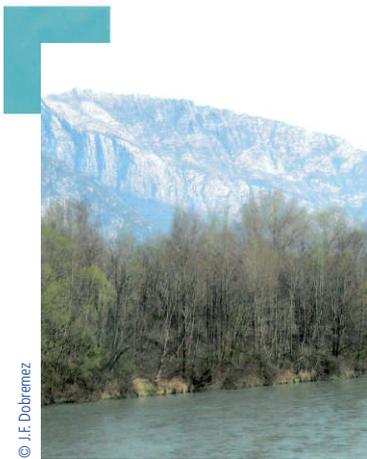
La végétation se reconstituera, très lentement, si le climat ne change pas.

Le Néron, comme bien des milieux stables depuis des siècles, était pauvre en espèces parce que dominé par quelques espèces monopolistes. Le feu lui a donné une nouvelle jeunesse.



Pour en savoir plus :

<http://www.tela-botanica.org/actu/IMG/Mailtoutesfleursn4.pdf>



UNE NATURE CULTIVÉE

LES STEPPES DES GRANDS CAUSSES

L'agriculture extensive constitue une forme de perturbation permettant l'expression d'une biodiversité riche et originale. Son arrêt peut entraîner la disparition de paysages remarquables, tels les « steppes » des grands Causses.

Les Grands Causses, plateaux calcaires du sud du Massif Central, sont célèbres pour leurs vastes paysages de pelouses. De nombreuses espèces animales et végétales sont inféodées à ces milieux ; certaines d'entre elles sont considérées comme patrimoniales, du fait de leur rareté à l'échelle nationale ou européenne. Or, ces formations steppiques ne sont pas d'origine naturelle : elles ont été créées et maintenues non boisées par les activités agricoles. Sur une grande partie des terres, des cycles de rotation avec culture, jachère et pâturage, puis débroussaillage, étaient pratiqués jusqu'au début du 20^{ème} siècle.

Depuis, ce système cultural a été abandonné, les cultures étant concentrées sur les zones mécanisables. Les surfaces désormais non cultivées permettent l'installation et le maintien des arbres, pins, chênes, buis et genévriers. Le pâturage par les ovins, même s'il permet de freiner cette progression, ne peut pas la contenir totalement.

La fermeture du paysage est accélérée par la présence d'une espèce exotique, le Pin noir d'Autriche, planté pour la production forestière, qui s'avère plus envahissant que le Pin sylvestre indigène. Le processus de boisement s'auto-amplifie : une fois que plusieurs arbres ou buissons se sont installés dans une pelouse, ils facilitent l'installation d'autres arbres en les protégeant du pâturage ou, par leur ombrage, en limitant la compétition de l'herbe ou en réduisant la mortalité des arbres liée aux secheresses printanière et estivale.

A terme, une homogénéisation du paysage et la perte des espèces caractéristiques des habitats ouverts sont fortement à craindre. L'augmentation de la fréquence des secheresses et éventuellement de celle des incendies, ainsi que les mesures de gestion comme la coupe des jeunes arbres et la promotion de l'utilisation des parcours par les troupeaux pourraient cependant contribuer à freiner cette évolution.



Pour en savoir plus :

Boulant N., Kunstler G., Rambal S., Lepart J., 2008. Seed supply, drought and grazing determine spatio-temporal patterns of recruitment for native and introduced invasive pines in grasslands. Diversity & Distributions, sous presse.



Un monde qui change

Au-delà des évolutions et des perturbations ponctuelles, la biodiversité mondiale connaît des changements à long terme. Les grands écosystèmes se sont progressivement mis en place sous l'effet des dynamiques naturelles (climatiques par exemple) ; de même, les espèces animales et végétales évoluent constamment. Depuis quelques millénaires, l'Homme est devenu un facteur majeur de ces transformations, par son action prédatrice, par la modification des paysages et par le changement climatique.



PRÉS HISTORIQUES

UN PAYSAGE APPARU GRÂCE AU DÉVELOPPEMENT DE PERTURBATIONS ÉCOLOGIQUES

Les prairies sont apparues sur Terre depuis seulement deux millions d'années, à la faveur de changements environnementaux : évolution climatique, multiplication des incendies, des grands herbivores et des hommes.

Les milieux naturels que nous connaissons aujourd'hui ont aussi une histoire. Prenons le cas de la prairie.

Chacun sait, depuis Jurassic Park, que l'herbe n'existait pas du temps des dinosaures ; les graminées sont apparues il y a 30 millions d'années. Savanes et zones herbeuses ont commencé à se répandre sous les tropiques, il y a 10 à 12 millions d'années, avant de recouvrir de larges surfaces voilà 5 millions d'années. Les prairies proprement dites ne sont apparues qu'il y a 2 millions d'années, sous *Homo erectus*.

Pourquoi la végétation s'est-elle ouverte à cette époque ? Le développement de climats plus secs et plus froids peut avoir joué un rôle mais il semble que la végétation s'est surtout ouverte du fait du développement des perturbations : multiplication des incendies favorisés par des plantes facilement inflammables (hautes graminées tropicales ou arbustes à feuilles étroites), développement des populations de grands mammifères herbivores puis des humains, avec leur feu, leurs haches et leurs troupeaux.



CHAQUE JOUR, BIODIVERSITÉ VARIE

LA FLORE DU DÉPARTEMENT DE LA DRÔME

La liste des plantes connues dans le département de la Drôme a beaucoup varié avec le temps, pour deux raisons bien différentes.

La flore évolue rapidement, avec des disparitions et des apparitions, le plus souvent liées aux activités humaines.

Une autre explication repose sur l'évolution des savoirs : nombre de spécialistes, pression d'observation – en particulier dans les secteurs difficiles d'accès, amélioration des connaissances sur les espèces...

Les spécialistes s'accordent à dire que notre planète connaît actuellement une grave crise de la biodiversité, marquée par la disparition de très nombreuses espèces.

A une échelle plus locale, la situation apparaît plus complexe, comme le montre l'exemple de la flore de la Drôme.

Avant 1980, on connaissait dans ce département 2 337 espèces de plantes, contre 2 319 en 2003. Il pourrait donc sembler que presque rien n'a changé, si ce n'est quelques modifications de classification. Une analyse plus fine montre qu'il n'en est rien !

Dans la plaine de Valence, on connaissait 1 430 espèces, contre 1 226 aujourd'hui, avec une évolution composite. 405 espèces n'ont pas été revues depuis 1980, dont des plantes messicoles (compagnes de cultures, comme le Coquelicot) disparues suite aux changements des pratiques agricoles et des espèces des milieux transitoires du fleuve Rhône, disparues en raison de l'urbanisation et des aménagements fluviaux. Dans le même temps, 201 espèces sont apparues ; il s'agit généralement d'étrangères, dont certaines envahissantes, venues du monde entier, qui profitent du couloir rhodanien et de ses millions de voyageurs pour étendre leur répartition.

Le cas de la Véronique d'Autriche est très différent. La présence de cette belle et grande véronique n'est même pas considérée comme certaine dans la Drôme dans la monumentale *Flora Alpina*, basée sur des documents antérieurs à 2000. En 2003, la Flore de la Drôme indique pourtant que cette plante est présente dans 72 des 448 mailles de 5 x 3,5 km que compte le département ; l'espèce est considérée comme commune dans toutes les montagnes. Cette différence ne s'explique pas par une réelle évolution, mais par l'amélioration des connaissances sur une espèce à floraison



Véronique d'Autriche

irrégulière, d'autant plus difficile à identifier que la classification des véroniques en espèces et sous-espèces est complexe et changeante.

De même, on ne connaissait dans le Vercors drômois que 494 plantes avant 1980, tandis que 936 sont répertoriées à ce jour. 101 n'ont plus été revues depuis 1980, mais 543 ont été découvertes en 23 ans ! Les Hauts plateaux du Vercors et leurs falaises sont d'accès difficile et abritent des espèces extrêmement localisées. L'évolution du nombre d'espèces résulte principalement de l'augmentation de la pression d'observation.

La connaissance de la biodiversité ne peut pas être fondée sur des études ponctuelles. Ainsi, le suivi minutieux de deux parcelles forestières du Vercors sud depuis 15 ans atteste que sur plus de 100 espèces repérées au cours de cette période, moins de 50 % sont décelées chaque année !

La biodiversité concerne des milliers d'espèces dont la répartition évolue sans cesse en fonction de facteurs naturels ou anthropiques. Pour évaluer sa dynamique, nous avons plus que jamais besoin de chercheurs et de naturalistes.



Pour en savoir plus :

- Garraud L., 2003. Flore de la Drôme. Atlas écologique et floristique, Conservatoire botanique national alpin de Gap-Charance, 925 p.
- Dobremez J. F. et al., 1997. Inventaire et interprétation de la composition floristique de 101 peuplements du réseau national de l'écosystème forestier (RENECOFOR). ONF/DRT, ISBN 2 84207 111 5, 513 p.

DE VIRGILE À ARCIMBOLDO

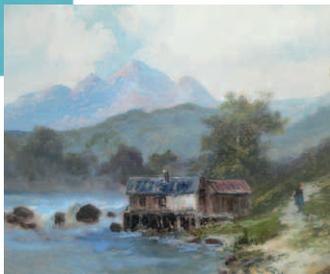
DÉVELOPPEMENT DE L'ÉLEVAGE ET NAISSANCE DU PAYSAGE

En Europe, l'élevage a longtemps été limité par les règles de la féodalité et l'insuffisance des connaissances techniques. Au XV^{ème} siècle, la création des polders, en Hollande, a permis le développement de l'élevage et l'amélioration des conditions de vie. Cette évolution, exprimée en particulier à travers la peinture, a conduit à l'apparition de la notion de paysage, dans laquelle la biodiversité était sous-jacente.

Jusqu'au XIX^{ème} siècle, la grande majorité des populations européennes a connu une alimentation fondée sur les céréales, c'est-à-dire du pain et des bouillies, agrémentées de légumes protéagineux et rarement de viande. Celle-ci était réservée aux classes sociales riches, aristocratiques ou bourgeoises.

La féodalité reposait sur l'absence de propriété individuelle du sol et l'interdiction de clore les champs. L'élevage, pratiqué sur les terres communes, était largement insuffisant pour fournir beaucoup de viande à la population. Les phases de croissance économique (par exemple du XI^{ème} au XIII^{ème} siècle) se sont traduites par de nouveaux défrichements qui grévaient d'autant les terres collectives pâturées, d'où une diminution de la part carnée dans l'alimentation. Dans ces conditions, la chasse occupait une place importante par le complément alimentaire qu'elle apportait. Au milieu du XIV^{ème}, les sociétés européennes connurent une profonde crise. La peste arriva en France en 1348 et se combina avec d'autres facteurs : mauvaise alimentation des populations, système de production agricole en contradiction avec lui-même (l'augmentation des surfaces cultivées diminue d'autant celles vouées à l'élevage), péjoration climatique, guerre de Cent Ans. Dans certaines régions européennes, la population fut alors divisée par deux.

Un siècle plus tard, le climat redevient plus favorable, les guerres sont un peu apaisées, la peste ne sévit plus avec autant de force. C'est au moment où la situation s'éclaire que le mot paysage apparaît pour la première fois dans la langue flamande : certains ont attribué son apparition à l'invention de la perspective dans la peinture mais les facteurs politiques et



économiques sont essentiels. La Hollande, pays puissant grâce à sa flotte marchande et sa marine militaire, accentue la conquête des marais. Dans les polders qui sont créés, les terres salées interdisent la culture ; elles sont occupées par des herbages qui permettent de développer l'élevage : la Hollande devient ainsi le premier pays producteur de viande, de lait et de fromages.

Cet essor de la production animale a été possible parce que les hommes ont pris conscience de l'importance des herbages naturels pour l'alimentation du bétail. Ces herbages naturels exprimaient un idéal pastoral, une visée utopique qui a été traduite dans la peinture par la multitude de représentations de scènes de fenaison, dont certaines révèlent la diversité des espèces herbacées composant les fourrages naturels. D'une certaine manière, c'était, à travers cette utopie, une visée vers la biodiversité végétale.

A côté de ces scènes champêtres fleurissaient des représentations symboliques, comme les célèbres peintures d'Arcimboldo ou de son école qui renvoyaient à un modèle bucolique de la nature, offrant par son abondance une immense variété de fruits ou de légumes.

Ces deux modèles paysagers, le pastoral et le bucolique, ont une origine antique - on les retrouve dans la poésie de Virgile - mais ils ont été réactivés comme des utopies sociales tournées vers une meilleure qualité de vie, un espoir de s'affranchir de la misère et de parvenir à un niveau d'alimentation qui empruntait à la biodiversité une qualité fondamentale : celle de permettre d'accéder au bien-être.



LE CYCLOPE A DISPARU !

LA TRISTE HISTOIRE DES ÉLÉPHANTS DES ÎLES DE MÉDITERRANÉE

Il y a 10 000 ans, certaines îles de Méditerranée abritaient de nombreuses espèces de mammifères endémiques et extraordinaires, dont des éléphants et des hippopotames nains. Toutes ces espèces ont disparu à la suite de la colonisation des îles par les hommes ; elles ont été remplacées par les espèces importées.

Lorsque les premiers hommes sont arrivés sur les îles méditerranéennes il y a quelque 9 000 ans, ils y trouvèrent des peuplements de « méga-mammifères » nains, des éléphants et des hippopotames qui avaient la taille de chiens ou de cochons. Ces animaux, n'ayant jamais connu de prédateurs, étaient parfaitement pacifiques et se laissèrent massacrer au point qu'en quelques siècles ils furent totalement anéantis.

Palaeoloxodon antiquus, éléphant de taille normale qui peuplait l'Europe à la fin des temps glaciaires est l'ancêtre commun des douze espèces d'éléphants qui occupèrent les îles méditerranéennes (archipel égéen, Chypre, Malte et Sicile). Cet éléphant, parfaitement à l'aise dans l'eau, a pu s'aventurer en mer pour coloniser les îles, d'autant que, lors des périodes glaciaires, le niveau de la Méditerranée était de 150 mètres inférieur au niveau actuel. Les hippopotames et plusieurs espèces de cervidés firent de même.

Après leur implantation sur les îles, ces animaux subirent tous, de manière indépendante, une évolution très rapide qui les fit diminuer de taille au point de devenir de véritables nains. Même la minuscule île de Tilos de 64 km² seulement avait sa propre espèce d'éléphant. Le plus petit de tous fut *Palaeoloxodon falconeri* qui habitait la Sicile et ne dépassait pas un mètre de haut. Son crâne donna naissance au fameux mythe du Cyclope Polyphème de l'Odyssée d'Homère car, au 5^{ème} siècle avant Jésus-Christ, le philosophe Grec Empédocle pensait que l'orifice situé au milieu du front - qui correspond aux narines était l'emplacement d'un énorme œil unique.

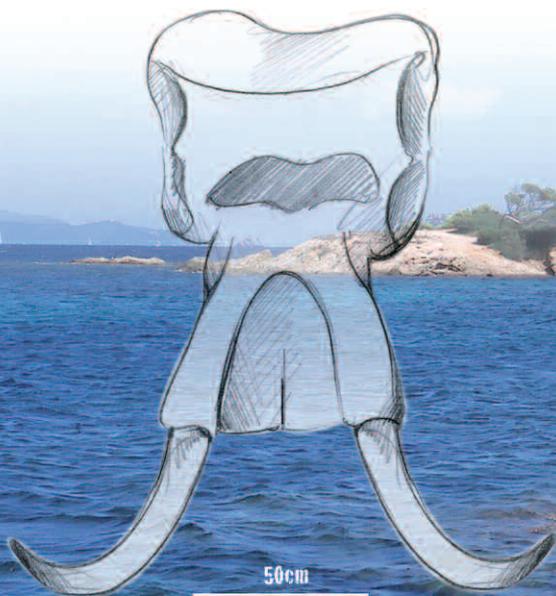


© J.F. Dobremez

Le tout jeune éléphant d'Afrique indique la taille des éléphants nains des îles de Méditerranée

L'un des plus fameux gisements de mammifères nains se trouve sur le site de l'Akrotiri à Chypre ; il renferme des milliers d'os d'éléphants et d'hippopotames nains ainsi que des restes de coquilles de mollusques marins et d'autres animaux, consommés sans doute par les premières sociétés humaines qui s'installèrent sur l'île au Paléolithique Supérieur. Pendant des siècles, ce site fut l'objet d'une vénération de la part des habitants de Chypre qui croyaient qu'il s'agissait de restes de martyrs chrétiens... !

Les éléphants et les hippopotames ne furent pas les seules victimes de la colonisation humaine des îles méditerranéennes, puisque presque tous les mammifères endémiques y disparurent (voir exemple suivant sur la Corse).



LAPIN-RAT, PORC MARRON ET NOCTULE GÉANTE

L'HISTOIRE DES MAMMIFÈRES DE CORSE

En dehors des chauves-souris, les mammifères qui peuplent aujourd'hui la Corse ont tous été introduits par les hommes, volontairement ou non. Ces espèces ont remplacé les quatre uniques mammifères endémiques qui peuplaient l'île il y a 10 000 ans.

La Corse est une vraie île ! Elle est en effet isolée du continent depuis 30 millions d'années, tout en ayant longtemps été reliée à la Sardaigne. Elle n'a été visitée et occupée par les hommes qu'à partir du 8^{ème} millénaire avant notre ère.

La faune de ces îles a évolué de façon naturelle durant cette longue période, ce qui a conduit à l'apparition d'espèces endémiques ; les évolutions climatiques et surtout l'arrivée des hommes ont bouleversé cette faune, comme celle de toutes les îles méditerranéennes. L'exemple des mammifères illustre cette évolution.

■ DES DISPARITIONS NATURELLES

Il semble bien que certaines espèces aient disparu naturellement avant l'arrivée des humains, sous l'effet du réchauffement climatique de la fin des glaciations. C'est en particulier le cas du grand cerf *Megaceros* et d'un petit canidé (*Cynotherium*).

■ LA COLONISATION PAR L'HOMME... ET SA MÉNAGERIE

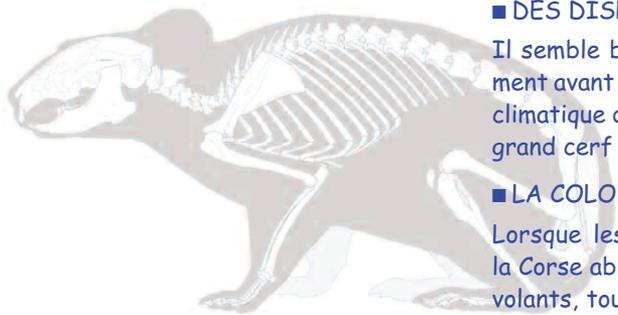
Lorsque les hommes sont arrivés il y a environ 10 000 ans, la Corse abritait seulement quatre mammifères terrestres non volants, tous endémiques : un Mulot, un Campagnol - tous deux « géants », une Musaraigne et un étrange Lapin-rat.

Ces espèces ont cohabité durant une longue période, malgré une chasse importante (surtout pour le Lapin-rat).

Toutefois, les hommes étaient accompagnés de nombreuses espèces continentales, qu'il s'agisse d'animaux domestiques qui « prirent le maquis » (porcs, moutons, chats...), ou de passagers clandestins (musaraignes, lérots...). Pour sa part, on ignore comment le Renard a pu coloniser l'île à cette époque.

■ LA FIN DE LA FAUNE AUTOCHTONE

Cette cohabitation entre espèces autochtones et allochtones a pris fin au début de notre ère. Les quatre mammifères endémiques



© M. Coutureau / Lapin-rat



Grande noctule

ont disparu à cette époque, semble-t-il à cause de deux causes majeures : le déboisement massif de l'île et la multiplication du Rat noir, un redoutable concurrent venu du continent.

■ LA PÉRIODE RÉCENTE

Les derniers siècles ont vu l'arrivée progressive de nouvelles espèces : Cerf, Belette, Lapin, Rat surmulot...

La faune mammalienne de la Corse actuelle est composée de 18 espèces, toutes amenées par l'Homme. Il est quelque peu paradoxal de constater que trois animaux « sauvages » emblématiques de l'île de Beauté, le Sanglier, le Mouflon et le Cerf de Corse résultent de l'ensauvagement (« marronnage ») d'animaux domestiques (pour les deux premiers) ou de l'évolution d'un gibier lâché par les hommes.

Une dernière mention doit être accordée aux chauves-souris, groupe épargné par les activités humaines à cause de son comportement et de ses modes de dispersion. La Corse abrite 22 espèces de chauves-souris, dont aucune n'a disparu ou n'a été introduite. Parmi elles, la Grande noctule, présente la particularité de se nourrir d'oiseaux, découverte faite récemment par la science.



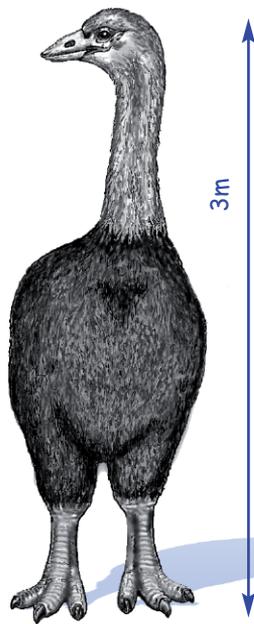
Pour en savoir plus :

Pascal M., Lorvelec O., Vigne J.D., 2006. Invasions biologiques et extinctions. 11 000 ans d'histoire des vertébrés en France. Belin. 350 p.

LA FIN D'UN BESTIAIRE EXTRAORDINAIRE

LA PREMIÈRE VAGUE D'EXTINCTIONS ANIMALES À MADAGASCAR

Madagascar est justement réputée pour sa faune et sa flore largement endémiques. Pourtant, cette grande île a connu une crise d'extinction il y a 2000 ans, lors de sa colonisation par les hommes. Presque tous les animaux de plus de 10 kg disparurent, dont des espèces particulièrement originales, n'ayant aucun équivalent dans le monde actuel.



© Acrocyornis, "oiseau-éléphant"

Madagascar n'a jamais connu les autruches, babouins, zèbres et autres lions qui font le succès touristique des grands parcs d'Afrique de l'Est. Distante de 400 kilomètres du continent africain et isolée depuis 200 millions d'années, la grande île a vu se développer une flore et une faune très originales, dont de grands carnivores et herbivores endémiques.

Ces espèces avaient déjà disparu, lorsque les explorateurs portugais arrivèrent à Madagascar vers 1500. Elles n'avaient pas résisté à la colonisation de l'île il y a 2 000 ans par un peuple venu d'Indonésie. Ces grandes espèces n'ont pu résister aux hommes et à leurs animaux domestiques, soit qu'elles en aient été victimes directement, soit qu'elles n'aient pu supporter les transformations écologiques qui résultèrent de leur expansion. Ainsi, ce sont une demi-douzaine d'oiseaux géants non volants, mesurant jusqu'à 3 mètres de haut et atteignant 500 kg, qui s'éteignirent. Parmi eux, l'"Oiseau-éléphant", de la famille des autruches, fut le plus grand oiseau ayant jamais existé. De ces *Aepyornis*, on trouve à profusion ossements et coquilles d'œufs (de la taille d'un ballon de football) sur les plages de Madagascar. 15 espèces de Lémuriens, tous de grande taille et diurnes (dont des homologues du gorille, du koala et du paresseux !), figurent également parmi les espèces disparues. C'est le cas également d'un hippopotame nain, d'un grand carnivore à allure de mangouste géante, de l'étrange Plésiorictélope et de deux tortues dont la carapace pouvait atteindre un mètre de long. Au total, presque toutes les espèces de plus de dix kilos disparurent.

Malgré cette première vague d'extinction, Madagascar constitue encore aujourd'hui un haut lieu de la biodiversité particulièrement riche, mais aussi très menacé par la crise actuelle (déforestation, changements globaux...).



Pour en savoir plus :

Leakey R., Lewin R., 1997. La sixième crise d'extinction. Evolution et catastrophes. Flammarion, Paris.

LE DRAGON FAIT TABLE RASE

L'ÉVOLUTION DE LA BIODIVERSITÉ À SINGAPOUR

Le développement de l'agglomération de Singapour s'est traduit depuis le début du 19^{ème} siècle par une forte érosion de la biodiversité. La faune forestière a été particulièrement affectée, avec la disparition de 33% des espèces présentes à l'origine.

Singapour est une île de 618 km² à la pointe de la péninsule malaise. Depuis l'installation des britanniques, en 1819, plus de 95 % des 540 km² de végétation primitive ont été défrichés. De la forêt qui subsiste encore, 10 % à peine, soit environ 24 km², sont couverts de forêt primaire n'ayant jamais fait l'objet de coupe.

Quel a été l'impact de ce déboisement massif sur la biodiversité ? B.W. Brook a pu répondre à cette question en comparant la situation actuelle avec une liste des espèces probablement présentes en 1819. Cette liste a été établie grâce aux premiers inventaires, réalisés dans les années 1870 (alors qu'une large fraction de l'île avait déjà été déboisée), complétés par une comparaison avec la péninsule malaise.

Sur 3 996 espèces ainsi recensées, 881, soit 28 %, se sont éteintes entre 1819 et 2002. Les groupes les plus affectés (taux d'extinction compris de 34 à 48 %) sont les papillons, poissons, oiseaux et mammifères. À l'opposé, amphibiens et reptiles ont moins souffert de la déforestation massive (taux d'extinction de 5 et 7 %). Les plantes et les crustacés affichent un taux d'extinction intermédiaire, soit 25 %.

Les extinctions ont particulièrement frappé les espèces inféodées à la forêt : 33 % des espèces forestières ont disparu, contre 7 % des espèces à plus large tolérance. Ces extinctions liées à la spécialisation vis-à-vis de l'habitat furent très sévères pour les poissons, oiseaux et mammifères, qui perdirent respectivement 53, 67 et 59 % de leurs espèces forestières - contre 0, 11 et 13 % pour leurs congénères d'habitats ouverts. Bref, on peut parler d'extinction de masse à l'échelle de Singapour, mais on notera la diversité des réponses enregistrées, selon les groupes considérés et leurs spécificités écologiques.



© N. Eugler



Pour en savoir plus :

Brook B.W. et al., 2003. Nature, 424 : 420-423.

S'ADAPTER OU DISPARAÎTRE

RÉPONSES ÉCOLOGIQUES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique a provoqué chez certaines espèces des évolutions génétiques qui se traduisent par une modification des dates de reproduction, migration, hibernation...

Les grosses espèces risquent de disparaître faute d'évoluer assez rapidement.

Au cours des 40 dernières années, le réchauffement de la planète a entraîné de grandes évolutions chez les animaux ou les plantes : des espèces ont étendu leur aire de répartition vers les pôles ; des populations ont vu avancer leurs dates de migration, de reproduction ou de développement. On a généralement attribué ces changements à la « plasticité phénotypique » des individus, c'est-à-dire à leur aptitude à modifier leur comportement, leur morphologie ou leur physiologie en réponse à l'altération des conditions environnementales.

Des études récentes montrent que les évolutions en cours sont plus profondes, conduisant à des changements génétiques - héritable - chez des espèces variées.

- Les écureuils roux du Canada se reproduisent de plus en plus tôt au printemps, ce qui leur permet de s'adapter à la production plus précoce des cônes d'épicéas.

- Les fauveltes à tête noire de Grande Bretagne passent l'hiver de plus en plus souvent sur place plutôt qu'en Espagne ; les sous-populations moins migratrices, génétiquement distinctes, arrivent plus tôt sur les zones de nidification, leur permettant d'obtenir des territoires de meilleure qualité ou des conjoints plus performants.

- Des insectes s'adaptent également à des saisons de croissance plus précoces et plus longues. Chez les drosophiles, les caractères génétiques de certaines populations évoluent en se rapprochant de celles de populations plus méridionales. En Amérique du Nord, une adaptation génétique chez des populations de moustiques entraîne le déclenchement de la dormance larvaire par des longueurs de jours plus courtes (donc plus tard à l'automne).



Ces exemples montrent que les conséquences du réchauffement climatique sont intégrées au niveau des gènes, et affectent la saisonnalité de la vie : dates de reproduction, de déplacement, d'entrée en dormance... Le caractère génétique de ces phénomènes présente des conséquences importantes en termes de conservation de la biodiversité. Les petites espèces, à cycles de vie courts et à fécondité élevée, peuvent voir évoluer rapidement leur patrimoine génétique ; elles pourront donc probablement s'adapter à des saisons d'activité plus longues et être capables de persister à long terme. A l'inverse, certaines populations de grands animaux à cycles de vie plus longs et à fécondité réduite ne pourront pas s'adapter assez vite ; elles verront leurs effectifs décliner ou seront remplacées par des populations plus méridionales.

Des questions subsistent sur les vitesses relatives des changements environnementaux et de leurs réponses évolutives, mais il est clair que, sauf si des efforts significatifs sont entrepris pour limiter les effets du réchauffement, certaines des communautés vivantes qui nous sont familières auront disparu dans quelques décennies.



Pour en savoir plus :

Bradshaw W.E. & Holzapfel C. M., 2006. Evolutionary Response to Rapid Climate Change. *Science*, 312 : 1477-1478.



LE GOBE-MOUCHE EST EN RETARD

LORSQUE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE DÉCALE LE RYTHME
DES PRÉDATEURS ET DE LEURS PROIES



Aux Pays-Bas, le Gobe-mouche noir connaît un déclin important. A cause du réchauffement climatique, les chenilles se développent plus tôt au printemps, avant le retour de migration des oiseaux. Ces derniers disposent donc de ressources alimentaires limitées durant leur période de reproduction.

© N. Bougouan

Le Gobe-mouche noir est un petit passereau insectivore qui se reproduit en Europe et passe l'hiver en Afrique.

Une étude à long terme menée aux Pays-Bas a montré que les gobe-mouches ont avancé leur date de ponte au cours de ces dernières décennies, mais pas celle de leur arrivée au printemps aux Pays-Bas. Les oiseaux ne se sont pas adaptés au réchauffement climatique, puisqu'ils reviennent en Europe après le pic de développement des chenilles, qui est devenu nettement plus précoce en vingt ans. Le succès de leur reproduction est moins bon, faute de ressources alimentaires suffisantes.

Entre 1987 et 2003, des dénombrements annuels ont été effectués aux Pays-Bas dans dix populations nicheuses. Ils ont montré que les gobe-mouches ont décliné d'environ 90% dans les secteurs à pics de chenilles précoces et seulement de 10% dans les régions où les chenilles se développent plus tardivement au printemps, l'écart entre les deux extrêmes étant en moyenne de 20 jours.

Les gobes-mouches pourront-ils s'adapter à cette nouvelle situation ? Chez les mésanges charbonnières, on a déjà noté une variabilité génétique dans l'aptitude à ajuster la date de ponte à l'évolution des dates de développement des chenilles ; il en résultera une sélection naturelle en faveur des oiseaux les plus adaptés à la nouvelle donne climatique et écologique.



Pour en savoir plus :

- Both C., et al., 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature*, 441, 81-83.
- Nussey D.H., et al., 2005. Selection on Heritable Phenotypic Plasticity in a Wild Bird Population. *Science*, Vol. 310. no. 5746, pp. 304 - 306.

COUP DE CHAUD POUR LE MANCHOT'

UN FAIBLE RÉCHAUFFEMENT
SUFFIT À DIMINUER LA SURVIE
DES OISEAUX

Un réchauffement de 0,3°C seulement de la température de la zone d'alimentation des manchots royaux en hiver suffit à diminuer de 9% la survie des adultes, à cause de la raréfaction de leurs proies.

On comprend encore mal quel peut être l'impact du réchauffement climatique sur l'Océan austral. Du fait de son immensité, des mauvaises conditions climatiques et de son isolement par rapport aux autres continents, il est impossible d'y organiser de fréquentes campagnes océanographiques.

C'est la raison pour laquelle on s'intéresse depuis des décennies à l'évolution des populations d'oiseaux marins. En effet, en tant que prédateurs situés au sommet des chaînes trophiques, ils sont très sensibles à l'évolution de ces réseaux.

Grâce à des antennes enterrées sur les lieux de passage entre leurs colonies et la mer, le succès reproducteur et la probabilité de survie d'environ 450 manchots royaux munis d'étiquettes électroniques sous-cutanées ont été suivis depuis 1998-99.

Il a ainsi été montré qu'une température de la surface de la mer plus élevée dans le secteur où s'alimentent les reproducteurs en été se traduit la même année par un plus faible succès de la reproduction. En outre, un réchauffement de seulement 0,3°C dans la zone située à la limite des glaces antarctiques où les oiseaux s'alimentent en hiver se traduit deux ans plus tard par une réduction de 9% de leur survie, ce qui est considérable. Ce phénomène est sans doute dû à la raréfaction des proies des manchots.

Tant que l'on ne connaîtra pas l'évolution de la survie et du succès reproducteur des différentes classes d'âge des manchots royaux, il serait évidemment hasardeux d'en conclure qu'ils vont disparaître, mais la menace semble sérieuse.

En sus de la question de l'avenir des populations de manchots royaux, il est important de prendre conscience que leur moindre succès reproducteur et la diminution de leur survie lorsque la température de la mer augmente résultent de la grande sensibilité des chaînes alimentaires océaniques au réchauffement. En d'autres termes, un réchauffement de seulement quelques dixièmes de degré constitue déjà une menace pour les ressources marines déjà lourdement affectées par la surexploitation.



Pour en savoir plus :

Le Bohec et al., 2008. King penguin populations threatened by southern ocean warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 2493-2497.



UN MONDE SANS CORAIL ?

LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS GLOBAUX SUR LES RÉCIFS

Les récifs coralliens sont menacés de disparition dans le monde entier. La cause principale de cette situation est le changement global : augmentation de la température, relèvement du niveau des océans et surtout acidification des eaux marines.

Les récifs coralliens sont aujourd'hui très menacés. Dans les quelques dizaines d'années écoulées, 20 % des récifs mondiaux ont disparu et 50 % sont aujourd'hui en danger, au point que l'on peut imaginer vivre un jour dans un monde sans corail.

Le corail est constitué de la symbiose entre un animal (un Cnidaire fixé sous forme de polype, cousin des anémones de mer) et une algue (Zooxanthelle) ; la mort de l'algue entraîne le « blanchissement » et la mort du corail.

Le réchauffement climatique est la cause principale de cette dégradation. L'augmentation de la température de l'eau (entre 1 et 3°C) induit une première contrainte. Le relèvement du niveau des océans pose un autre problème aux polypes.

Les coraux sont aussi très affectés par le « changement chimique » de l'océan et son acidification croissante. Les émissions croissantes de CO₂ et l'augmentation de la concentration de ce gaz en milieu océanique peuvent induire des conditions jamais atteintes depuis la dernière grande crise d'extinction massive des espèces (Crétacé - Tertiaire). L'acide carbonique en forte augmentation dans l'eau va créer des conditions non compatibles avec la biominéralisation et la croissance du corail. Si l'acidité des océans est stable depuis au moins 20 millions d'années, elle est en train de changer avec la dissolution du CO₂ en excès ; elle a déjà augmenté sensiblement depuis l'avènement de l'ère industrielle. C'est très inquiétant pour l'avenir du plancton, des coquillages et des récifs coralliens, en fait pour tous les organismes qui bioalcifient. Le Corail aurait peut-être pu croître assez vite pour suivre le niveau des mers, mais il ne pourra résister au changement de la qualité de l'eau.



Comme un malheur n'arrive jamais seul, les coraux affaiblis sont attaqués par une étoile de mer et asphyxiés par des algues filamenteuses, et la surexploitation par l'Homme n'arrange pas les choses. Le très fort événement climatique lié à l'oscillation sud-pacifique (« el niño ») de 1998 a tué 16 % des coraux de la planète (98 % pour certains endroits dans le Pacifique). Seuls 50 % environ ont été capables de récupérer sur une dizaine d'années.

De nombreux efforts sont développés de par le monde pour restaurer les récifs après les épisodes de blanchissement, souvent avec un certain succès. Toutefois, le mode de gestion après régénération est fondamental sur le résultat final ; le corail peut être protégé des poissons « brouteurs » et la pêche doit impérativement être contrôlée. Le blanchissement affecte bien différemment les espèces et beaucoup de travail doit être fait pour améliorer nos connaissances. Enfin, il est clair qu'il faut s'attaquer dans le même temps aux causes de l'acidification globale des océans.



Pour en savoir plus :

Stone R., 2007. A world without corals ? Science, 316, 678-681.





La biodiversité, un jeu complexe **D'INTERACTIONS**





Vivre c'est interagir. Avec son milieu, que l'on transforme. Avec ses voisins, congénères ou étrangers, partenaires sexuels, sources de nourriture, ennemis ou associés.

■ DES INTERACTIONS INCESSANTES

Oui, la biodiversité c'est aussi et surtout un réseau d'interactions et d'interdépendances entre des milliards d'êtres vivants, des dizaines de millions d'espèces.

Abeilles et bourdons qui, butinant les fleurs des champs et des vergers, les pollinisent, assurant ainsi la reproduction de ces plantes et, pour nous, une riche production de fruits. Vers de terre qui, avalant et brassant des tonnes de sol, en assurent la fertilité, permettant ainsi d'abondantes récoltes.

Dans ce réseau d'interactions qu'est le tissu vivant planétaire, les uns mangent les autres car c'est ainsi que la vie procède pour se maintenir. Et la compétition fait rage pour s'assurer les ressources nécessaires à sa survie et sa reproduction. Mais il y a aussi de la coopération, de l'entraide entre individus et espèces. Ainsi, la vie des arbres serait bien difficile sans les nombreuses variétés de champignons avec lesquelles ils entretiennent au niveau des racines des relations de symbiose efficaces pour leurs nutritons respectives.

■ DES RÉSEAUX BOULEVERSÉS

Tout ce tissu d'interrelations est en changement permanent, ne serait-ce que parce que les espèces évoluent. Depuis des millénaires, mais plus encore aujourd'hui, les activités humaines accélèrent ces changements de façon particulièrement forte : la raréfaction des grands prédateurs entraîne des conséquences en cascade sur leurs proies, et les proies de celles-ci. La transformation des paysages et des biocénoses bouleverse les relations entre espèces, parfois au détriment de notre santé - les maladies émergentes.

■ INTRODUCTION D'ESPÈCES

De tous temps, les hommes ont manipulé les autres espèces vivantes, volontairement ou non. Il en résulte des déplacements spectaculaires d'organismes ; on peut penser aux graines qui voyagent depuis bien longtemps dans la laine de nos moutons, mais aussi aux serpents et autres animaux qui passent désormais d'un continent à un autre en empruntant nos avions. Certaines de ces espèces déséquilibrent profondément les biocénoses dans lesquelles elles s'installent.

■ REMETTRE L'HOMME AU CŒUR DES RÉSEAUX DE LA VIE

Nous autres, êtres humains, ne sommes-nous pas une espèce sociale, qui pratique l'entraide ? Une espèce qui s'est développée grâce à son association durable avec nombre d'animaux et de plantes, grâce à cette biodiversité domestiquée à l'origine de la révolution agricole et de toute notre civilisation ? Il est temps pour nous de renouer des liens harmonieux avec le tissu vivant de la planète. Par la restauration des écosystèmes dégradés, il s'agit de réparer les mailles du filet de la vie que nous avons rompues. Il s'agit aussi et surtout de trouver et retrouver un équilibre entre notre espèce et les millions d'autres.



A partir des observations de Darwin sur les interactions entre espèces, l'allemand Hæckel expliquait avec humour que les chats jouaient un rôle dans la puissance maritime de l'Angleterre. Quel était son raisonnement ?

Le Royaume a besoin de grandes quantités de viande de bœuf pour alimenter les marins au cours de leurs longs voyages ;
 Les bœufs se nourrissent principalement de trèfle ;
 Le trèfle ne peut être fécondé que par le bourdon ;
 Les populations de bourdons sont contrôlées par celles des mulots qui consomment leurs nids ;
 ... S'il y avait moins de chats, il y aurait plus de mulots, donc moins de bourdons, moins de trèfle et donc moins de viande pour les marins !

Thomas Huxley prolongea le raisonnement en considérant que les vieilles filles anglaises, du fait de leur passion pour les chats, ont contribué à la puissance de la marine de leur pays !

... Et enfin, certains bouclèrent la boucle : ils remarquèrent que le développement de la marine anglaise, en obligeant de très nombreux hommes à quitter leur pays, expliqua le grand nombre de vieilles filles amoureuses de leur chat !

Comme cette histoire fonctionne en boucle, elle peut être racontée en commençant en n'importe quel point...

LA PUISSANCE MARITIME DES CHATS



Des interactions incessantes

Chaque être vivant est en interaction constante avec des milliers d'individus de son espèce ou d'autres espèces. Si certaines relations sont simples, bien d'autres sont particulièrement complexes, voire encore incompréhensibles pour nous.



PETITE TYPOLOGIE DES RELATIONS ENTRE ESPÈCES

- **Compétition** : lutte pour l'accès à la lumière, à l'eau, à la nourriture, aux partenaires sexuels...
- **Prédation** : consommation d'un organisme par un autre organisme libre, entraînant le plus souvent la mort du premier. On pense au chat qui mange la souris, mais la souris est elle-même prédatrice du grain de blé, et la plante carnivore mange de petits insectes. Le prédateur ne tue pas nécessairement sa proie (la vache ne détruit pas l'herbe).
- **Parasitisme** : association étroite entre deux organismes, dont l'un vit aux dépens de l'autre sur le plan trophique. La plupart des parasites vivent dans ou sur leur hôte et peuvent entraîner sa mort. Citons le Ver solitaire, le Gui, ou, dans un autre genre, le Coucou.
- **Commensalisme** : exploitation non parasitaire d'une espèce par une autre. Ainsi, 110 espèces de coléoptères sont commensales des terriers de marmottes !
- **Mutualisme** : coopération à bénéfices réciproques. Dans le cas de la symbiose, les deux êtres associés ne peuvent pas se passer l'un de l'autre, pouvant aller jusqu'à constituer des super-organismes, à l'image du lichen formé de l'association d'une algue et d'un champignon.

En observant la nature, on se rend très vite compte que cette liste n'est pas complète et que les frontières entre ces catégories sont pour le moins poreuses. Le parasitisme n'est-il pas une forme de prédation ? Ne conduisent-ils pas parfois à un vrai mutualisme, voire à une symbiose (pensons aux mitochondries de nos cellules, autrefois bactéries libres puis parasites) ? Et certaines coopérations, quand l'un des partenaires triche, ne conduit-il pas à une forme de parasitisme subtil ? Ainsi, on considère aujourd'hui les lichens comme le résultat du parasitisme stable d'un champignon sur une algue.

Et cela est vrai au sein même d'une espèce. Le poisson Apogon est connu pour l'attention qu'il porte à sa progéniture qu'il protège précieusement dans sa bouche... et dont une partie constitue sa nourriture !

LA STAR DES ROCHERS LITTORAUX

LA DÉCOUVERTE DES ESPÈCES CLÉS DE VOÛTE

On appelle « espèces clés de voûte » celles qui jouent un grand rôle dans l'équilibre et la diversité des communautés vivantes auxquelles elles appartiennent. C'est souvent le cas de prédateurs, tels que certaines étoiles de mer.

Le terme « d'espèces clés de voûte » est parlant : il désigne des animaux dont la disparition entraînerait une cascade d'extinction. Par quels mécanismes ?

Cette notion a été proposée par R.T. Paine en 1969, à partir de ses observations sur les côtes américaines. Sur les bancs rocheux soumis aux marées, le chercheur nota la présence d'une association remarquablement constante de moules, de balanes (crustacés) et de l'étoile de mer *Pisaster ochraceus*.

En juin 1963, R.T. Paine élimina l'étoile de mer d'un banc rocheux sur des bandes de huit sur deux mètres. Dès septembre, il observa l'expansion d'une balane *Balanus glandula*, qui finit par occuper 60 à 80% de l'espace disponible. En juin de l'année suivante les balanes étaient repoussées par la croissance rapide de la moule *Mytilus californianus* qui domina peu à peu tout l'espace avec la subsistance sporadique de *Mitella* (balane à cou d'oie). Cette expérience montrait que la présence du prédateur qu'est l'étoile de mer permettait la coexistence de nombreuses espèces d'invertébrés en compétition pour la colonisation de la bande rocheuse située dans la zone de balancement des marées. Sa disparition entraîne toujours un appauvrissement de la communauté par exclusion des espèces les moins efficaces à coloniser le substrat rocheux.

Les espèces clés de voûte ne sont pas toutes des prédateurs ; elles comptent également des espèces « ingénieurs » dont l'action est fondamentale pour l'écosystème auquel elles appartiennent. Ainsi, l'Éléphant contrôle la végétation de la savane, l'Epicéa contrôle la qualité de l'humus et les herbacées du sous-bois.



Pour en savoir plus :

Paine R.T., 1966. Food Web Complexity and Species Diversity. The American Naturalist, 100 (910): 65-75.

Les hérons agamis nichent au cœur du marais de Kaw, en Guyane, mais s'alimentent à l'extérieur. Grâce à ces déplacements, ils apportent, par leurs fientes, les matières nutritives nécessaires au fonctionnement de cet écosystème remarquable.

L'ÉNIGME DU CAÏMAN NOIR

LORSQU'UN HÉRON RARE FAIT FONCTIONNER UN IMMENSE MARAIS



© D. Guiral

Le marais de Kaw, en Guyane, est la plus vaste zone humide française, étendue sur plus de 100 000 hectares. En 2002, une équipe de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), dirigée par Daniel Guiral, installa une plateforme héliportée sur une trouée dans la végétation flottante qui recouvre l'ensemble du marais, permettant ainsi de découvrir ce milieu jusqu'alors inaccessible et donc inconnu.

Comme ils s'y attendaient, les chercheurs ont trouvé lors de leur première visite, en saison des pluies, un écosystème pauvre en matière nutritive, à cause de son isolement (pas d'apport des crues ou de la mer). Ils furent donc très surpris de découvrir que cette « mare » abritait une centaine de caïmans noirs, parfois de grande taille. La faune piscicole s'avéra également riche et diversifiée, avec près d'une vingtaine d'espèces.

D'où pouvait donc provenir cette profusion de vie dans un contexte de totale pauvreté nutritive ?

La réponse fut apportée au cours de nouveaux séjours sur la plateforme. On découvrit alors que les arbres bordant la mare constituaient une aire de reproduction pour plus de deux mille couples de hérons agamis, une espèce rarissime, dont la plus grande colonie mondiale connue jusqu'à ce jour, au Costa Rica, ne comptait que 12 couples ! La présence de cette colonie de plus de 8 000 oiseaux adultes et poussins favorise en outre l'arrivée et la nidification d'autres espèces rares : hérons cocoi et savacous, anhingas...

A Kaw, les hérons agamis, nocturnes, s'alimentent bien au-delà du marais où les poissons sont inaccessibles à cause de la végétation flottante. Ils apportent à la mare une quantité très importante de matières nutritives par leurs déjections. Cette importation explique, en fin de saison des pluies, une forte richesse nutritive qui sera ultérieurement mise à profit, en saison sèche et de fort éclaircissement, pour produire des algues et du zooplancton. A la pauvreté de la saison des pluies succède alors une abondance de proies qui permet à cette « mare » de constituer une véritable frayère et éclosier pour tous les poissons du marais, en voie d'assèchement à cette saison.

Avec le retour de la saison des pluies, le niveau d'eau monte et l'ensemble des poissons adultes et juvéniles quitte la mare, suivi par l'essentiel des caïmans, pour rejoindre le marais alors à nouveau en eau.

Par un étonnant retour des choses, les nombreux caïmans qui s'alimentent essentiellement de poissons « remercient » les hérons de leur rôle de fertilisation en limitant la présence des prédateurs possibles des oiseaux (singes...).

Ce rôle de fertilisation par la faune se retrouve dans d'autres milieux, par exemple pour les eaux à proximité des îles qui hébergent des colonies de phoques ou de morses s'alimentant au large ou au fond des océans, ou sur les étangs qui ont la chance d'accueillir une colonie de mouettes ou une héronnière.



Film à télécharger :

http://www.monalisa-prod.com/vf/catalogue/science/science_kaw_swamp.htm



Le Rat-taube joue un rôle écologique important par sa grande activité de fouisseur. Ses « taupinières » constituent le seul habitat d'une plante, dont dépend un papillon pour sa reproduction.

LE PETIT JARDIN DU RAT-TAUPE

LORSQU'UN RONGEUR FAVORISE PLANTES ET PAPILLONS

Dans de nombreuses régions au climat de type méditerranéen, chaud et semi-désertique, d'Amérique du Nord et d'Asie vivent des Rats-taupes. Ces gros rongeurs fouisseurs, en retournant inlassablement le sol, créent des perturbations qui peuvent être favorables à d'autres espèces.

Dans les pelouses à serpentine de Californie, qui sont pauvres en éléments nutritifs mais riches en biodiversité, les rats-taupes retournent chaque année jusqu'à 40% de la surface du sol. Cette activité a pour effet de remettre en surface le sol profond, qui est déversé sur la végétation, avec d'importantes conséquences sur la disponibilité en nutriments, sur les températures de surface et sur la vitesse de décomposition de la matière organique. Ces altérations physiques et chimiques des sites retournés jouent un rôle important sur la dynamique des communautés par les effets qu'elles ont sur certaines plantes, effets positifs ou négatifs selon les cas.

C'est ainsi que le plantain *Plantago erecta* ne colonise que les tumuli récemment retournés par les rats-taupes, car cette plante fragile se fait éliminer par la végétation dès que celle-ci se développe trop. Or ce plantain est la plante nourricière exclusive d'un papillon rare et menacé, *Euphydryas editha*, dont les larves subissent une mortalité de l'ordre de 90% dès que leur plante nourricière se raréfie dangereusement.

Le Rat-taube peut être qualifié d'espèce « clé de voûte » car il garantit la pérennité de ce système à trois acteurs.



30 MILLIONS DE CHASSEURS DE PESTE

DES CHAUVES-SOURIS PRÉDATRICES DES RAVAGEURS DU COTON

Les prédateurs régulent les populations de leurs proies. Ce mécanisme peut avoir de grandes conséquences économiques lorsque les proies sont des ravageurs des cultures. Ainsi, les chauves-souris jouent un rôle très positif pour la production de coton du sud des Etats-Unis.

La trace de la chauve-souris
raye la porcelaine du soir
Rainer Maria Rilke

La Chauve-souris brésilienne à queue libre, *Tadarida brasiliensis*, hiverne au centre et au sud du Mexique et migre vers le nord chaque printemps pour former de grandes colonies de reproduction au nord du Mexique et dans le sud-ouest des Etats-Unis. On a recensé des colonies renfermant plus de 20 millions d'individus ! Au total, plus de 100 millions de chauves-souris peuvent se disperser chaque nuit hors des grottes et des ponts pour se nourrir dans le Texas du sud et du centre.

Ces chauves-souris consomment d'énormes quantités d'insectes pendant la période chaude ; les femelles allaitantes, en particulier, peuvent ingérer jusqu'à deux tiers de leur masse corporelle chaque nuit. Les proies de ces chauves-souris incluent des adultes de plusieurs espèces de papillons nocturnes de la famille Noctuidae, dont les larves sont connues comme des pestes agricoles, dont le Ver du coton qui figure parmi les pestes agricoles les plus destructives en Amérique.

Le service rendu par les chauves-souris qui assurent le contrôle biologique de ces ravageurs a été estimé, au Texas central et méridional, entre 2 à 37 % du montant de la récolte.



© V. Carere

PRÉDATION

« A côté de la ferme, les moineaux piaillent, picorent et s'ébrouent dans la poussière du chemin. Soudain, une ombre grise s'abat par-dessus la haie et la société insouciant e éclate : sauve qui peut ! (...). Au milieu du chemin désert et du silence impressionnant, un petit rapace au regard fixe, à demi étalé sur le sol, reprend ses esprits et s'esquive sans tarder, emportant sa proie dans ses longues serres jaunes. L'Epervier a réussi son coup ! »

Paul Gêroudet, Les rapaces diurnes et nocturnes d'Europe

UN NETTOYAGE À L'EMPORTE-PIÈCE

DES ÉCHANGES PLUS OU MOINS ÉGAUX CHEZ LES POISSONS

Les « poissons nettoyeurs » se nourrissent en débarrassant d'autres poissons de leurs parasites. Comme bien souvent dans la nature, la limite entre symbiose, parasitisme et prédation n'est pas aussi nette qu'on pourrait le penser.

Les poissons nettoyeurs comprennent quelques dizaines d'espèces appartenant presque toutes à la famille des Labridés. Le prestataire et son client se rencontrent dans une « station service », territoire d'un nettoyeur qui attend généralement ses clients chez lui, même s'il arrive parfois qu'il fasse du racolage à proximité. Quand un poisson pénètre dans la station, il adopte une attitude particulière, immobile en position verticale. Le labre nettoyeur se met alors au travail, gobant sur la peau du client les parasites qui y étaient fixés. Le travail est rapidement exécuté - de quelques secondes à quelques minutes - au rythme d'une vingtaine de coups de gueule par minute. Puis, le client quitte la station, propre comme un sou neuf.

En Méditerranée, Céline Arnal et Serge Morand, de l'Université de Perpignan, ont étudié ce comportement chez l'espèce *Symphodus melanocercus*. Par l'analyse des contenus stomacaux, ils ont montré que ce nettoyeur était un vrai spécialiste, l'essentiel de son alimentation provenant de la peau de ses clients. En comparant l'assiduité aux stations de nettoyage des différentes espèces de clients, ils ont démontré que le bénéfice pour ces derniers était bien d'être débarrassés de leurs parasites externes, puisque la fréquence des visites augmente avec l'ampleur du parasitisme, causé par deux groupes de crustacés (isopodes et copépodes).

Cette association nettoyeurs-clients présente cependant quelques fragilités. La première résulte du fait que les nettoyeurs ne consomment pas seulement les parasites mais aussi du mucus de la peau, voire des écailles de leurs clients... une façon de se payer du service rendu, dont on ne sait pas trop





quel est le coût réel pour le client. Qui plus est, Arnal et Morand ont noté un fait surprenant : il semble que les femelles sont plutôt consommatrices de parasites chez cette espèce de nettoyeur, tandis que les mâles seraient davantage attirés par le mucus...

Enfin, et cela ne peut plus nous étonner, il existe des tricheurs : ce sont des poissons qui revêtent toutes les apparences du poisson nettoyeur (taille, couleur, comportement de nage) et qui profitent de l'impunité que leur confère une telle ressemblance pour s'approcher du client confiant... et l'amputer d'un fragment de chair ! C'est ce que font les *Aspidontus* en mimant les Labroïdes. On comprend aisément ce qui permet aux gènes des tricheurs d'être sélectionnés : ils augmentent le succès reproductif de leurs porteurs. On comprend moins, en revanche, qu'ils ne soient pas combattus par des « contre-mesures » sélectionnées chez leurs victimes. Dans l'exemple des *Aspidontus*, on s'attendrait à ce qu'il y ait sélection de comportements dissuasifs chez les poissons qui en sont victimes. On n'a pourtant rien observé de tel - probablement parce que les poissons tricheurs sont beaucoup plus rares que les vrais nettoyeurs, de telle sorte que la pression exercée est trop faible pour entraîner la sélection de nouveaux comportements chez leurs victimes.



Pour en savoir plus :

Combes C. 2001. Les associations du vivant. Flammarion



GUERRE CHIMIQUE CHEZ LES GUPPYS

LA DYNAMIQUE REPRODUCTIVE DES CYPRINODONTES DU GABON

La forêt du Gabon abrite huit espèces de guppys. Ces petits poissons pondent dans des flaques où ils émettent des substances chimiques qui inhibent la reproduction des autres espèces.

Pour subsister à long terme, ces poissons ont besoin de perturbations régulières qui permettent la création de nouvelles flaques qui pourront être colonisées par les différentes espèces.



© A. Gerasimova

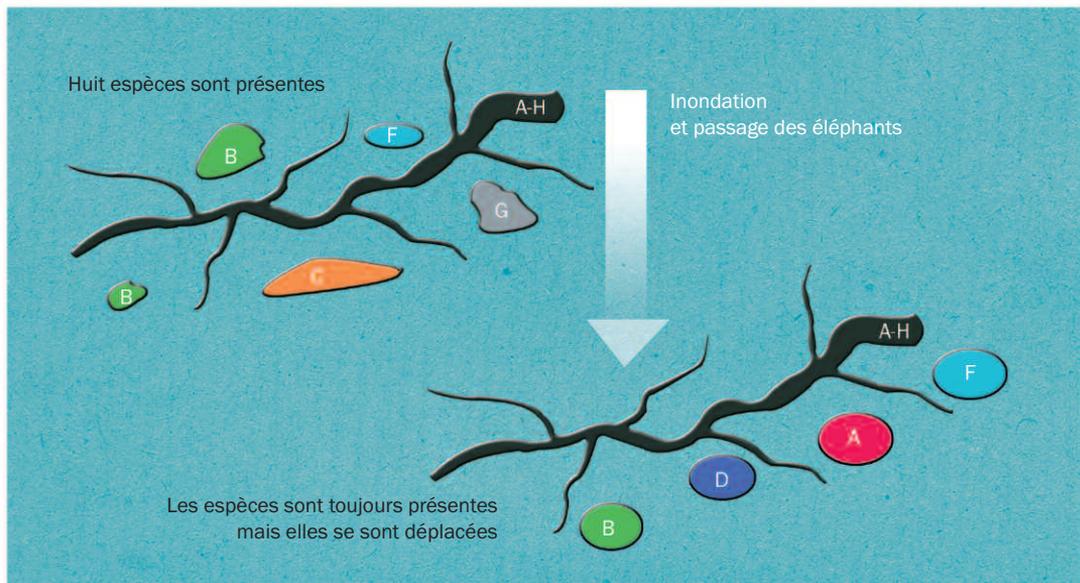
Il existe dans la forêt équatoriale humide du Gabon huit espèces de Cyprinodontes, plus connus sous le nom de guppys. Ces petits poissons vivent dans des milieux variés, petits marigots, ruisselets, flaques d'eau.

Les biologistes se sont interrogés sur les relations entre les différentes espèces de cette région. Toutes paraissent avoir la même niche écologique, le même habitat et se nourrissent d'insectes qui tombent des arbres ; on n'observe aucune différence de comportement et de rythme d'activité entre les espèces. Les œufs peuvent survivre à l'assèchement pendant plusieurs semaines, ce qui leur permet de coloniser des milieux temporaires où leur développement peut être interrompu par plusieurs diapauses. Dans les marigots de la forêt, milieux relativement profonds, ouverts et continus, on peut trouver les huit espèces en même temps mais seulement adultes. Par contre, dans les mares, flaques et souilles d'éléphants qui entourent le marigot, on ne trouve jamais qu'une espèce avec ses jeunes. Comment expliquer cette étrange distribution ?

André Brosset a mis en lumière le fonctionnement de ces populations. Régulièrement, de fortes pluies, fréquentes dans ces forêts, combinées avec le passage mouvementé des éléphants qui se roulent sur le sol mouillé, bouleversent le système et balayent tous ces petits poissons dont la plupart disparaîtront, sauf ceux qui auront la chance de se retrouver dans une petite dépression remplie d'eau, par exemple une empreinte de patte d'éléphant, une anse fermée de marigot, une souille ou la flaque d'eau qui prend la place des racines d'un arbre renversé. Aussitôt installés, les quelques individus de l'espèce s'empresseront d'émettre des

substances chimiques qui inhiberont la reproduction des autres espèces, ce qui leur permettra d'exercer une sorte de préemption sur le petit plan d'eau. Il existe donc une régulation interspécifique de la reproduction, forme subtile de compétition entre espèces. Si on enlève un Cyprinodonte d'un aquarium pour le remplacer par une autre espèce, cette dernière ne se reproduira que si on change l'eau pour la débarrasser des signaux chimiques de l'eau précédente.

Les huit espèces ne peuvent donc perdurer à l'échelle d'un massif forestier que si la fréquence et l'amplitude des perturbations sont suffisantes pour que toutes les espèces aient une chance de trouver par hasard un petit coin où s'installer en premier, faute de quoi elles disparaîtront.



ILS S'AIMENT ET IL SÈME !

LE PIN CEMBRO ET LE CASSE-NOIX

Pour sa régénération, le Pin cembro est très dépendant d'un oiseau, le Casse-noix moucheté. Celui-ci récolte les graines de l'arbre et les cache dans le sol pour les consommer plus tard. Les graines oubliées par les oiseaux suffisent à assurer l'avenir des populations de pins.

Une sorte de « contrat » a été passé entre le Pin arolle (ou Pin cembro), arbre emblématique des Alpes internes, et le Casse-noix moucheté, corvidé des régions montagneuses répandu dans les forêts où cet arbre est abondant. De septembre à fin octobre, le Casse-noix passe le plus clair de son temps à récolter les graines d'arolle ; il les extrait sous les écailles de cônes indéhiscents (qui ne s'ouvrent pas toutes seules) grâce à un bec très puissant qui lui permet d'ouvrir la pomme de pin et d'écarter ses écailles pour en retirer la graine. Autre adaptation, il dispose d'une « poche sublinguale », sorte de réservoir situé à l'entrée de l'œsophage qui permet de stocker entre 4 et 7 graines. Une population locale de casse-noix cache en de multiples sites de son domaine vital toute la production annuelle de graines (jusqu'à 400 000 par hectare). Les oiseaux plantent véritablement les graines en les enfouissant profondément sous terre, dans des caches situées dans des endroits variés, le plus souvent au pied des arbres.

L'association entre l'oiseau et l'arbre est particulièrement poussée. Ainsi, la composition biochimique de la graine comprend la totalité des éléments nutritifs nécessaires à l'oiseau. Par ailleurs, la graine doit être plantée pour germer, parce qu'elle est protégée par une coque dure qui sécherait si elle restait à l'air libre ; son enfouissement est donc nécessaire à sa décomposition et à sa germination. Après la récolte, l'oiseau survivra presque toute l'année, en tout cas tout l'hiver, en consommant une centaine de graines par jour, après avoir retrouvé sans aucune difficulté ses caches, même recouvertes de plusieurs dizaines de centimètres de neige. Environ 30% de ces graines cachées ne sont pas récupérées, parce que la récolte a été



supérieure aux besoins ou que l'oiseau est mort entre-temps. Le mode de dispersion du Pin arolle repose sur ces caches « oubliées » qui assurent sa régénération. Les petits bouquets de 3 à 10 plantules que l'on rencontre dans les cembraies et mélézins des Alpes, souvent au pied d'un grand arbre, correspondent à la germination du contenu d'une cache ainsi « oubliée ».

Comme dans tous les vieux couples, chaque partenaire s'est progressivement adapté pour mieux répondre aux exigences de l'autre ; on parle ici de « coadaptation ». Il faut tout de même préciser que si l'arbre est dépendant de l'oiseau, celui-ci peut vivre sans Arolle. En fin de compte, le Casse-noix est un peu un prestataire de services qui se fait payer en graines son travail de jardinier. Et dire que le Casse-noix a été considéré comme nuisible pendant des décennies...

DIVERSITÉ DES MOYENS DE TRANSPORT

Le cas du Casse-noix est un exemple extrême d'association réussie entre plantes et animaux « chargés » de disperser leurs graines. La plante dispersée par un animal est dite « zoochore », plus précisément « myrmécochore » lorsque le travail est assuré par des fourmis, ornithochore par des oiseaux, ou thérochore par des mammifères, etc. (le jargon est infini... !). On parle d'espèces « anémochores » quand elles sont dispersées par le vent ou « hydrochores » quand elles le sont par l'eau.



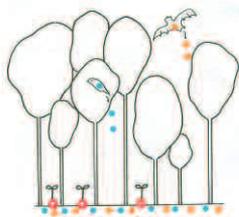
En forêt tropicale, de nombreuses graines sont transportées par les animaux (oiseaux, singes, chauves-souris...). La régénération de la forêt est liée à cette pluie de graines et aux ouvertures provoquées par les chablis.

PLUIE DE GRAINES EN GUYANE

LES MÉCANISMES DE RÉGÉNÉRATION DE LA FORÊT GUYANAISE

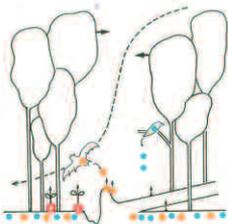
Suivons quelques décennies de l'histoire d'un morceau de forêt guyanaise...

A



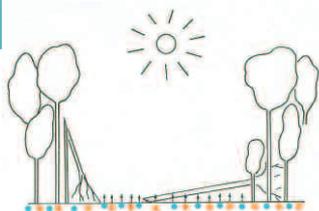
■ La forêt mature est soumise à une véritable pluie végétale : 10 000 petites graines par jour et par hectare, apportées essentiellement par les chauves-souris et les oiseaux. Ces graines s'accumulent, constituant la banque du sol. Les graines des plantes pionnières, qui ont besoin de soleil, ne peuvent pas germer. Dans le même temps, des graines d'espèces forestières, plus grosses, sont apportées par de gros animaux ; elles germent dans le sous-bois mais les plantules ne se développent pas dans la pénombre.

B



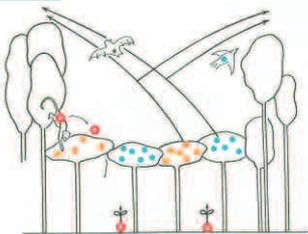
■ Un arbre est tombé, créant une toute petite clairière et une cicatrice nue à l'emplacement de la souche. L'épaisse litière empêche la germination des graines contenues dans le sol. Seules les nouvelles graines apportées par les chauves-souris germent sur la cicatrice nue et ensoleillée. Des oiseaux sèment des graines de plantes moins exigeantes en lumière, qui peuvent germer en bordure de la clairière. Les plantules d'espèces de la forêt mature, en latence, se développent, profitant de l'éclaircissement. La clairière pourrait bientôt se refermer, mais...

C



■ Un peu plus tard, un grand chablis est ouvert par un ouragan. Le soleil éclaire et chauffe le sol ; la litière est rapidement éliminée, de même que les plantules en latence dans le sous-bois. Les graines de la banque du sol germent : 300 germinations au mètre carré forment rapidement un couvert végétal dense.

D



■ Quelques années plus tard, les singes et autres grands vertébrés frugivores apportent dans la clairière des graines de la forêt mature, qui germeront à l'ombre des plantes pionnières. Les oiseaux et chauves-souris réalimentent la banque de graines, et le cycle continue...

Dans cette forêt, le vent et l'eau ne sont pas capables de transporter les semences, ce qui rend le rôle des animaux crucial. La chasse excessive, en privant la forêt de ces disséminateurs, est donc responsable du dérèglement du cycle écologique, voire de la dégradation de la biodiversité forestière.



Pour en savoir plus :

Charles-Dominique P., 1989. La forêt tropicale en quatre volets. Le courrier du CNRS. Dossiers scientifiques n°72. Recherches sur l'environnement. p54.



LE FABULEUX DESTIN DU BOIS MORT'

LA SUCCESSION DES INSECTES RECYCLEURS

La décomposition du bois mort mobilise un très grand nombre d'organismes spécialisés, se succédant au fur et à mesure du processus. Des centaines d'espèces de champignons et de coléoptères sont impliqués dans ce processus.

« Laissez vivre les arbres morts ! » clamait un slogan écologiste que certains ne comprenaient pas. Pourtant, il suffit d'ouvrir les yeux pour se rendre compte qu'un arbre mort grouille de vie : insectes, champignons, oiseaux...

Les scientifiques distinguent deux grandes phases dans l'histoire d'un arbre.

La « phase anabolique » est celle où l'arbre vivant produit de la matière organique par photosynthèse.

La « phase catabolique » est celle, après la mort de l'arbre, du recyclage de cette matière, qui peut prendre plusieurs décennies, voire plusieurs siècles, selon les essences et le degré d'humidité de l'habitat. On connaît dans la forêt de Bialowieza, en Pologne, un vieux et immense squelette de pin sylvestre qui reste debout depuis plus d'un siècle. Il est encore équipé d'un piège à ours alors que l'espèce a disparu de cette forêt depuis bien longtemps !

Par sa production massive de tissus ligneux difficiles à recycler, l'écosystème forestier a été à l'origine des ensembles d'organismes décomposeurs les plus complexes que l'on puisse trouver en milieu terrestre.

Les caractéristiques physico-chimiques du bois mort évoluent progressivement en fonction du stade de dégradation de la lignine et de la cellulose ; ces composés sont attaqués par des champignons dotés d'enzymes capables de les digérer. Ces variations physico-chimiques sont à l'origine de la succession des différents cortèges d'insectes « saproxylophages » (qui mangent le bois mort), sans parler des nématodes, bactéries et autres organismes dont la diversité est encore mal connue.



© J Blondiel



© J Blondiel

Les coléoptères constituent certainement le groupe le plus connu et le plus diversifié des insectes saproxylophages. Rien qu'en France, ils comptent près de 2 500 espèces, appartenant à une trentaine de familles dont les plus emblématiques sont les Cérambycides ou longicornes avec le grand Capricorne ou la Rosalie des Alpes, les Lucanidés avec le Cerf-volant, les Scarabéidés avec le Rhinocéros, ou les Cétonidés avec le Pique-Prune.

Bien des groupes d'insectes participent au processus de recyclage du bois ou l'accompagnent, notamment à leur stade larvaire : coléoptères (6 familles, probablement plus de 800 espèces), Diptères (plus de 45 familles), Lépidoptères (3 familles), Isoptères (termites)...

Quant aux champignons, on compte plus de 6 000 espèces de macromycètes (espèces produisant des fructifications visibles à l'œil nu) dont certaines ont des couleurs absolument superbes, rouges, bleues ou jaunes.

Beaucoup de ces espèces sont malheureusement menacées par la raréfaction du bois mort que certains forestiers n'aiment pas parce qu'ils le considèrent, à tort, « plein de vermine », risquant de contaminer les arbres sains. Un arbre mort est une mine de biodiversité, par le nombre d'espèces qui le visitent et en tirent parti et par le nombre, la qualité et l'originalité des interactions qui existent entre elles.

Pour en savoir plus :

Vallauri D. et al., 2005, Bois mort et à cavités, Editions TEC & BOC, 405 p.

LA TRUFFE QUI CACHE LA FORÊT

L'IMPORTANCE DES MYCORHIZES POUR LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS

Les arbres vivent très largement en symbiose avec des champignons, avec lesquels ils échangent eau, sels minéraux et sucres. Ces liens apparaissent aujourd'hui vitaux pour l'équilibre des écosystèmes forestiers ; ils permettent par exemple des échanges nutritifs entre arbres.

Si chacun sait qu'il existe des « chênes truffiers », peu de gens connaissent bien la nature des liens qui unissent l'arbre et le précieux champignon.

Il s'agit d'une symbiose, ou association à bénéfices mutuels. Le champignon développe dans le sol son mycélium (des filaments aux allures de racines qui constituent son appareil végétatif), qui s'insère dans les racines de l'arbre en formant des structures d'échanges, les mycorhizes. Le champignon offre à l'arbre l'eau et les sels minéraux (dont le phosphore) qu'il collecte dans le sol grâce à l'immense chevelu du mycélium ; l'arbre, en retour, lui apporte les sucres (hydrates de carbone) qu'il a fabriqués grâce à la photosynthèse.

Notons en passant que cette association n'a rien d'exclusive, puisqu'un même arbre peut s'associer à de nombreux champignons, et que la truffe peut se connecter sur différentes espèces de chênes, noisetiers, tilleuls ou pins.

Les chercheurs constatent aujourd'hui que ce type d'association est aussi généralisé que vital pour l'équilibre des écosystèmes. Il est parfois illusoire de planter certains arbres dans des conditions difficiles s'ils ne sont pas accompagnés de leurs champignons préférés !

Depuis peu, on a également compris que les champignons pouvaient servir d'intermédiaires entre plantes. En Amérique du Nord, dans une jeune forêt de bouleaux et de conifères (sapins douglas et tsugas), des chercheurs ont constaté que les bouleaux et les douglas échangent des sucres entre eux, par l'intermédiaire des champignons, alors que les tsugas ne sont pas « branchés sur le réseau » (ils sont liés à d'autres champignons).



La relation entre le Douglas et le Bouleau semble déséquilibrée, puisque le premier reçoit, sur une année, plus qu'il ne donne. En fait, l'échange est plus juste qu'il n'y paraît parce qu'au printemps et en automne, le Bouleau, dépourvu de feuilles, est alimenté en sucres par le conifère.

De même, des erythrones, plantes de sous-bois, donnent aux érables un peu de leurs sucres au début du printemps lorsqu'elles peuvent se développer avant la pousse des feuilles des arbres ; plus tard en saison, le flux s'inverse.

Comme toujours, il existe des « petits malins » qui profitent du système. Ainsi, la Néottie nid-d'oiseau, une orchidée de nos sous-bois, ne possède pas de chlorophylle et s'alimente de sucres transférés par des champignons depuis les arbres voisins.

Le monde des réseaux mycorhiziens est immense ; il livre peu à peu ses secrets, mais demeure encore un champ très important pour la recherche. Il s'agira par exemple de bien mesurer son rôle dans la dynamique de la végétation. Ce rôle semble majeur et l'on sait par exemple que des chênes rouges adultes aident le développement de leurs « petits » en leur transférant du sucre par champignons interposés.



Pour en savoir plus :
M.A. Selosse, 2000. La Symbiose : structures et fonctions, rôle écologique et évolutif. Vuibert.



L'épicéa (à gauche) et
l'ivraie à épislets rapprochés (à droite) :
organes aériens, racines et mycorhizes



LA DANSE DU GAMMARE FOU

DES PARASITES QUI MANIPULENT LEURS HÔTES

Différents parasites transforment le comportement de leur hôte, favorisant ainsi la capture de celui-ci par un animal dans lequel le parasite doit poursuivre son cycle vital. Ce mécanisme est par exemple à l'origine du comportement des « gammares fous » qui s'agitent à la surface de l'eau au lieu de se cacher des prédateurs.

Bien des parasites ont des vies compliquées, puisque, pour effectuer leur cycle de reproduction, ils doivent passer d'hôte en hôte, ce qui est toujours aléatoire. Certains d'entre eux ont développé des mécanismes étonnants pour favoriser ces transferts. Ainsi, le ver parasite d'un escargot modifie ce pauvre mollusque dont les « cornes » - les yeux pédonculés -, se retrouvent alors gonflées jusqu'à ressembler à deux appétissantes chenilles ; ce stratagème a pour effet de favoriser le repérage et la capture de l'escargot par un oiseau, dont le tube digestif permettra au ver de poursuivre son cycle.

Les gammares sont des crustacés bien connus des enfants qui les voient comme les « crevettes » de nos ruisseaux. Les gammares présentent, lorsque la surface de l'eau est agitée, deux types de comportements bien tranchés. Les uns, qui se cantonnent au fond de l'eau, ont un comportement normal, cessant tout mouvement ou gagnant l'abri le plus proche à la première alerte. D'autres, qui se tiennent généralement en surface et près des berges, réagissent au contraire par un comportement fou : des mouvements désordonnés qui les rendent repérables. Il s'avère que tous les individus « fous », et seulement eux, hébergent à l'état enkysté dans leurs ganglions cérébroïdes - ce qui leur tient lieu de cerveau - des *Microphallus papillorobustus*. Le cycle de ces vers plats passe à travers deux hôtes intermédiaires successifs, un mollusque aquatique puis le gammare, avant de se boucler au stade adulte dans l'hôte définitif, un oiseau d'eau consommateur de gammares.

Simone Helluy a pu montrer expérimentalement que des goélands captifs se nourrissant dans un bassin renfermant autant de gammares parasités que de gammares sains capturent près de trois fois plus souvent les premiers que les seconds. Ainsi, il apparaît que les altérations du comportement de l'hôte intermédiaire induites par le parasite ont pour effet d'accroître pour lui la probabilité de rencontrer l'hôte définitif.



POURQUOI LA VANILLE EST-ELLE SI CHÈRE ?

PARCE QU'UNE ABEILLE N'A PAS VOULU SUIVRE UNE ORCHIDÉE

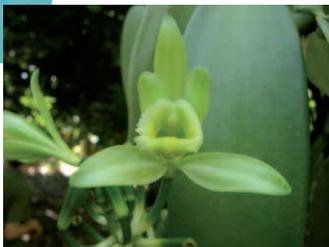
L'abeille, qui fertilise les fleurs de vanille à l'état naturel en Amérique latine, ne s'est jamais acclimatée dans les autres zones de production. Une coûteuse fertilisation manuelle est donc nécessaire.

La Vanille fut découverte par les conquistadors en même temps que le Cacao, auprès des Aztèques qui les consommaient depuis longtemps.

Les européens acclimatèrent ensuite ces plantes extraordinaires dans de nombreux endroits du monde. La Vanille (une liane - orchidée), pour sa part, fut introduite et cultivée dans différentes régions (Zanzibar, La Réunion, Madagascar, Polynésie...) mais sans que les fleurs ne se transforment en fruits (gousses). Un jeune esclave d'une plantation de l'île Bourbon à la Réunion découvrit la pollinisation manuelle fleur à fleur, permettant de mettre en contact les organes mâle et femelle séparés par une languette.

Dans la région d'origine de la Vanille, seule une abeille sauvage, appartenant au groupe des méllipones, pollinise naturellement cette orchidée... et cet insecte ne s'est jamais acclimaté en dehors de l'Amérique centrale !

La pollinisation manuelle est responsable en partie du coût très élevé des gousses, dont la préparation exige en outre de très longues et très nombreuses étapes.



LE SEXE CONTRE LES PARASITES

L'UN DES INTÉRÊTS DU BRASSAGE GÉNÉTIQUE

La reproduction sexuée permet d'accroître la diversité génétique des espèces. Parmi les nombreux avantages de ce mécanisme, on compte une meilleure résistance aux parasites.

Les vairons du Mexique présentent à la fois des populations sexuées et des populations dépourvues de mâles, à reproduction parthénogénétique. Robert Vrijenhoek et Clark Craddock, de l'Université Rutgers, ont montré que les groupes de poissons asexués étaient plus souvent parasités par des vers trématodes que les groupes de poissons sexués.

Curtis Lively, de l'Université d'Indiana, a observé une relation semblable entre sexualité et parasitisme chez des escargots de Nouvelle-Zélande : les populations d'escargots composées exclusivement de femelles ne vivent que dans les zones peu infestées, tandis que là où les parasites abondent on rencontre des populations bisexuées.

Ces observations montrent que le brassage assuré par la reproduction sexuée diversifie davantage, et plus rapidement, le patrimoine génétique des descendants que ne peuvent le faire les simples mutations qui surviennent chez tous les organismes, sexués ou non, à un rythme très lent. Des individus issus de la reproduction sexuée deviennent plus résistants aux parasites qui infestaient leurs parents, tandis que les descendants issus de la reproduction asexuée, génétiquement identiques à leurs parents, restent sensibles et vulnérables à ces parasites. D'ailleurs, l'avantage antiparasitaire observé chez les vairons sexués disparaît lorsque ceux-ci deviennent génétiquement trop semblables et le parasitisme est d'autant plus faible que la population est génétiquement variée.

On peut déduire de ces analyses que le maintien de la reproduction sexuée chez la majorité des plantes et des animaux s'explique par leur besoin de posséder une forte diversité génétique, soit pour s'établir dans le plus grand nombre possible de milieux, soit pour résister aux pathogènes et parasites.



© M. Butler



source :

Barbault R. 2006. Un éléphant dans un jeu de quille. L'homme dans la biodiversité. Seuil, 266p.

Les vampires d'Azara sont des chauves-souris suceuses de sang. Lorsqu'un individu est affamé, d'autres membres de sa colonie peuvent accepter de lui donner une fraction de leur provision de sang. Cette solidarité joue un rôle très important dans la survie de ces animaux.

DON DU SANG CHEZ LES VAMPIRES

UNE SOLIDARITÉ VITALE ENTRE INDIVIDUS

Contrairement à ce que racontent les légendes, les vampires sont des êtres fragiles, qui ne peuvent survivre au jeûne plus de deux nuits consécutives. Nous parlons ici du Vampire d'Azara, chauve-souris d'Amérique centrale qui se nourrit la nuit du sang des chevaux et des ânes.

Les petites colonies de 8 à 12 femelles, accompagnées de leurs jeunes, s'abritent dans des arbres creux. Ces petites communautés connaissent un phénomène d'entraide extraordinaire, puisque les individus bien alimentés peuvent accepter de faire don d'un peu de leur provision de sang à un voisin affamé.

Le donneur perd dans ce partage trois heures de réserves alimentaires, tandis que le bénéficiaire gagne dix-huit heures de survie. Cet altruisme est réciproque puisque les animaux secourus seront ultérieurement à leur tour donneurs plus souvent que ne le laisserait supposer le hasard.

Ce don du sang s'effectue entre individus apparentés ou non, mais toujours entre individus qui passent au moins 60 % de leur temps côte à côte dans les troncs d'arbres. Chez les vampires aussi, on a du mal à rendre service aux inconnus !

Ce mécanisme est très précieux pour l'espèce. Wilkinson a montré par modélisation mathématique que le taux de mortalité annuelle du vampire atteindrait 82 % en absence de don du sang, alors qu'il n'est en réalité que de 24 %.



Pour en savoir plus :

Wilkinson, Gerald S., 1984. Reciprocal Food Sharing in the Vampire Bat. Nature. 308: 181-184.



Les fourmis accumulent dans leur nid de la résine de sapin qui les protège contre certains parasites.

RÉSINE SUR ORDONNANCE

UNE MÉDICATION COLLECTIVE CHEZ LES FOURMIS

Les organismes qui vivent en société, comme nous, sont particulièrement exposés à des agents pathogènes : les maladies infectieuses aiment les populations denses !

Aussi, beaucoup d'espèces sociales ont développé des mécanismes pour limiter les conséquences du parasitisme. Une équipe de l'Université de Lausanne a démontré que des fourmis des bois, *Formica paralugubris*, utilisent des composés de plantes comme défense collective contre des microorganismes. Elles accumulent de grandes quantités de résine de conifères dans leurs nids ; l'équipe de Philippe Christe a démontré expérimentalement que, dans des conditions qui reproduisent les conditions naturelles, cette résine inhibe la croissance des microorganismes.

Une telle médication collective confère des avantages écologiques évidents aux sociétés qui la pratiquent.



Pour en savoir plus :

Christe P. et al., 2003. Evidence for collective medication in ants. *Ecology Letters*, 6 : 19-22.

LA RECHERCHE DE NOURRITURE VUE PAR UN NATURALISTE ANGLAIS

« Soudain, à ma consternation, il découvrit mon oreille.

- Enfin ! me semblait-il l'entendre s'exclamer. Dans ce trou doit se cacher une larve dodue à souhait, un régal digne d'un roi !

Il tritura le pavillon de mon oreille à la façon d'un gastronome qui triture la feuille du menu. Ensuite, en usant de mille précautions, il y introduisit le plus mince de ses doigts. Hélas, j'allais devenir sourd... Beethoven, me voilà ! Mais, à ma stupéfaction, je ne sentis pratiquement rien. Ce n'était pas un doigt, mais une sonde qui explorait les profondeurs de mon conduit auditif, en quête de mets juteux. Faute d'y trouver les vers savoureux et parfumés qu'il escomptait, il émit un second « houmpf » d'irritation et regagna les branchages.

Je venais de faire la connaissance de mon premier aye-aye. »

Gerald Durrell, 1992. *Le aye-aye et moi*. Petite bibliothèque Payot. 238 p.

Les chimpanzés, lorsqu'ils sont malades, savent se soigner en mangeant certaines plantes ou de la terre riche en kaolin.

LA PHARMACIE DES CHIMPANZÉS

ECORCES, FEUILLES ET KAOLIN

Des chercheurs français et anglais suivent depuis de nombreuses années une population de chimpanzés d'une cinquantaine d'individus en forêt Ougandaise.

Lorsque l'un des singes est malade, il est pisté ; ses choix alimentaires sont répertoriés ; ses selles et son urine sont prélevées et analysées. Cette équipe a ainsi pu montrer que des individus affectés par des vers mangent telle feuille au petit matin, telle écorce le soir, et cela jusqu'à la guérison. Un autre, fiévreux, a rapidement récupéré en ingurgitant les feuilles d'un arbre jamais consommé en temps habituel.

Qui plus est, il est apparu que, malades, les singes associent la prise des feuilles-médicaments avec l'ingestion de terre, et particulièrement de terre riche en kaolin - comme le font les hommes de cette région dans la même situation. Or, les chercheurs ont montré que les argiles ingérées contribuent à accroître l'efficacité des traitements.

Cet espionnage de nos cousins chimpanzés nous a déjà permis de découvrir de nouveaux médicaments pour les humains.



Pour en savoir plus :

- Krief, S. et al. 2004. Novel antimalarial compounds isolated in a survey of self-medicative behavior of wild chimpanzees in Uganda. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 48 : 3196-3199.

- Klein, N., F. Fröhlich et S. Krief, 2007. *Geophagy* : soil consumption enhances the bioactivities of plants eaten by chimpanzees. *Naturwissenschaften*, mai 2007.





ECHANGES D'INFORMATIONS

On analyse souvent les relations des espèces au sein d'un écosystème en termes de flux d'aliments et donc d'énergie : qui mange quoi ? Comment circule donc dans l'écosystème l'énergie solaire captée par les végétaux et transformée en matière organique ?

Mais il existe entre les individus d'un écosystème un autre réseau de relations et d'échange, plus discret, qui est celui de l'échange « d'informations », et ce réseau joue également un rôle important dans les propriétés de cet écosystème. Ces informations peuvent être de natures variées :

- Il peut s'agir de signaux sonores, tactiles ou visuels échangés généralement entre individus de la même espèce pour indiquer une source de nourriture, une menace ou pour attirer des congénères.
- Il peut s'agir de molécules chimiques qui « informent » les individus de la même espèce ou d'espèces différentes. Ainsi, une plante attaquée par les chenilles d'un insecte pourra émettre des substances chimiques qui auront un effet répulsif sur les adultes de cette espèce et par ailleurs un effet attracteur sur les prédateurs de ces chenilles. Le décryptage de ces signaux peut fournir de nouvelles pistes pour protéger les cultures contre les ravageurs.
- On peut placer dans cette même vision les échanges de gènes au sein d'une espèce. En effet, transmettre un gène à sa descendance, c'est non seulement transmettre l'information qu'il contient, mais aussi indiquer que l'individu qui le transmet a été viable et fertile et donc que ce gène a passé avec succès, au moins au sein de cet individu, l'épreuve de la sélection naturelle. Cette fonction de dissémination des gènes se traduit d'ailleurs par une extraordinaire diversité de dispositifs et de stratégies : que l'on songe à la diversité des formes florales ou des graines des végétaux ou à la différenciation parfois spectaculaire des sexes mâles et femelles chez les animaux. Notons enfin que les gènes peuvent dans certains cas passer d'une espèce à une autre, par exemple de bactérie à bactérie ou de bactérie à plante.

ALARME SILENCIEUSE

DES PLANTES À L'AFFÛT DES SIGNAUX CHIMIQUES DE LEURS VOISINES

Certaines plantes émettent, lorsqu'elles sont attaquées, des substances volatiles. Les végétaux situés à proximité peuvent capter ces signaux chimiques et en tirer parti en préparant leur défense contre les agresseurs.

On sait que les plantes sont douées en matière d'échanges de gaz ; ne sont-elles pas capables de construire des forêts à partir du dioxyde de carbone prélevé dans l'air ?

En revanche, on sait moins que 36% du carbone assimilé est relâché sous la forme de bouquets complexes de composés organiques volatiles (COVs). Si une partie des COVs sont de simples déchets, d'autres assurent des fonctions importantes.

Ainsi, c'est grâce aux COVs que les plantes attaquées par un herbivore préviennent leurs consœurs, qui peuvent alors modifier leur propre résistance. Il n'y a naturellement pas de volonté de communication ; la sélection naturelle a favorisé les plantes capables d'être « à l'écoute » des COVs dégagés par leurs voisines et d'en tirer parti.

La réponse déclenchée par la plante alertée par les COVs peut être directe, par mobilisation d'alcaloïdes, phénols et autres protéines de défense contre les agresseurs. Dans d'autres cas, la plante qui reçoit le signal de menace réagit en offrant des récompenses alimentaires aux ennemis des herbivores, qui peuvent être des parasitoïdes, insectes qui pondent leurs œufs dans les larves d'insectes herbivores, conduisant à leur mort.

Enfin, ces communications chimiques fonctionnent également entre plantes d'espèces différentes. Des chercheurs ont coupé les feuilles de pieds d'*Artemisia tridentata*, buisson commun des déserts américains, pour simuler l'agression par un herbivore. Des plants de tabac plantés à 15 centimètres de ces *Artemisia* « stressés » subirent moins d'attaques d'herbivores (et produisirent davantage de graines) que leurs homologues plantés à proximité d'*Artemisia* intacts et donc « silencieux ». Les *Artemisia* « attaqués » avaient libéré des COVs qui ont alerté les pieds de tabac ; ces derniers ont alors pu accélérer la production de protéines de défense pour quand ils seront attaqués à leur tour.



Artemisia tridentata

Des réseaux bouleversés

Les réseaux du vivant connaissent actuellement des bouleversements considérables, liés à l'action des hommes. La raréfaction de certaines espèces et la transformation des milieux peuvent entraîner des effets en cascades parfois inattendus. Ces mécanismes complexes peuvent avoir des conséquences socio-économiques importantes.



CÉTACÉS POUR LES OISEAUX

UNE CONSÉQUENCE INATTENDUE DE LA RARÉFICTION DES BALEINES

Les baleines remontent des nutriments à la surface des mers, ce qui favorise de nombreuses espèces, dont les oiseaux. La raréfaction des baleines met à mal ce mécanisme.

Les baleines grises jouent un rôle écologique important, en particulier en transférant des matières nutritives au cours de leur alimentation et de leur migration. On sait par exemple que les cadavres de baleines posés dans les profondeurs de l'océan constituent des zones importantes de concentration de la biodiversité.

De même, en s'alimentant sur le fond, les baleines mettent en mouvement des masses considérables de sédiments et entraînent à la surface de nombreux invertébrés dont se nourrissent les oiseaux marins.

On a estimé qu'au début de la chasse à la baleine, plus d'un million d'oiseaux de mer pouvait se nourrir grâce à ces cétacés. La population de baleines grises est passée d'environ 100 000 à 20 000 individus en un siècle, et les oiseaux qu'elles « nourrissent » ne sont plus que 200 000 aujourd'hui. Heureusement, un moratoire sur l'exploitation des baleines est appliqué depuis des années par une grande majorité de pays.



Pour en savoir plus :

Cury P., Miserey Y., 2008. Une mer sans poisson. Calman-Lévy.



Les grands requins se sont beaucoup raréfiés, ce qui a entraîné la multiplication de certaines raies et de petits requins, d'où l'effondrement des proies de ces derniers.

LA MER A BESOIN DE SES DENTS !

LES CONSÉQUENCES DE LA RARÉFACTION DES REQUINS

Sur la côte Est des Etats-Unis, onze espèces de requins ont vu leurs populations diminuer de 87 à 99 %, à cause d'une pêche excessive durant les 35 dernières années.

La raréfaction de ces grands prédateurs a favorisé leurs proies, notamment de petits requins et 12 espèces de raies, dont certaines ont constitué des populations considérables. La Mourine américaine, ou Raie pastenague, a ainsi vu ses effectifs multipliés par 20 depuis 1970, jusqu'à atteindre 40 millions d'individus. Cette explosion démographique a provoqué l'effondrement des proies des raies, et en particulier des coquilles Saint-Jacques et des palourdes. Ainsi, en Virginie et au Mariland, la production annuelle de coquillages est passée de 840 000 tonnes à 300 tonnes en 2003 !

Ce problème est mondial ; presque toutes les espèces de grands requins (plus de 50 espèces) connaissent un déclin alarmant.

Sources :

Myers R.A., et al. 2007. Cascading Effects of the Loss of Apex Predatory Sharks from a Coastal Ocean. Science.



© T. Goss

« J'ai assisté à l'extermination des loups, Etat par Etat. J'ai vu le visage de bien des montagnes privées de leurs loups, j'ai vu les adrets se rider d'un lacs de pistes de cerfs toutes neuves. (...) »

A présent, je soupçonne que, de la même manière qu'un troupeau de cerfs vit dans la crainte mortelle de ses loups, la montagne vit dans la crainte mortelle de ses cerfs. »

Aldo Leopold, 1949. Almanach d'un comté des sables. Réédition GF Flammarion, 2000. 290 p.



LA CASCADE DE LA MORUE

UN EXEMPLE DE PERTURBATION EN CHAÎNE D'UN ÉCOSYSTÈME MARIN

A cause d'une pêche excessive, les populations de morues de l'Atlantique nord se sont effondrées depuis 40 ans. Il en est résulté un profond dysfonctionnement de la reproduction de cette espèce et de toute la chaîne alimentaire dont elle faisait partie.

L'effondrement des populations des morues de Terre-Neuve est bien connu : les prélèvements sont passés de 810 000 tonnes en 1968, année record, à seulement 122 000 tonnes en 1991. Malgré un moratoire, puis l'interdiction totale de la pêche, les effectifs ne se sont pas reconstitués, pour différentes raisons : poursuite des captures de morues considérées comme des « prises accessoires » dans le cadre d'autres pêcheries, dégradation du milieu...

En 2002, Esben Olsen lance un pavé dans la mare en considérant que la pêche a fondamentalement fragilisé l'espèce. Des siècles de pêche de plus en plus intense, ciblant sur les poissons les plus gros, auraient provoqué une sélection génétique en faveur d'individus plus petits à âge égal, mais se reproduisant à un âge plus précoce. Les morues, plus jeunes et surtout plus petites, produisent 2 à 3 fois moins d'œufs, eux-mêmes plus petits, et donnant naissance à des larves plus vulnérables. Bref, l'effondrement des stocks se double d'un effondrement du potentiel reproductif de l'espèce. Et voilà que s'amorce ce que les écologues appellent une spirale d'extinction, où interviennent à la fois l'effet Allee - un processus qui touche les populations à faibles effectifs et qui se traduit par une chute du succès de reproduction - et les modifications du réseau trophique auquel appartient l'espèce.

Ainsi, l'effondrement de la population de morues sur les côtes de Nouvelle-Ecosse (Canada), accompagné de celui de quelques autres espèces commercialement exploitées, telles le Haddock, l'Aiglefin ou la Raie ocellée, entraîna un bouleversement complet du réseau trophique marin. La rupture se produisit à la fin des années 1980 et au début des années 1990. L'effondrement du contrôle exercé par les grands poissons prédateurs, notamment la Morue, entraîna la prolifération de petits poissons et de crustacés tels que le Crabe neigeux *Chinocetes opili* et la Crevette *Pandalus borealis*, auparavant proies principales des grands prédateurs.



Les effets indirects de cette évolution furent tout aussi nets : les « grandes » espèces de zooplancton herbivore, soumises à la prédation des petits poissons, des crabes et des crevettes, régressèrent. Quant au phytoplancton, il vit naturellement son abondance croître grâce à la raréfaction du zooplancton ; le développement de cette biomasse végétale fit diminuer les concentrations en nitrate. Enfin, les phoques, gros consommateurs de petits poissons pélagiques et d'invertébrés benthiques, profitèrent de la raréfaction des morues.

Il s'agit d'une véritable spirale infernale : beaucoup des poissons et crustacés devenus plus abondants se nourrissent entre autres d'œufs et d'alevins et juvéniles de morues. De même, la diminution du zooplancton de 45% entre 1980 et la fin des années 90, est un « manque à manger » préjudiciable pour les petites morues !

Les pêcheurs, pour leur part, se sont adaptés ; ils ont - par nécessité - abandonné la Morue et tirent aujourd'hui leurs revenus de l'exploitation des crabes et autres crevettes... jusqu'à la prochaine rupture trophique.



Pour en savoir plus :

Frank et al., 2005. Trophic cascades in a formerly cod-dominated ecosystem. *Science* 308 : 1621-1623



LE SAUMON MENACÉ PAR UN POU

L'INFLUENCE DES ÉLEVAGES SUR LES POPULATIONS SAUVAGES

Les élevages de saumons provoquent de nombreux effets négatifs sur les écosystèmes : pression de pêche pour la production de poissons fourrage, transmission aux saumons sauvages de parasites provenant des saumons d'élevage, risque de contamination génétique...

Le Saumon sauvage est pêché depuis des milliers d'années, mais les stocks de ce poisson ont encore chuté de 75% au cours des 20 dernières années. Le Saumon atlantique a entièrement disparu de nombreuses rivières et fleuves d'Europe et d'Amérique du Nord dans lesquels il abondait.

Le Saumon de l'Atlantique que nous consommons est devenu un produit d'élevage ; seul 0,2 % provient de la pêche. Pour les saumons du Pacifique, les proportions sont différentes : 12 % pour l'élevage et 88 % pour la pêche.

C'est au début des années 1960, en Ecosse et en Norvège, que l'on a commencé à élever le Saumon atlantique dans des fermes. Aujourd'hui, le saumon est, après la crevette, le 2^{ème} produit de la mer en termes de valeur marchande.

Certes, la production de saumons dans des fermes d'aquaculture réduit l'impact sur les populations sauvages, mais l'élevage présente bien des inconvénients.

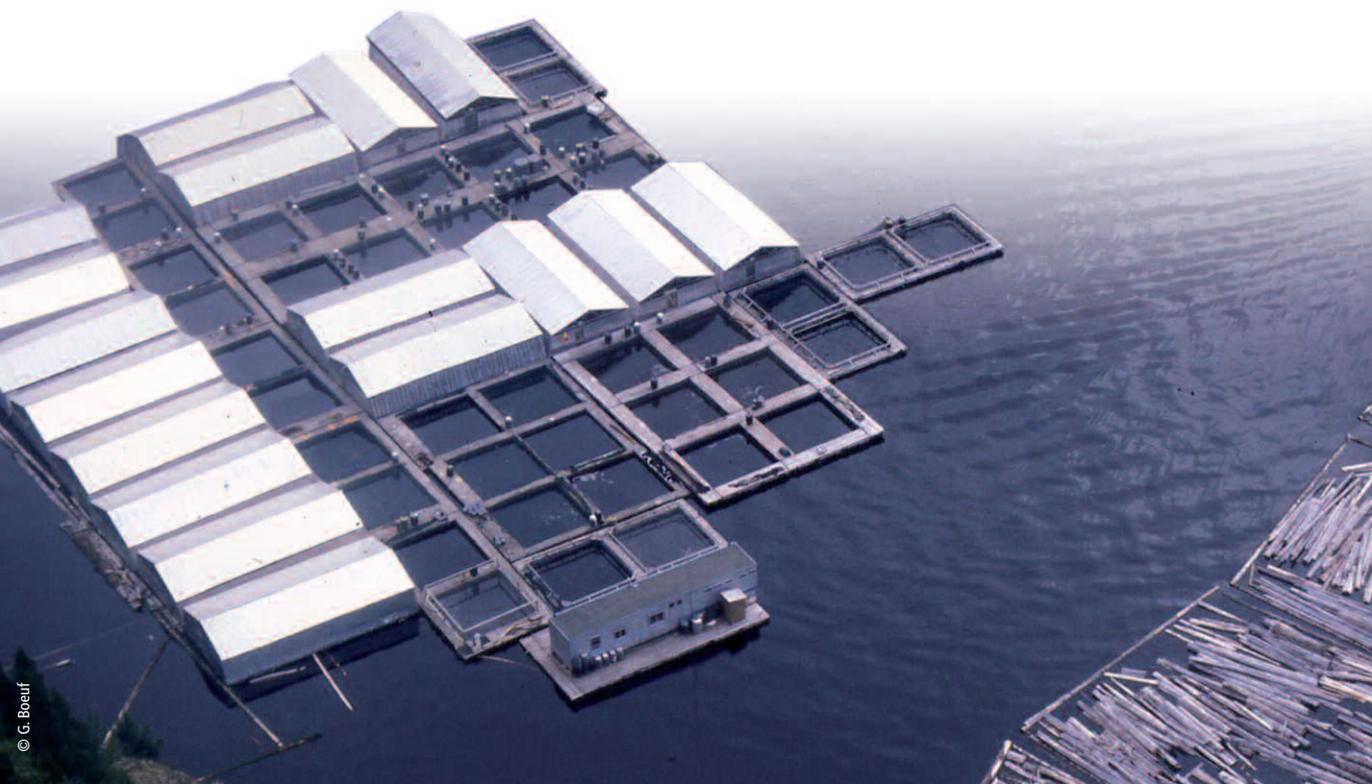
Le rendement énergétique de l'élevage de ce carnivore est moins bon dans les fermes marines : il faut plus de nourriture pour la croissance d'un saumon d'élevage que pour celle d'un saumon sauvage, ce qui, paradoxalement, augmente la demande pour d'autres poissons sauvages, capturés pour servir d'aliments aux saumons d'élevage.

En outre, les fermes d'élevage sont de véritables sites de reproduction de parasites, tel le Pou de mer, un crustacé copépode qui peut provoquer la mort du saumon. Les saumons d'élevage sont traités contre ce parasite, ce qui n'est pas le cas des poissons sauvages qui passent à proximité et se retrouvent par conséquent infestés. Un article récent paru dans Science



indique que certaines populations de saumons sauvages risquent ainsi une extinction proche. A cela s'ajoute un autre danger, le risque que le bagage génétique des saumons d'élevage vienne "polluer" celui des saumons sauvages.

Alors que le Saumon met entre 3 et 5 ans pour parvenir à maturité dans la nature, on vient de mettre au point une variété génétiquement modifiée qui arrive à taille commercialisable en seulement une année. Il faudra rendre stériles ces poissons pour éviter leur dissémination dans le milieu naturel et la disparition de la souche sauvage, moins compétitive.



LE CHIENDENT À L'ASSAUT DE LA BAIE

UNE CONSÉQUENCE DE L'EUTROPHISATION DE LA BAIE DU MONT SAINT-MICHEL

Les activités agricoles dans le bassin versant apportent des matières nutritives à la baie du Mont Saint-Michel. Il en résulte le développement des prairies à Chiendent, moins originales que les formations à Obione et Puccinellie qui préexistaient.

Comme d'autres espaces de ce type, la baie du Mont Saint-Michel connaît une dynamique sédimentaire complexe, faite de dépôts et d'érosions.

Le dépôt de sédiments meubles (appelée ici la tangué) permet la colonisation progressive par la végétation, depuis les formations pionnières à Salicornes, les bas marais à Puccinellie, les moyens marais à Obione, jusqu'aux hauts marais à Chiendent maritime. Cet ordonnancement reste schématique, puisqu'il est régulièrement remis en cause par les érosions et les atterrissements. Au bout du compte, les marais salés de la baie du Mont-Saint-Michel connaissent une progression moyenne de 15 à 20 hectares par an. On sait que les activités humaines (digues, aménagements fluviaux...) ont profondément perturbé la dynamique des sédiments en rendant nécessaires les coûteux travaux de restauration du caractère maritime du Mont.

Une analyse plus fine montre que d'autres mécanismes, moins visibles, modifient la dynamique de la végétation des marais salés.

Depuis longtemps, les marais sont valorisés, notamment par l'élevage de moutons dont l'action fait disparaître la zonation végétale et les espèces caractéristiques de chaque type de marais. La graminée des bas marais, la Puccinellie, envahit tout l'espace. L'activité de pâturage transforme donc un marais diversifié en un système dominé par une seule espèce de graminée. Cette transformation a des effets importants sur la faune d'invertébrés (disparition d'une partie des espèces spécifiques de ces milieux) et sur les fonctions du marais salé vis-à-vis de la faune. Les prairies à Puccinellie peuvent accueillir des canards herbivores comme les siffleurs, mais elles ne présentent pas l'intérêt des marais à Obione, tant pour la faune d'invertébrés qu'en termes d'échanges avec le milieu marin voisin.

Trois fleuves, pour une surface de bassins versants de 3 200 km², se jettent dans la Baie. Ces apports terrestres, a priori modestes, affectent pourtant la biodiversité des marais salés. On constate, depuis une quinzaine d'années, une forte expansion



du Chiendent maritime, espèce indigène caractéristique des hauts marais. Cette espèce présente, dans certaines zones de la Baie, une dynamique d'espèce monopoliste, en particulier au détriment de l'Obione. Cette évolution a des conséquences ambivalentes en termes de biodiversité. D'un côté, on constate une augmentation du nombre d'espèces d'invertébrés présentes par arrivée d'espèces continentales des milieux adjacents. D'un autre côté, on note une régression importante de certaines espèces spécifiques des marais salés.

L'invasissement de la Baie par le Chiendent maritime est très probablement causé par un phénomène d'eutrophisation. On sait par exemple que les teneurs en nitrates dans les eaux du Couesnon sont passées de 5 mg/l en moyenne en 1970 à près de 45 mg/l en moyenne en 2000, à cause de l'évolution des pratiques agricoles dans le bassin versant. Le Chiendent est d'ailleurs accompagné par d'autres espèces nitrophiles (*Aster tripolium*, *Atriplex hastata*). On peut supposer que l'extension du Chiendent a également été favorisée par l'abandon de l'écobuage des herbages et par la clôture des marais salés, impliquant un moindre recours aux bergers.

Cet exemple montre toute la complexité des phénomènes en jeu, et le caractère quelque peu relatif de la notion de biodiversité : si la Puccinellie est favorable aux canards, l'Obione joue un rôle important pour le milieu marin. La progression du Chiendent s'accompagne de l'augmentation du nombre d'espèces, mais il s'agit d'espèces généralistes, alors que le phénomène entraîne la régression des espèces spécialistes, peu nombreuses mais remarquables. En terme de fonctionnement, les marais à Obione exportent de la matière organique qui enrichit le milieu marin ; en revanche, le Chiendent, riche en lignine, se décompose lentement, stockant la matière organique, ce qui réduit les services rendus par les marais salés.



Pour en savoir plus :

- Lefeuvre J.C., 2008. La baie du Mont-Saint-Michel. Ed Actes Sud, 2e édition, 48p.
- Lefeuvre J.C., 2007. Natural world heritage: a new approach to integrate research and management. International Journal of Heritage Studies, Vol. 13, Issue 4&5 July 2007, 350-364.

Evolution de la végétation de la baie du Mont Saint-Michel



L'ACACIA S'EST TROMPÉ DE CONCIERGE

LES CONSÉQUENCES COMPLEXES DE LA DISPARITION DES GRANDS HERBIVORES

Les acacias de la savane africaine offrent le gîte et le couvert à des fourmis qui les protègent des herbivores. Étonnamment, la disparition de ces grands animaux est négative pour les arbres, à cause d'un jeu complexe de relations entre espèces.

Imaginez une savane africaine ponctuée d'acacias et parcourue par des troupeaux d'antilopes, girafes et éléphants. Posez une clôture pour empêcher ces animaux d'entrer dans une parcelle, et attendez huit ans... Que se passera-t-il ? Les arbres vont-ils profiter de l'absence d'herbivores ?

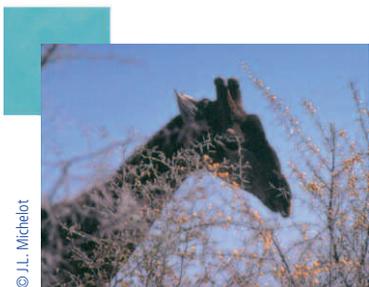
Des chercheurs, après avoir tenté l'expérience au Kenya, montrent que l'inverse s'est produit : les acacias se sont développés moins rapidement dans l'enclos, avec plus de mortalité.

Ce phénomène s'explique par l'un de ces mécanismes complexes dont la nature a le secret.

Les acacias abritent quatre espèces de fourmis auxquelles ils offrent le gîte et le couvert. Au nœud des branches, ils produisent des épines classiques, mais aussi des épines gonflées et creuses qui servent d'abris aux fourmis. En outre, ils sécrètent par des glandes (nectaires) un nectar riche en sucres. En échange de ces faveurs, les fourmis défendent agressivement les arbres contre les herbivores.

Après l'arrêt du broutage, l'acacia diminue ses cadeaux aux fourmis (nectaires actives et épines gonflées). Il en résulte une diminution de *Crematogaster mimosae*, l'espèce de fourmi la plus dépendante de ces récompenses, qui est aussi la plus agressive envers les herbivores et la plus abondante en conditions naturelles. À l'inverse, *Crematogaster sjostedti* tire parti de la fragilité de sa concurrente, au point de voir doubler ses effectifs. Cette espèce n'est pas une bonne locataire pour l'acacia. Plus indépendante vis-à-vis des cadeaux, elle défend peu l'arbre contre les herbivores, et pire, elle favorise activement les coléoptères (capricornes - *Cerambyx*) qui creusent dans le bois des cavités dans lesquelles elle gîte.

Moralité : en l'absence d'herbivores, l'arbre favorise une fourmi qui favorise son propre ennemi !



© J.L. Michelot



LE PRÉSIDENT, LA POMME DE TERRE ET LE CHAMPIGNON

D'ÉTRANGES ÉCHANGES ENTRE L'EUROPE ET L'AMÉRIQUE

Entre 1846 et 1849, un champignon attaqua massivement les pommes de terre cultivées par de petits paysans irlandais. La famine qui en résulta causa des centaines de milliers de morts et une immigration massive vers les Etats-Unis.

L'Amérique doit son président John Kennedy... à un champignon. Voilà l'histoire.

En 1840 l'Irlande abritait environ 8 millions d'habitants. Nombre d'entre eux étaient de petits agriculteurs qui travaillaient dans de grands domaines appartenant souvent à des anglais ; en contrepartie, ils pouvaient cultiver une petite surface (0,4 à 2 hectares) pour nourrir leur famille. Sur ces lopins aux terres peu fertiles, la pomme de terre était la culture la plus productive, constituant donc une monoculture sensible aux maladies.

Un champignon oomycète, le *Phytophthora infestans*, fit alors son apparition en Irlande. L'hypothèse a été avancée que cette colonisation a été rendue possible par la réduction du temps de traversée de l'Atlantique grâce à des voiliers rapides, les clippers. Auparavant, sur les navires plus lents, le parasite attaquait les pommes de terre à bord, les détruisait et mourait avant l'arrivée en Europe.

Entre 1845 et 1849, ce « potato blight » (mildiou de la pomme de terre) s'est attaqué massivement à la production, rendant les tubercules impropres à la consommation ; elle détruisit entre un tiers et la moitié de la récolte en 1845, presque la totalité en 1846.

Pendant cette période, l'Irlande resta exportatrice nette de produits agricoles (céréales, viande de boeuf, lin) vers la Grande-Bretagne, mais cela ne profita pas aux petits paysans. La famine causa des centaines de milliers de morts et l'émigration de 1,5 à 2 millions de personnes. En 5 ans, l'Irlande perdit 2,5 millions d'habitants.

La boucle était bouclée ; l'Amérique avait offert la pomme de terre - et son parasite - à l'Europe, qui en retour, lui envoya des centaines de milliers de jeunes gens, dont les descendants représentent environ 25% de la population de Boston, New-York, Philadelphie et Baltimore. Parmi eux, Patrick Kennedy, né en 1823 dans le County Wexford, émigra à l'époque à Boston où il se maria en 1849 et y créa la fameuse dynastie.



LE PALMIER, LA PUNAISE ET LE PROTOZOAIRE

LA DÉFORESTATION ET LA TRANSFORMATION DES PAYSAGES
FAVORISE LA MALADIE DE CHAGAS

En Amérique latine, les activités humaines entraînent le développement des palmiers, ce qui favorise les populations de punaises, vecteurs de la maladie de Chagas.

La maladie de Chagas touche 20 millions de personnes dans toute l'Amérique latine ; 90 millions vivent dans les zones à risque. Cette infection parasitaire grave est due au protozoaire *Trypanosoma cruzi*, transmis par la piqûre de punaises hématophages et leurs déjections sur la plaie.

137 espèces de punaises peuvent transmettre cette Trypanosomiase et plus de 1 000 espèces animales peuvent l'héberger. Les changements environnementaux, en modifiant les conditions de vie de ces espèces, ont des conséquences fortes sur la diffusion de la maladie.

Dans les régions arides, l'environnement a beaucoup changé au cours des dernières décennies : augmentation d'une population humaine vivant dans des conditions socio-économiques extrêmement précaires, construction de routes associée à des habitations sommaires le long de ces voies, présence de nombreux animaux domestiques, développement des villes avec leurs bidonvilles... Toutes les conditions ont été réunies pour fournir le « gîte et le couvert » à certaines punaises vectrices de la maladie, entre autre le trianome, et pour trouver de nombreux mammifères domestiques « réservoirs ».

Dans les écosystèmes forestiers tropicaux humides d'Amazonie ou d'Amérique centrale, la maladie est transmise par les punaises du genre *Rhodnius* qui vivent dans la couronne des palmiers. Dans ces régions, on constate un fort développement des palmiers à la suite de plusieurs mécanismes : déforestation, avec remplacement de systèmes forestiers très diversifiés (où les palmiers étaient isolés) par des monocultures de palmiers à huile, développement de zones d'élevage envahies par des



palmiers, « embellissement » des villes par des avenues bordées de palmiers... Tout concourt au développement et à la dissémination des populations des punaises vectrices que sont les *Rhodnius*.

D'autres facteurs concourent à la diffusion de la Trypanosomiase : mouvements de populations humaines depuis des zones où la maladie est endémique vers des zones a priori indemnes, contaminations lors de transfusions sanguines ou par voie placentaire, contamination par des boissons souillées par des déjections de punaises...

Cet exemple montre que certains problèmes de santé publique sont intimement liés aux modifications de l'environnement. Il s'avère indispensable de prendre en compte ce problème dans l'analyse des conséquences de la déforestation.

Traiter un problème écologique, systémique et complexe comme la maladie de Chagas exige l'adoption de solutions globales, écologiquement valides, pour que les résultats soient durables.



Pour en savoir plus :

- Carvalho L., 2005. Déforestation et risque d'émergence de la Trypanosomiase américaine. Master Pro EGRSE.
- OTCA, 2006. Changements globaux et émergence de la maladie de Chagas en région amazonienne. Note conceptuelle.



TEMPÊTE DANS UNE BOURRICHE

LA BIODIVERSITÉ DES HUÎTRES EN FRANCE

Deux fois depuis le 19^{ème} siècle, les espèces d'huîtres cultivées en France ont été touchées par des épidémies. Les ostréiculteurs ont alors été contraints de trouver de nouvelles espèces.



© G. Boeuf / Huître creuse

En savourant une assiette d'huîtres, nous n'avons pas conscience des enjeux qu'elle représente en termes de biodiversité !

De quelles espèces parlons-nous ?

Les romains consommaient et cultivaient déjà l'Huître plate, notre espèce native, encore dénommée "Belon", *Ostrea edulis*. De véritables dispositions d'élevage ont été développées autour du XVII^{ème} siècle sur le littoral atlantique. Le naissain sauvage (les juvéniles) était collecté sur les rochers et mis en élevage en parcs, le cycle s'étalant sur 4 à 5 ans. L'usage de collecteurs en bois, plus efficaces, a débuté vers la fin du XIX^{ème} siècle.

Une seconde espèce, *Crassostrea angulata*, l'Huître portugaise, fut introduite vers 1860, suite au naufrage d'un navire transportant du naissain vivant. Elle s'adapta si bien à nos eaux qu'aux alentours de 1910, production et consommation françaises étaient également réparties sur les deux espèces (au total, environ 20 000 tonnes). Sur le littoral atlantique et les côtes de la Manche, les maxima de production étaient atteints dans les années 1960 (85 000 tonnes de portugaise, 28 000 tonnes de plate). Les sites de Marennes-Oléron et du Bassin d'Arcachon, très protégés des coups de vent et autres événements climatiques, amenaient à des stockages en surdensité qui provoquèrent des perturbations des tissus branchiaux, des croissances plus faibles, des maladies et mortalités importantes, surtout entre 1970 et 1973. Ces épisodes aboutirent à la disparition de l'Huître portugaise.

Les éleveurs réagirent à cette catastrophe en introduisant une nouvelle espèce, l'Huître creuse, ou « Japonaise », *Crassostrea gigas*, en provenance du Pacifique Nord, en 1972. L'industrie redécolla



Huitres plates

spectaculièrement mais une nouvelle catastrophe décima rapidement l'Huître plate sur pratiquement tous les sites : deux parasites, *Marteilia refringens* et *Bonamia ostreae*, en provenance de la côte Est des Etats-Unis avaient été introduits accidentellement avec des huîtres vivantes américaines (*Crassostrea virginica*) importées.

Aujourd'hui plates et japonaises cohabitent en certains endroits mais rares sont ceux qui permettent une production commercialisable de plates (sud de la Bretagne, Corse...).

Notre huître « nationale », la Belon, malgré de nombreux plans de sauvegarde et de repeuplement menés depuis 40 ans, est toujours très menacée, seulement 1 800 tonnes étant produites chaque année. La production de Japonaise est importante (120 000 tonnes aujourd'hui, plus de 150 000 en 2000), à tel point que la France se situe au premier rang européen. Cette activité évolue avec de nombreux échanges de naissains inter-régionaux, le démarrage de techniques et biotechnologies plus sophistiquées (écloseries et reproducteurs captifs, sélection génétique....)... Dans notre environnement changeant, le réchauffement global permet désormais la reproduction de l'espèce pratiquement partout.

Cette histoire montre l'importance de la biodiversité, puisque seul le remplacement des espèces nous a permis de poursuivre notre production... et notre consommation. Si demain l'Huître japonaise était à son tour frappée d'une épizootie grave, par quelle espèce la remplacerions-nous ?



Introductions d'espèces

L'invasion des écosystèmes par des espèces exotiques constitue, après la destruction des habitats, l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité mondiale, d'autant plus quand elle est favorisée par des modifications du climat.



PRÉDIRE LES INVASIONS BIOLOGIQUES : UN DÉFI POUR LA SCIENCE

Savoir si une espèce introduite se révélera invasive dans son nouveau milieu demeure aujourd'hui extrêmement difficile.

De manière globale, on cite souvent la règle empirique des « 3 x 10 » proposée en 1996 par le biologiste britannique Mark Williamson : sur 1000 introductions d'espèces, on observe qu'environ 100 seulement s'acclimateront mais ne se maintiendront pas sans de nouvelles introductions, à l'image de nombreuses espèces ornementales des jardins ; 10 se naturaliseront effectivement et une seule deviendra invasive.

Mais cette approche statistique n'est guère utile dans un cas particulier et beaucoup de naturalistes considèrent que le meilleur critère de prévision est de constater que l'espèce s'est déjà révélée invasive dans des milieux similaires. C'est dans cette optique que l'UICN (Union Internationale pour la conservation de la Nature) a établi une base de données mondiale sur les espèces invasives (www.isgg.org/database). Parmi les 100 espèces classées comme les plus invasives, on trouve, dans les espèces européennes, plusieurs espèces de mammifères domestiques (la Chèvre,

le Chat, la Souris), ou sauvages (le Cerf élaphe), des espèces aquatiques (le Crabe vert *Carcinus maenas*, la Moule bleue de méditerranée, la Carpe commune) et des plantes communes comme la Salicaire.

Pour raffiner l'analyse, on peut prendre en compte trois types de facteurs.

- les caractéristiques biologiques de l'espèce. Des espèces à forte fécondité, avec des possibilités importantes de dispersion ou, chez les plantes, des capacités de multiplication végétative (boutures, stolons, etc.) seront à surveiller particulièrement.
- la pression d'introduction : des introductions abondantes et répétées risquent davantage de donner lieu à une invasion qu'une introduction ponctuelle. De même, des introductions d'origines variées, en représentant une plus large diversité génétique, augmenteront le risque. C'est pourquoi des mesures de contrôle des introductions, même si elles ne sont pas totalement efficaces, sont à mettre en œuvre.
- les caractéristiques du milieu receveur : en particulier, des milieux dégradés ou perturbés ou de faible biodiversité seront plus vulnérables. A ce titre, les îles, dont la biodiversité est souvent réduite, surtout lorsqu'elles sont petites, sont particulièrement sensibles aux invasions. Ainsi, sur 2690 espèces végétales identifiées à Hawaï, on estime que 946 sont issues d'introduction.



Références :

- Vitousek P.M., D'Antonio C.M., Loope L.L., Westerbrooks R., 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist* 84: 468-478.
- Williamson M. and Fitter A., 1996. The characters of succesful invaders. *Biological conservation* 78: 163-170.
- Wittenber, R., M.J.W. (eds.) 2001. *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practies*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, xvii - 228. Disponible en français sur www.gip.org/publications.

UN DANGEREUX PASSAGER CLANDESTIN

LE SERPENT ENVAHISSANT DE L'ÎLE DE GUAM

Sur l'île de Guam, un serpent arboricole introduit accidentellement a, par sa prédation, entraîné la disparition des oiseaux forestiers.

L'île de Guam, dans l'archipel des Mariannes, abritait 25 espèces d'oiseaux il y a quelques décennies. Depuis, les populations ont décliné de façon spectaculaire : 4 espèces sont devenues si rares que leur survie est compromise et sept espèces sont aujourd'hui considérées comme éteintes.

Ce phénomène est lié à l'introduction d'un serpent, *Boiga irregularis*, arrivé à Guam depuis la Nouvelle-Guinée ou les îles Salomon, comme passager clandestin d'avions.

Ce serpent arboricole et nocturne est un prédateur redoutable pour les oiseaux, les œufs et les oisillons. Se nourrissant également de petits mammifères et de lézards très abondants ici, il peut atteindre des densités élevées (jusqu'à 5 000 au km²), tout en exterminant les proies les plus vulnérables.

Ce serpent constitue une menace sérieuse pour d'autres îles. Plusieurs individus ont été interceptés à l'aéroport d'Honolulu, à Hawaï ; la colonisation de cette île pourrait être dramatique pour son avifaune déjà menacée.



Pour en savoir plus :

Savidge J.A., 1987. Extinction of an island avifauna by an introduced snake, *ecology*, 68 : 660-668.



ECHANGES DE MAUVAIS PROCÉDÉS

INVASIONS VÉGÉTALES CROISÉES ENTRE EUROPE ET AMÉRIQUE

Certaines plantes originaires d'Amérique se sont acclimatées en Europe où elles sont considérées comme envahissantes. Il en va de même de certaines plantes européennes introduites en Amérique du Nord.

En France, on connaît bien certaines espèces venues d'Amérique du Nord et devenues envahissantes dans les milieux naturels : Solidages (verges d'or), Ambroisie (espèce allergène), Tortue de Floride...

Mais ce n'est là qu'un cruel retour des choses. Des espèces européennes bien plus nombreuses ont été introduites en Amérique ; certaines sont devenues indésirables.

Ainsi, la Salicaire est une plante de nos zones humides, dont les jolies fleurs violettes sont parmi les plus colorées. Cette plante s'est installée au nord-est des Etats-Unis dès le début du 19^{ème} siècle, et elle a connu depuis cette date une progression importante, atteignant aujourd'hui la côte Pacifique.

Au Canada et aux Etats-Unis, la Salicaire est accusée de nombreux maux : concurrence des espèces indigènes, diminution du potentiel des milieux pour le gibier, obstruction des canaux... Ces nuisances ont justifié la mise en œuvre de moyens importants de lutte : information du public, contrôle mécanique, traitements chimiques, introduction de trois espèces d'insectes européens consommateurs des racines et des feuilles...

La Salicaire n'est pas la seule plante européenne envahissante dans les zones humides américaines. Outre la Bourdaine, le Phalaris et le Myriophylle, on compte dans cette liste des espèces menacées et protégées dans de nombreuses régions de France, comme le Butome (ou Jonc fleuri) et l'*Hydrocharis* Mors de Grenouille.



La Salicaire



Pour en savoir plus :

Site d'Environnement Canada :

http://www.cws-scf.ec.gc.ca/publications/inv/cont_f.cfm

LES INTRUS N'ARRIVENT JAMAIS SEULS

LES OISEAUX DE HAWAÏ, LES ÉCUREUILS DE GRANDE-BRETAGNE... ET LEURS PARASITES

Certaines espèces introduites, en colonisant de nouveaux territoires, portent atteinte aux espèces locales, en les concurrençant, mais aussi en leur apportant des parasites dangereux.

Les espèces animales apportées par les hommes en dehors de leur aire d'origine véhiculent bien souvent des parasites qui peuvent se transmettre à de nouveaux hôtes moins résistants. Cet effet aggrave l'impact des invasions biologiques sur les espèces locales (prédation, compétition...).

■ L'AVIFAUNE D'HAWAÏ

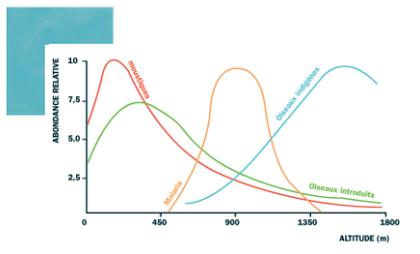
Hawaï, archipel isolé dans l'océan Pacifique, abritait une flore et une faune endémiques et diversifiées, qui ont considérablement souffert de l'arrivée des hommes venus de Polynésie, puis d'Amérique.

Ainsi, de nombreuses espèces d'oiseaux disparurent, comme sur bien d'autres îles, à cause de la chasse, de la modification des habitats, puis de l'introduction des rats et des mangoustes, prédateurs redoutables pour des oiseaux terrestres.

En outre, certaines études montrent que l'introduction d'oiseaux exotiques, dès les années 1900, a eu pour conséquence l'apparition sur l'archipel du paludisme aviaire, transmis par le moustique *Culex quinquefasciatus*, lui-même introduit accidentellement en 1827.

Contrairement aux oiseaux introduits, les espèces indigènes sont très peu résistantes à ce parasite, ce qui accéléra leur régression. On peut également noter qu'un autre parasite, responsable de la variole aviaire, est aussi impliqué.

Aujourd'hui, les espèces indigènes de Hawaï se localisent dans les zones de haute altitude où le moustique vecteur du paludisme ne peut pas vivre. A basse altitude, le paludisme est très présent, empêchant la recolonisation des milieux par les oiseaux indigènes.



Représentation schématique des oiseaux, des moustiques et de la malaria en fonction de l'altitude

■ LES ÉCUREUILS DE GRANDE-BRETAGNE

L'Écureuil roux, espèce indigène de l'Europe, a disparu d'une grande partie des îles Britanniques, à cause de l'introduction, à la fin du 19^{ème} siècle, de l'Écureuil gris, d'origine américaine. Le nouveau venu y a presque gagné la bataille puisqu'il compte environ 3 millions d'individus, contre 160 000 écureuils roux, principalement confinés en Ecosse.

Une partie de ce phénomène semble attribuable à un parasite (*Parapoxvirus*) amené par l'Écureuil gris, qui est un porteur sain, alors qu'il est mortel pour le roux. Ce phénomène donne un grand avantage à l'intrus dans sa compétition avec l'espèce indigène pour l'exploitation des milieux.

Certaines simulations prédisent la disparition complète de l'Écureuil roux dans les îles britanniques en 2025, à l'exception de quelques sites refuges isolés.

Notons enfin que l'Écureuil gris est susceptible de coloniser la France, à partir d'une population existant au nord de l'Italie et dont l'aire de distribution se rapproche d'année en année des frontières de notre territoire.



Sources :

- Barbault R., 1995. Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. Masson, Paris, 274 p.
- Tompkins, D.M. et al, 2003. Ecological replacement of native red squirrels by invasive greys driven by disease. Ecology Letters, 6 : 189-196.



LES DEUX FACES DE JANUS

L'ECREVISSE DE LOUISIANE EN CAMARGUE

L'Écrevisse de Louisiane s'est très bien acclimatée en Camargue, avec des conséquences contrastées. D'un côté, cette espèce procure une nourriture abondante aux hérons, mais d'un autre, elle bouleverse les chaînes alimentaires au détriment d'autres espèces.

Tel le dieu Janus de la mythologie romaine, l'Écrevisse de Louisiane présente deux faces opposées.

Originnaire d'Amérique du Nord, cette écrevisse, *Procambarus clarkii*, est une nouvelle venue en Europe en général, et en Camargue en particulier. Ce crustacé aux pinces longues et puissantes peut atteindre 20 centimètres de long ; sa carapace présente de belles couleurs rouges. Elle s'est bien acclimatée dans toute la zone méditerranéenne, entre autres raisons parce qu'elle peut résister de façon étonnante à de longues périodes de dessiccation. Ainsi, elle a colonisé la plupart des marais et canaux en Camargue.

Ce crustacé fait le régal de la plupart des oiseaux piscivores, au point que le statut des hérons n'a jamais été aussi florissant et que la Camargue est devenue le seul lieu où nichent les neuf espèces de hérons européens. On a pu montrer que la plus grande partie du régime alimentaire du Butor étoilé, espèce rare et menacée, est actuellement composée de cette écrevisse. Les ornithologues et bien des écologistes se frottent les mains ! Cette écrevisse est sympathique dans un tout autre domaine. Avec des pontes de 700 œufs, sa démographie est telle qu'elle est devenue une source de revenus pour certaines personnes qui la transforment en bisque qu'ils commercialisent.

Voilà pour le bon côté de Janus. Mais l'autre face est moins réjouissante.

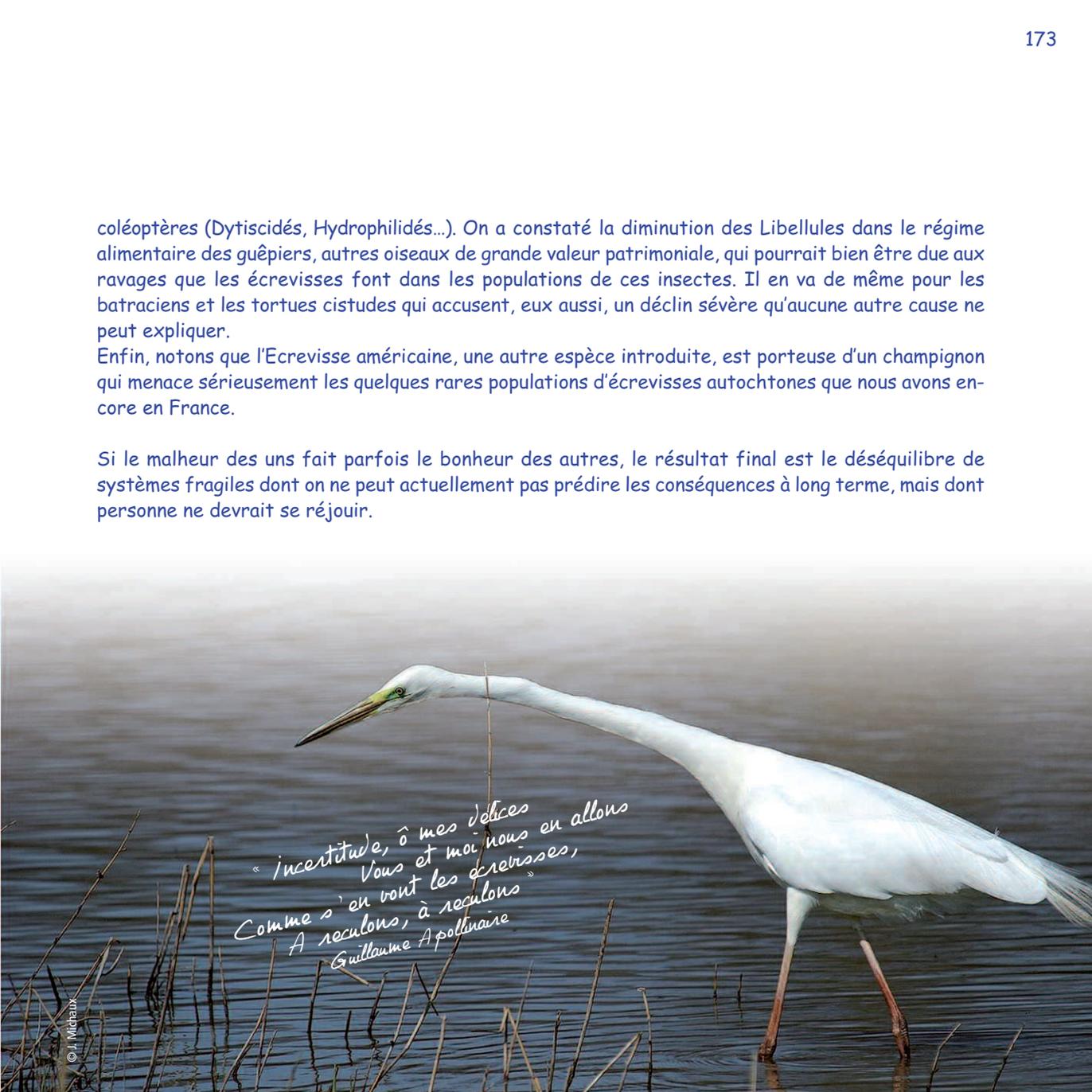
La prolifération de cette écrevisse explique probablement la diminution alarmante de bien d'autres composantes des communautés vivantes de Camargue, en particulier les grands insectes dont les larves sont aquatiques comme les libellules ou de nombreux



coléoptères (Dytiscidés, Hydrophilidés...). On a constaté la diminution des Libellules dans le régime alimentaire des guêpiers, autres oiseaux de grande valeur patrimoniale, qui pourrait bien être due aux ravages que les écrevisses font dans les populations de ces insectes. Il en va de même pour les batraciens et les tortues cistudes qui accusent, eux aussi, un déclin sévère qu'aucune autre cause ne peut expliquer.

Enfin, notons que l'Écrevisse américaine, une autre espèce introduite, est porteuse d'un champignon qui menace sérieusement les quelques rares populations d'écrevisses autochtones que nous avons encore en France.

Si le malheur des uns fait parfois le bonheur des autres, le résultat final est le déséquilibre de systèmes fragiles dont on ne peut actuellement pas prédire les conséquences à long terme, mais dont personne ne devrait se réjouir.



*« incertitude, ô mes délices
 Vous et moi nous en allons
 Comme s'en vont les écrevisses,
 A reculons, à reculons »
 Guillaume Apollinaire*

L'introduction de renards sur les îles aléoutiennes a provoqué un effondrement des populations d'oiseaux marins. Il en résulte une modification de la végétation qui ne bénéficie plus des apports nutritifs des fientes d'oiseaux.



© O. Grunewald



© O. Grunewald

ATTILA DES ALÉOUTIENNES

LÀ OÙ LE RENARD PASSE, L'HERBE NE REPOUSSE PAS

L'archipel des Aléoutiennes est un ensemble d'îles volcaniques éloignées à l'ouest de l'Alaska. 29 espèces d'oiseaux marins nichent actuellement sur ces îles, atteignant ensemble plus de 10 millions d'individus.

Après l'effondrement du commerce maritime de fourrures à la fin du 19^{ème} et au début du 20^{ème} siècle, des renards furent introduits dans plus de 400 îles de l'Alaska comme source additionnelle de fourrure. Les renards introduits dévastèrent les avifaunes locales, particulièrement les oiseaux marins, nichant au sol et peu adaptés à la prédation.

Cependant, plusieurs îles restèrent dépourvues de renard, soit parce qu'aucun ne fut introduit, soit parce que les introductions échouèrent.

Cette situation a créé une « expérience » à grande échelle et sur plus d'un siècle, permettant d'évaluer les effets de la prédation. Les chercheurs ont pu comparer 18 îles, pour moitié avec ou sans renards, aussi semblables que possible par la taille et la localisation dans l'archipel.

Les densités d'oiseaux marins nicheurs sont près de 100 fois moindres dans les îles peuplées de renards, d'où une forte diminution du volume de guano que les oiseaux déposent au sol après avoir été s'alimenter en mer ; les apports annuels de guano sont passés de 362 à 6 g/m² en moyenne. Il en résulte une diminution de la fertilité des sols : le phosphore du sol est trois fois moins abondant dans les îles à renards.

La composition du tapis végétal est dominée par les graminées en l'absence de renard, avec une biomasse 3 fois supérieure à ce qu'elle est dans les îles à renards, tandis que les buissons sont

plus abondants dans ces dernières, avec un équilibre entre buissons, graminées, et autres herbacées. La végétation a évolué de la prairie à la toundra suite à l'apparition des renards. La concentration en azote des plantes est significativement plus élevée sur les îles sans renard et il en est de même chez des mollusques, des diptères, des arachnides et des passereaux.

Les îles sans renard sont fortement « alimentées » par des nutriments de provenance océanique qui enrichissent tout l'écosystème. Des prédateurs introduits peuvent exercer sur des proies « naïves » une pression dont les effets indirects peuvent s'avérer dramatiques sur de vastes superficies - ici, à travers un archipel entier.



Pour en savoir plus :

Croll D.A., et al, 2005, Introduced predators transform subarctic islands from grassland to Tundra. Science, 307 : 1959-1961.

UN ÉTRANGER BIEN ACCUEILLI

LE VISON D'EUROPE EN FRANCE

Le Vison d'Europe est un petit carnivore très rare et menacé en France. Cette espèce considérée comme patrimoniale a vraisemblablement été introduite par l'Homme au 18^{ème} siècle.

Le Vison d'Europe est probablement le mammifère sauvage le plus rare de France, limité à deux petits noyaux de populations en Bretagne et dans le Sud-Ouest. Un plan national de restauration a été lancé pour contrecarrer son déclin, dont les causes semblent mal connues (concurrence du Vison d'Amérique introduit, assèchement des zones humides, etc.).

De récentes analyses génétiques, complétées par des travaux historiques, tendent à montrer que cette espèce a été introduite en Europe occidentale au 18^{ème} siècle, depuis son aire de répartition originelle, qui s'étend des Pays baltes au Kazakhstan. Malgré cette origine artificielle, la population française de Vison mérite d'être sauvée, ne serait-ce que parce que l'espèce est également menacée de disparition dans sa zone d'origine. En France, elle n'est pas, c'est le moins que l'on puisse dire, envahissante, et ne perturbe pas les écosystèmes où elle vit.



Pour en savoir plus :

Pascal M., Lorvelec O., Vigne J.D., 2006. Invasions biologiques et extinctions. 11 000 ans d'histoire des vertébrés en France. Belin. 350 p.



LE LAPIN, LE CHOU ET LE PISSENLIT'

BOULEVERSEMENT DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES AUX ÎLES KERGUELEN

Le Lapin, introduit aux îles Kerguelen a fait régresser ou disparaître des espèces végétales autochtones dont le chou de Kerguelen.

L'éradication de cet animal sur certains îlots n'a permis la recolonisation de ces plantes que très localement. Sur la plus grande partie des îles, les sécheresses estivales de ces dernières années se sont traduites par la régression d'une Rosacée autochtone occupant de grandes surfaces et par l'explosion démographique d'une plante introduite, le Pissenlit.

En 1874, le Lapin de garenne a été introduit dans l'Archipel de Kerguelen par des marins pour servir de réserve de nourriture, notamment en cas de naufrage. Au cours des décennies qui suivirent, ces lapins ont été à l'origine de la raréfaction, voire de la disparition de plantes autochtones, très sensibles à leur prédation, comme par exemple le Chou de Kerguelen, la plante « antiscorbut » des navigateurs.

A partir de 1992, dans le cadre des programmes de l'Institut Polaire Français, un essai de restauration des communautés d'origine a été tenté par l'éradication expérimentale du Lapin sur trois îles de 150 ha. Les résultats obtenus n'ont pas été ceux qui étaient attendus.

La recolonisation de la flore locale a en effet été limitée à certains secteurs au sol profond. Sur la plus grande partie de ces îles, aux sols peu profonds et à faible rétention en eau, les sécheresses estivales observées à partir de 1994 se sont traduites par un ralentissement de la recolonisation du Chou de Kerguelen, voire la disparition des pieds nouvellement installés, et surtout par une régression importante d'une autre plante autochtone, *Acaena magellanica*. Cette Rosacée, dont le développement avait été favorisé par les lapins, formait alors des communautés quasi monospécifiques occupant la totalité des zones de végétation. L'ouverture du milieu provoquée par l'assèchement de cette plante a très rapidement bénéficié à une plante introduite, le Pissenlit, à fort pouvoir colonisateur et moins exigeante en eau que les espèces autochtones.

Ce phénomène a été également observé sur des parties de l'archipel où les lapins n'ont pas été éradiqués mais où ils ne peuvent pas contrôler l'explosion démographique de cette plante envahissante.



Pour en savoir plus :

Chapuis, J.-L., Frenot, Y. & Lebouvier, M. (2004). Recovery of native plant communities after eradication of rabbits from the subantarctic Kerguelen islands, and influence of climate change. *Biological Conservation*, 117: 167-179.



OH, T'AOON, SUSPENDS T'ON VOL !

UN AUTRE EFFET DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE EN ZONE SUBANTARCTIQUE

La Mouche bleue cosmopolite a pu coloniser les îles Kerguelen à la faveur du réchauffement global. Cette espèce risque de concurrencer la mouche autochtone, dépourvue d'ailes.

A*natalanta aptera*, mouche des îles subantarctiques, sans ailes, peut être confondue avec une fourmi. Cet insecte, qui joue un rôle important dans la décomposition de la matière organique (déjections, cadavres...), s'est adapté au climat subantarctique en faisant des réserves de graisse pour lutter contre le froid et faire face à l'absence de nourriture, en particulier en hiver quand les oiseaux marins ont quitté les îles. Un poids accru par des réserves de graisse aurait exigé une voilure plus importante, ce qui n'est pas forcément compatible avec les vents violents qui caractérisent le climat subantarctique...

Cette espèce est potentiellement menacée par l'arrivée d'une mouche ailée qui a déjà colonisé la plus grande partie de notre planète : la Mouche bleue cosmopolite *Calliphora vicina* qui vit également sur la matière organique en décomposition.

La Mouche bleue était certainement déjà arrivée aux Kerguelen par le passé, quittant l'Ile de la Réunion comme passagère des navires phoquiens puis du navire de relève des Terres Australes Françaises. Mais, jusqu'à ces dernières années, les conditions climatiques étaient trop hostiles pour qu'elle puisse s'installer durablement.

Tout a changé avec le réchauffement climatique commencé dans les années 1960, et atteignant aujourd'hui + 1,3°C. Or, comme l'ont montré des chercheurs de l'Université de Rennes, ces nouvelles conditions de température permettent désormais le déroulement du cycle complet de la Mouche bleue à Kerguelen, ce qui explique qu'elle soit maintenant installée dans l'Est de l'archipel. Jusqu'à présent, elle ne concurrence la Mouche sans ailes que pendant l'été austral, puisqu'en hiver elle cesse toute activité alors que la Mouche sans ailes reste active toute l'année.



© M. Laparie

Anatalanta aptera



Pour en savoir plus :

Frenot Y., Chapuis J-L., Lebouvier M., 2001. La biodiversité dans les îles subantarctiques. Pour la science, n°285, pp 36-41.

UNE HISTOIRE D'APPRENTIS SORCIERS

LE CRAPAUD DE LA CANNE À SUCRE

Un crapaud originaire d'Hawaï a été introduit en Australie où il perturbe gravement les écosystèmes. Il semble toutefois que les espèces autochtones s'adaptent peu à peu à cet intrus.



© J.L. Michelot

En 1935, le Crapaud *Bufo marina*, originaire d'Hawaï, a été introduit en Australie pour lutter contre un scarabée ravageur de la canne à sucre. Les crapauds se sont si bien adaptés à leur environnement qu'ils seraient aujourd'hui 200 millions, occupant tout le nord-est de l'île-continent.

En revanche... ils n'ont jamais mangé les scarabées pour lesquels ils étaient là et se sont rabattus sur d'autres espèces. Par ailleurs, à cause de leur grande toxicité, ils ont porté atteinte à de nombreuses espèces de petits prédateurs. Malgré la lutte menée par les pouvoirs publics, l'espèce continue de s'étendre et de dégrader son environnement.

Une petite lueur d'espoir semble toutefois apparaître. Si l'on compare les serpents des zones avec ou sans crapauds, on constate qu'en 20 générations, la sélection naturelle a amené les serpents à s'adapter à cet envahisseur : les serpents des zones à crapauds ont appris à ne pas les consommer, tout en étant plus résistants à leur toxine.



Pour en savoir plus :

Deutsch J., 2007. Le ver qui prenait l'escargot comme taxi et autres histoires naturelles. Science ouverte. Seuil. 269 p.

UNE INTRODUCTION ANIMALE VUE PAR UN POÈTE...

« Autrefois, j'avais trop le respect de la nature. Je me mettais devant les choses et les paysages et je les laissais faire.

Fini, maintenant, j'interviendrai. J'étais donc à Honfleur et je m'y ennuyais. Alors résolument j'y mis du chameau. Cela ne paraît pas fort indiqué. N'importe, c'était mon idée. D'ailleurs, je la mis à exécution avec la plus grande prudence. Je les introduisis d'abord les jours de grande affluence, le samedi sur la place du Marché. L'encombrement devint indescriptible et les touristes disaient : « Ah, ce que ça pue ! Sont-ils sales les gens d'ici ! »

(...)

Domage que j'aie dû m'en aller, mais je doute fort que le calme renaisse tout de suite en cette petite ville de pêcheurs de crevettes et de moules. »

Henri Michaux. Intervention.



UNIS CONTRE LES AGRESSIONS

LA BIODIVERSITÉ, UN FREIN AUX INVASIONS VÉGÉTALES

Les milieux abritant un grand nombre d'espèces résistent mieux que les autres aux invasions biologiques.

Les milieux naturels possédant une forte diversité en espèces résistent mieux que les autres aux agressions.

Dans un travail publié en 2002, T.A. Kennedy et ses collaborateurs ont suivi pendant cinq ans 147 parcelles agricoles de 9 m² chacune, dans lesquelles ils avaient disposé et fait croître entre 1 et 24 espèces de plantes. Au total le suivi a porté sur 53 000 plantes, dont 40 000 « résidentes » et 13 000 « invasives ». Leurs conclusions sont très claires : les parcelles où la végétation en place est diversifiée et occupe bien le terrain développent une bonne résistance aux invasives ; le nombre d'invasives et leur niveau de succès y sont fortement réduits.

Un milieu accueillant un grand nombre d'espèces connaît une utilisation maximale de l'espace et des ressources naturelles (nutriments, eau, lumière), ce qui laisse peu de possibilités de prolifération à de nouvelles espèces venues.



Pour en savoir plus :

Kennedy T.A. et al, 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. Nature vol. 417, 636-638.



Remettre l'Homme au cœur des réseaux de la vie

Les Hommes font partie intégrante des réseaux de la vie. Leur rôle de prédateur - ou de destructeur ? - est considérable, mais il ne doit pas cacher l'infinité des autres liens qui les unissent au reste du vivant, pour le meilleur et pour le pire. Des actions peuvent être imaginées pour restaurer le fonctionnement de ces réseaux et en faire bénéficier les sociétés humaines. Nous ne faisons ici qu'effleurer ce thème immense par quelques exemples très ponctuels.

ENTRE CULTURE ET NATURE LA GRANDE NACRE DU PACIFIQUE

La Grande nacre du Pacifique a failli disparaître, avant d'être sauvée par l'élevage pour la production de perles.

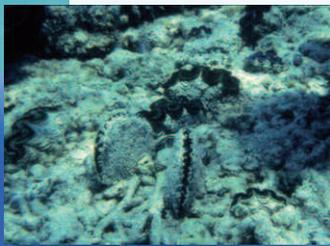
La Grande nacre du Pacifique, *Pinctada margaritifera ssp. cumingi*, est un mollusque remarquable, superbement adapté à des environnements très pauvres en plancton ; elle atteint d'extraordinaires capacités de filtration de l'eau de mer (3 m³ par jour pour un animal de 12 cm !).

Au début des années 1970, elle a failli disparaître à cause d'une surexploitation par la pêche.

Mais depuis, les choses ont changé radicalement. La Grande nacre n'est autre que l'Huître perlière à lèvres noires, qui permet de produire des perles noires destinée à la joaillerie, principalement pour l'exportation vers le Japon.

La Polynésie française est devenue le premier producteur mondial de cette huître, élevée par près de 1 000 entreprises, aux Gambiers, Tuamotu, Iles de la Société...

Voici un bel exemple où l'élevage a permis le sauvetage d'une espèce, puis sa réintroduction dans le milieu naturel.



Grande nacre

SAUVONS LA PIE NOIR !

ENTRE SAUVEGARDE DES RACES LOCALES ET ENTRETIEN DES MILIEUX NATURELS

La Bretonne Pie Noir fut l'une des vaches les plus répandues en France. Son remplacement par des races plus productives l'amena au bord de l'extinction, avant qu'elle ne se développe à nouveau, pour la fabrication de produits laitiers fermiers ou pour l'entretien des milieux naturels.

La Bretonne Pie Noir est la plus petite des vaches françaises, avec moins de 1,2 mètre au garrot ; c'est aussi l'une des plus anciennes. Cette petite vache, bonne laitière pour sa taille et peu exigeante, était bien adaptée aux possibilités des petits paysans, d'où son surnom de « vache du pauvre ». En 1900, on dénombrait en Bretagne environ 500 000 têtes, en faisant l'une des plus importantes races bovines françaises.

A partir des années 1940-50, la Pie Noir est systématiquement remplacée dans les élevages par des races plus productives, d'abord la Normande, puis rapidement la Frisonne (appelée aujourd'hui Holstein) aux capacités laitières sans égales. A la fin des années 1970, on ne comptait plus que quelques centaines de Pie Noir !

Et puis, retournement de tendance.

Un plan de sauvegarde est mis en place dès 1976, avec une gestion génétique rigoureuse pour limiter l'élévation de la consanguinité. La race est désormais élevée par des passionnés, des agriculteurs développant des productions fermières originales, ou des propriétaires qui souhaitent entretenir leur terrain à peu de frais. Enfin, la Pie Noir est de plus en plus utilisée dans la gestion écologique des milieux ouverts des espaces naturels protégés. Ses éleveurs apprécient cette race pour sa petite taille intéressante en termes pratiques, pour sa très grande rusticité, la richesse de son lait et la qualité de sa viande. Avec 1 300 vaches en 2004, la race semble aujourd'hui bien relancée. Elle reprend modestement un rôle dans les filières d'élevage et dans l'entretien des prairies, landes et milieux humides de notre territoire.



© J.L. Michelot



Pour en savoir plus :

Quéméré P., 2006. La Bretonne Pie Noir : grandeur, décadence, renouveau. Editions La France Agricole, 192 p.

VOYEZ LA VIE EN BLEU !

UNE HISTOIRE D'HOMMES, D'ANIMAUX ET DE PAYSAGES

Les fromages sont le résultat du travail des hommes et de la nature : bétail, flore des pâturages, microorganismes des fermentations et leur qualité proviennent de la biodiversité, mais aussi de la diversité des savoirs et des pratiques des hommes qui les produisent.

Les fromages de tradition, éléments forts de la culture française, ont une histoire où se mêlent la vie des hommes qui les élaborent, les paysages façonnés par leur activité et des organismes vivants aux qualités remarquables.

L'histoire du fromage, comme celle de la plupart des aliments et des boissons, résulte de l'inventivité des hommes. Dans ce cas, il a fallu passer, grâce à l'animal, de l'herbe et des fleurs fugaces, au lait, puis au fromage.

L'existence avérée d'une relation entre la diversité floristique des pâturages et la richesse aromatique de certains fromages confirme que la diversité prairiale pourrait être l'une des questions-clés de la problématique des terroirs en matière de fromages alpins.

Cela dit, le terroir ne se réduit pas à un ensemble complexe de relations biologiques ou chimiques entre l'animal, son milieu et un produit. L'identité d'un fromage repose aussi sur des processus sociaux : des manières de produire, des savoirs et des pratiques. Prenons l'exemple des « Bleus ». Qu'il s'agisse du Bleu d'Auvergne ou de la Fourme d'Ambert, ces fromages ont à l'origine été produits dans des fermes ne disposant que d'un petit troupeau. Leur originalité repose sur la mise en œuvre d'un agent très puissant d'aromatization et d'affinage : la moisissure bleue, *Penicillium roqueforti*. Diverses souches de cette moisissure sont présentes dans les caves humides des aires de production - élément constitutif du terroir de première importance : sans les grottes naturellement réfrigérées de Banière, le Bleu d'Auvergne n'aurait pu voir le jour ; sans les cavités karstiques des plateaux calcaires du Massif central et les échanges thermiques qui régulent leur température, le Bleu des Causses



n'aurait pas été produit. D'une manière plus générale, dans les phases de fabrication et d'affinage, la production des AOC du Massif central met en œuvre, des flores microbiennes très variées apportées par l'ensemencement naturel du lait et de la surface des fromages. Le capital biologique qu'elles constituent fait partie intégrante du terroir.

Terroirs, paysages, diversité floristique des prairies et diversité des microflores, races laitières fruits d'un long processus de domestication et de sélection, pratiques et savoirs locaux... Que de chemin parcouru depuis l'appivoisement de l'Aurochs, il y a quelque dix mille ans, entre le Tigre et l'Euphrate, au sud du Taurus oriental ! Et quel bel exemple d'intrication étroite entre hommes, plantes et animaux, entre nature et culture – sous le signe de la coopération.



Pour en savoir plus :

Les fromages de traditions. Recherches. Une histoire d'hommes, d'animaux et de paysages. Inra Mensuel , 117, juin 2003.

A la diversité des laits qui provient des espèces et races animales, de leur nourriture et de leurs milieux de vie, de leur conservation, de leur traitement thermique, s'ajoute la diversité des pratiques de fabrication. Le nombre des fromages est donc sans limite, mais les quantités fabriquées sont très diverses... Certains fromages célèbres ou à longue tradition bénéficient d'une appellation d'origine contrôlée (AOC) ou d'une indication géographique protégée (IGP). L'AOC Comté fournit 200 000 tonnes par an tandis que le l'AOC bleu de Vercors-Sassenage ne produit que 300 tonnes.



UN OISEAU TRÈS COUVÉ

LE SAUVETAGE DU GOBE-MOUCHE DES ÎLES CHATHAM

Le Gobe-mouche des îles Chatham (Nouvelle-Zélande) a été sauvé à partir d'un très faible nombre d'individus. La réussite de cette opération de la dernière chance a été obtenue par des mesures fortes et complémentaires : déplacement des oiseaux sur un site protégé, adoption des poussins par d'autres oiseaux, protection des nids...

Butler et Merton ont rapporté l'histoire héroïque du sauvetage du Miro ou Gobe-mouche des îles Chatham *Petroica traversi*, petit passereau d'une vingtaine de grammes.

Les îles Chatham, à plusieurs centaines de kilomètres au large de la Nouvelle-Zélande ont déjà perdu 26 espèces d'oiseaux, en particulier à cause de l'introduction de rats et de chats. Parmi les 42 espèces qui s'y reproduisent encore, sept sont en danger de disparition.

Quand l'histoire commence, le Miro a disparu de tout l'archipel, sauf de Little Mangere, une petite île battue par les vents, entourée de hautes falaises et comptant à peine 9 hectares de forêts et de buissons. En 1938, la population est estimée à seulement 20 à 35 couples. Pendant la saison 1972-73, sept à huit couples élevèrent un seul jeune jusqu'à l'envol. Trois années plus tard, la population était réduite à 4 couples.

Il devient évident que l'espèce n'a guère d'espoir de survie. Little Mangere accueille une immense colonie de prions (pétrels) et de puffins : ces oiseaux de mer creusent des terriers et détruisent la litière où les gobe-mouches pouvaient rechercher des insectes.

Devant l'urgence de la situation, il fut décidé de transférer les oiseaux sur une île voisine, Mangere. Cinq des sept oiseaux transférés y survécurent au-delà d'un an mais en 1980 il ne restait plus à Mangere que deux couples.

Des mesures drastiques sont alors mises en œuvre pour sauver l'espèce. Les pontes sont prélevées et confiées à des fauvelles et des mésanges des Chatham Islands, espèces endémiques relativement abondantes. Pendant que ces oiseaux élèvent ces enfants adoptifs, les gobe-mouches peuvent effectuer une ponte de remplacement, ce qui accélère le rythme de reproduction



de l'espèce. Il a fallu aussi intervenir contre les acariens (fumigation et remplacement des nids), approvisionner les oiseaux en compléments alimentaires, fournir des nichoirs, protéger les nids par des grillages pour empêcher les étourneaux de détruire nichées et parents... Les choses finirent par s'améliorer, de sorte qu'en 1983/84 la population commença à s'accroître.

Fait à remarquer, tous les individus actuels descendent de seulement deux oiseaux, le mâle Old Yellow et la femelle Old Blue ! Ainsi, la consanguinité ne conduit pas nécessairement à l'extinction des espèces.

Le 6 décembre 1988, le chiffre magique de 100 gobe-mouches noirs était atteint. La population compte aujourd'hui 200 à 300 couples répartis sur deux îles. Ce nombre croit chaque année et il n'est plus nécessaire de recourir à l'adoption croisée. Mais cette réussite est-elle définitive ? Ces effectifs, faibles malgré tout, rendent l'espèce très vulnérable aux moindres aléas ; la menace d'extinction n'est donc pas écartée.



Pour en savoir plus :

Butler D., Merton D., 1992. The Black Robin : Saving the World 's Most Endangered Bird. Oxford Univ. Pr., 308 p.

CONGELER LES VIOLONISTES ?

Dans certains cas, la survie d'espèces très menacées passe par leur élevage en zoo. Cette mesure permet de sauver le patrimoine génétique de l'espèce, mais pas les innombrables relations que celle-ci a nouées avec son environnement.

Les oryx algazelles et les addax, grandes antilopes presque disparues du Sahara, ont été sauvées par l'élevage ; une fois relâchées en liberté dans le sud Tunisien, elles se sont reproduit mais tous les nouveaux-nés ont été tués par des chacals : issues de générations d'animaux captifs, les mères avaient perdu toute réaction de défense.

Conserver les espèces sans leur environnement est donc presque aussi vain que de congeler un violoniste après sa mort pour garder son génie !

LEU DE BILLARD POUR LE RENARD

DES ACTIONS COMPLEXES POUR SAUVER UNE ESPÈCE RARE

La préservation du Renard des îles de Californie a nécessité une combinaison d'actions portant sur son prédateur, l'Aigle royal : capture des aigles et de leurs proies (cochons), réintroduction de leur concurrent (Pygargue à tête blanche).

Le Renard insulaire (*Urocyon littoralis*) est une espèce endémique des Channel Islands, au large de la Californie. Les six îles de l'archipel sont suffisamment éloignées les unes des autres pour que chacune possède sa propre sous-espèce.

Dans les années 1990, les populations de renards se sont effondrées sur plusieurs îles. Ainsi, sur l'île de Santa Rosa, il ne restait plus que 14 animaux en 2000, contre 1 500 environ sept ans auparavant ! Cette chute vertigineuse est essentiellement due à la prédation par l'Aigle royal. Celui-ci est apparu au début des années 1990 et s'est développé grâce à l'abondance des cochons sauvages, introduits par l'Homme. L'Aigle se nourrit majoritairement de cochons mais également de renards, d'autant que les porcs détruisent la végétation où les renards pourraient se dissimuler. La sauvegarde des renards a nécessité une réflexion sur les relations entre ces espèces et une action adéquate.

En premier lieu, des efforts ont été menés pour capturer les aigles royaux, - espèce protégée dont la destruction est interdite -, afin de les relâcher sur le continent. Cette méthode s'est avérée insuffisante, car la totalité des aigles n'a pu être capturée.

Un programme d'éradication des cochons sauvages a ensuite été mis en place pour priver les aigles de leur nourriture, mais des chercheurs ont montré que cette mesure était insuffisante. Par des modèles mathématiques décrivant la dynamique des populations des trois espèces impliquées dans ce système - renards, aigles et cochons -, ils ont prouvé que le Renard insulaire disparaîtrait, parce que si les porcs diminuaient, les aigles échappant à la capture se reporteraient sur les renards.

Une approche intégrée a donc été finalement privilégiée, par combinaison de plusieurs actions. La première consiste en la capture continue de cochons sauvages et d'aigles royaux, ces derniers étant exportés vers le continent, afin d'abaisser la



Aigle royal

pression subie par les renards sur les îles. La deuxième action est la réintroduction du Pygargue à tête blanche (« Bald Eagle, le symbole des Etats-Unis), aigle disparu des Channel Islands dans les années 1950 à la suite de persécutions et d'empoisonnements par le DDT. Le Bald eagle, se nourrissant presque exclusivement en mer, est sans danger pour le Renard. On espère que sa réinstallation concurrencera l'Aigle royal, car le Pygargue défend fortement son territoire ; on pense d'ailleurs que c'est sa disparition qui a permis à l'Aigle de trouver sa place dans les Channel Islands. La troisième action est un programme de reproduction du Renard insulaire en captivité, après la capture d'une grande partie des animaux restants. Les renards issus de cet élevage et relâchés montrent un taux de survie et de reproduction satisfaisants, ce qui a permis d'effectuer en 2005 un lâcher important, remontant les populations de chaque sous-espèce au-dessus de la barre des 70 individus.



Pour en savoir plus :

- Courchamp F. et al., R, 2003. Removing Protected Populations to Save Endangered Species. Science. Vol 302, p 1532.
- Site du parc national de Channel Island : <http://www.nps.gov/chis/naturescience/island-fox.htm>

LE RETOUR DU CHEVAL SAUVAGE

Le poney sauvage (*Equus caballus przewalskii*) a totalement disparu dans la nature, mais plus de 1 000 individus existent dans les zoos du monde. En 1993, l'association française Takh s'est proposée d'élever le cheval dans la nature pour le réintroduire en Mongolie. Le parc national des Cévennes a offert un territoire pour les animaux en semi-liberté et les chercheurs de la Tour du Valat en Camargue ont assuré le suivi scientifique de la reproduction et du comportement des poneys. La Mongolie a réservé un espace protégé de plus de 20 000 ha qui a accueilli en 2006 les premiers chevaux issus de captivité. C'est le début d'un grand retour après 130 années d'absence. La concurrence de l'élevage extensif reste cependant un frein pour la réussite de la réintroduction.

PLANTER DES ARBRES NE SUFFIT PAS

LA RECONSTITUTION DE LA FORÊT ATLANTIQUE DU BRÉSIL

Pour reconstituer la forêt atlantique du Brésil, il est indispensable de planter de nombreuses espèces d'arbres et de favoriser les animaux et végétaux qui jouent un rôle dans le fonctionnement de cet écosystème complexe.

L'Amazonie n'est pas la seule forêt du Brésil !

La forêt atlantique abrite une biodiversité extraordinaire ; étendue autrefois sur plus d'un million de km², elle a perdu 93 % de sa superficie suite à la déforestation. Dans cette région, comme dans d'autres parties du Brésil, il s'avère urgent de protéger les forêts existantes, mais aussi de reboiser certains espaces.

Depuis des années, de nombreux essais de reforestation ont été tentés au Brésil, mais 98 % se sont soldés par des échecs : après une courte période de croissance, les arbres plantés sont morts et les mauvaises herbes se sont imposées. Pourquoi cette situation ?

Luiz Mauro Barbosa, de l'Institut Botanique de São Paulo, considère que la diversité est un ingrédient-clé du succès : pour réussir, il faut au moins planter une trentaine d'espèces d'arbres. Une diversité équilibrée, avec des espèces appropriées aux conditions locales, est en effet nécessaire pour que la forêt se développe et permette l'installation du reste de la flore et de la faune.

De plus, certains biologistes pensent que la restauration de la forêt pluviale exige plus qu'une étroite focalisation sur les arbres. Des chercheurs ont développé une technique expérimentale, la « nucléation », qui vise à permettre d'emblée l'établissement des relations écologiques essentielles à la vie animale et végétale, en créant une large variété de niches écologiques. Dans des parcelles test, les biologistes ont combiné diverses techniques : ils ont érigé des perches pour attirer oiseaux et chauve-souris, construit des abris pour les petits mammifères et planté herbes



et arbustes pour attirer les papillons. Ils ont aussi transposé des carrés de sols de surface provenant de forêts intactes, apportant microbes, vers de terre et champignons. Un an après, on notait le retour de 35 espèces d'oiseaux dans les parcelles expérimentales.

En 2006 a été lancé le « Riparian Forest Restoration Project » (RRP), qui vise à reconstituer un million d'hectares de forêt pluviale, le long des berges dénudées des rivières et cours d'eau, établissant ainsi des couloirs de migration favorables aux plantes et aux animaux et contribuant à la protection des cours d'eau. Au cœur de cette stratégie, se trouve le projet de « l'arbre-mère », qui vise à identifier et repérer 15 000 arbres de 800 espèces différentes pour alimenter les programmes de récolte de graines et assurer une diversité génétique adéquate pour les forêts replantées.

Le RRP comprend également un volet important de sensibilisation des communautés locales sur l'intérêt à long terme de conserver les forêts pluviales. Après une certaine opposition, 60 fermiers de Conha veulent à présent reforester leurs terres.

Le RRP est aujourd'hui lancé, et les premières plantations ont eu lieu en décembre 2006, mais on estime qu'il faudra des décennies et de l'ordre de 2 milliards de plants de centaines d'espèces d'arbres et beaucoup de dollars pour atteindre son objectif.



Pour en savoir plus :

Wuethrich B., 2007. Reconstructing Brazil's Atlantic Rainforest. *Science*, 315 : 1070-1072.



SQUILLE À TOAU ET PIU'U À NIAU

DES ESPÈCES EMBÈMES POUR QUE DES POPULATIONS CONSERVENT LEUR BIODIVERSITÉ

En Polynésie, les communautés locales ont choisi des emblèmes de leur territoire, à la fois pour protéger leur patrimoine biologique et pour mettre en valeur des éléments de leur identité.

La réserve de biosphère de la Commune de Fakarava, en Polynésie française, a été désignée fin 2006 par l'UNESCO.

Elle comprend 7 atolls de l'archipel des Tuamotu, dont la beauté des paysages, tant terrestres que sous-marins, fait la renommée de la commune de Fakarava.

Jusque là, ces atolls étaient relativement isolés et les habitants vivaient presque en autarcie. Aujourd'hui, l'ouverture de pistes d'aviation, les relations plus étroites avec le reste de la Polynésie française mais aussi avec le reste du monde, peuvent induire des effets qu'il est nécessaire de gérer afin de conserver la richesse de ce milieu particulièrement fragile.

Cette situation conduit la population autochtone à inclure dans ses modes de gestion ancestraux, de nouveaux outils nécessaires à un développement durable.

Ainsi, certaines espèces consommées font l'objet de pressions nouvelles et commencent à se raréfier. Pour accélérer la prise de conscience de ce phénomène par le plus grand nombre, et pour que des mesures de protection soient acceptées, lors de réunions publiques, il a été proposé aux habitants des différents atolls, de choisir parmi ces espèces des emblèmes, utilisés pour représenter leur île dans la réserve de biosphère.

Chaque île, exceptée celle de Taiaro qui n'a pas d'habitants, a donc choisi son emblème :

- La Sterne fuligineuse « Kaveka » (*Sterna fuscata*) pour l'atoll de Kahuei
- Le Crabe des cocotiers (*Birgus latro*) « Kaveu » pour Aratika
- La Frégate (*Fregata major*) « Otaha » à Raraka



Fregata major

- La Squille, « varo », à Toau ; il s'agit d'un crustacé (*Lysiosquilla*),
- La Tortue verte (*Chelonia mydas*) à Fakarava
- Un gastéropode, le Piu'u (*Cyclostoma flava*) à la coquille très colorée, utilisé pour faire des colliers sur l'atoll surélevé de Niau.



© C. Montier

Le choix de ces emblèmes n'est pas seulement un outil technique de protection de la biodiversité, mais aussi le support d'une dynamique en faveur des communautés et de leur patrimoine.



© C. Cibien

© V. Meyer

LA BIODIVERSITÉ

LES RESEAUX DE LA VIE

EN GUISE DE CONCLUSION



A lors compliquée la biodiversité ? Non, seulement riche, multiple et complexe !

- Au-delà des millions d'espèces, recensées ou inconnues, visibles ou invisibles, elle apparaît comme le tissu vivant de notre planète, comme un réseau d'interactions subtiles où les uns mangent les autres, mais aussi où naissent et se propagent des jeux d'entraide et de coopération entre individus et entre espèces.
- Nous autres humains appartenons à une espèce - *Homo sapiens* - qui s'inscrit dans ces réseaux de la Vie, pour se nourrir, se soigner, s'habiller, puiser des matériaux variés... où rêver. Le loup et l'agneau, le corbeau et le renard, les animaux malades de la peste - une autre façon de parler de la biodiversité.
- Pour toutes ces raisons, et pour bien d'autres, il est plus que nécessaire d'aimer et de respecter la biodiversité.



QUELQUES REFERENCES

- Barbault R., 2006. Un éléphant dans un jeu de quilles. Editions du Seuil, Point. 266 p.
- Boeuf G. 2008. Quel avenir pour la biodiversité ? In Un monde meilleur pour tous, Collège de France. Odile Jacob, pages 46-98.
- Blondel J., 1995. Biogéographie, Approche Ecologique et Evolutive. Paris, Masson.
- Bournérias M., Bock C., 2006. Le génie des végétaux. Des conquérants fragiles. Belin. Pour la science. 286 p.
- CSPNB, 2007. La biodiversité à travers des exemples. MEDAD/D4E. 104 p.
- Fischesser B., Dupuis-Tate M.F., 1996. Le guide illustré de l'écologie. Cemagref éditions. 319 p.
- Laubier L., 2007. Ténèbres océanes. Le triomphe de la vie dans les abysses. Buchet & Chastel édit., série Écologie, 304 p.
- Wilson E.O., 2003. L'avenir de la vie. Science ouverte. Le Seuil. 279 p.



CONTACTS

Yvon le Maho, président du CSPNB :
conseil-biodiversité@developpement-durable.gouv.fr
Anne-Sophie Carpentier, secrétaire scientifique :
conseil-biodiversite@developpement-durable.gouv.fr
Véronique Barre, coordinatrice, veronique.barre@onema.fr
Jean-Louis Michelot, rédaction :
jean-louis.michelot@ecosphere.fr
Béatrice Saurel, création et mise en forme graphiques :
saurelb@free.fr

CITATION



CSPNB, 2008. La biodiversité à travers des exemples, les réseaux de la vie. MEEDDAT. 196 p.

REMERCIEMENTS

Le C̄SPNB remercie pour leur contribution à la rédaction de l'ouvrage : Nadine Boulant, Pierre Charles-Dominique, Jean-Louis Chapuis, Catherine Cibien, Pierre Cury, Pierre Dhenin, Claude Figureau, Irène Ester Gonzales Gray, Daniel Guiral, Marc Lebouvier, Jacques Lepart, Hervé Moreau, Alain Radureau, Bernard Riéra, Marie-Christine Salmona, Laurent Spanneut, John Thompson, Mylène Weil, Centre Ornithologique Ile de France, Groupe chauves-souris de Corse.

Mais aussi ... Martine Atramentowicz, Marion Bardy, Flore Castoriadis, Benoit Dodelin, Yvain Dubois, Philippe Freydier, Irène Garay, Cyrille Gaultier, Felix Liechti, France Maréchal, Ghislain de Marsily, Théo et Lucas Michelot, André Miquet, Delphine Rist, Laurent Simon, Marc Thauront.

CREDITS PHOTOGRAPHIQUE ET ICONOGRAPHIQUE

American Cetacean Society, S. Barande, O. Barbaroux, JS Bauer, Biocodex, F. Le Bloch, J. Blondel, G. Bœuf, A. Bonneton, N. Bouglouan, J. Bouillercce, A. Braumann, D. Buestel, M. Butler, Canadian Medical Association, CEMAGREF, M. Cambrony, V. Carere, JL. Chapuis, N. Chatelain, P. Charles-Dominique, B. Chevassus-Au-Louis, C. Cibien, CNRS (CEBAS, URA1453, UP090, UMR 8571, UMR7104, UMR5097, UPR2197, UMR7628, UMR2925, UMR6540 et photothèque), P. Coutin, CORIF, C. Crocq, M. Deflandre, T. Delahaye, P. Dhenin, Dinosoria, L. Dittmann, JF. Dobremez, Don Merton, P. Doucet, Y. Dubois, O. Dugornay, C. Dupré, Ecosphère, Ecothème, C. Eeckhout, TC Emmel (univ. Floride), FFESSM - commission bioenvironnement, N. Fugier, O. Gardner, M. Garguil, C. Gaultier, P. Geary, A. Gerasimova, T. Goss, Groupe Chiroptères Corse, O. Grunewald, D. Guiral, H. Guyot, G. Hauray, IFREMER (photohèque), Int. J. Dev. Biology, IRD, A. Jacobsen, R. Klementschtz, J.M. Krief, D. Lachaise, M. Laparie, E. Lapied, J. Lepart, JF Magne, V. Meyer, J. Michaux, Y. Milbeo (Océanopolis), JL. Michelot, C. Monier E. Nezan, observatoire océanologique de Banyuls, ONEMA, OPIE, A. Pauw, B. Pellet, T. Perez, Peter, R. Pitman, JM. Poncelet, J. Portecop, H. Raguët, B. Riera, H. Roda, TM Shemas, S. Siblet, Ragnar TH Sigurdsson, S. Slikovic, D. Soulet, M. Taquet, B. Thierry, C. Thisse, J.P. Thorez, JR Tyson, E. Vela, Xiaoyu Xiang, S. Yeliseev, JG. Wasson.

Un merci particulier à Emilie Gentilhomme pour le suivi et les recherches iconographiques.

La biodiversité à travers des exemples les réseaux de la vie

La planète Terre est en partie une arche de Noé, avec tous les animaux et les végétaux qui nous sont familiers. Elle est aussi peuplée par une infinité d'organismes microscopiques tels que les bactéries, invisibles mais pourtant indispensables à l'équilibre des écosystèmes. Comprendre la biodiversité, c'est connaître toutes ces espèces, mais c'est aussi appréhender la dynamique qui les anime. Les êtres vivants se déplacent en effet sans cesse, évoluent dans le temps ; ils ont tissé des réseaux complexes de prédation, de concurrence ou d'entraide. L'Homme fait partie des réseaux de la vie ; il ne pourra continuer de tirer parti des innombrables ressources que lui procure la biodiversité qu'en respectant toute la richesse de cette dynamique.

Cet ouvrage collectif du Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité présente le fonctionnement de la biodiversité à travers une centaine d'exemples. Il complète le premier volume qui était principalement orienté sur "l'utilité" de la biodiversité.



..... S o m m a i r e
.....

Qu'est-ce que la biodiversité ?

Des espèces. Des écosystèmes. Des individus.

La biodiversité a besoin d'espace

La vie est partout. La répartition des espèces sur la planète.
Des déplacements vitaux. La structure des paysages.

La biodiversité, une affaire de temps

Histoires d'espèces et d'organismes. Histoires d'écosystèmes et de paysages.
Un monde qui change.

La biodiversité, un jeu complexes d'interactions

Des interactions incessantes. Des réseaux bouleversés. Introductions d'espèces.
Remettre l'Homme au cœur des réseaux de la vie.

