



préparé par
VALÉRIE FIERES
RÉSERVES
NATURELLES DE FRANCE

dossier

MENACÉ PAR LE
RÉCHAUFFEMENT,
L'OURS BLANC EST
UNE ESPÈCE
HYPER ARCTIQUE :
IL NE PEUT
SURVIVRE SANS
BANQUISE.

© MT Coreil



La gestion de la biodiversité à l'épreuve du réchauffement climatique

Janvier 2004 : la grande presse relaie les conclusions d'un article qui vient de paraître dans la revue *Nature* et qui annonce une vague d'extinction en masse d'espèces animales et végétales d'ici 2050¹.

Le grand public découvre l'ampleur des menaces que les changements climatiques feraient courir à la biodiversité. Avant ce cri d'alarme de Chris Thomas et ses collaborateurs, divers écologues et naturalistes s'étaient inquiétés des réponses aux changements climatiques des espèces et des écosystèmes. Et nombre de responsables d'espaces protégés s'interrogeaient sur les stratégies à adopter. Que les espèces animales et végétales soient influencées, dans leur distribution, leur physiologie et leur écologie, par les facteurs climatiques – température, vent, précipitations, périodes de gel... – n'est évidemment pas une découverte récente pour le biologiste ou le gestionnaire d'espaces protégés. Mais la prise en compte des effets des changements climatiques induits par l'accroissement d'origine anthropique des gaz à effet de serre (gaz carbonique, méthane, oxydes d'azote) est beaucoup plus récente². Parmi la diversité des réponses observées, on relève notamment : des décalages des rythmes saisonniers, des glissements d'aire géographique et des dynamiques complexes à l'échelle des écosystèmes. Les articles qui suivent en donnent de nombreux

exemples. Aussi, bornons-nous à souligner ici un point essentiel qui pourtant échappe trop souvent aux débats médiatiques sur la biodiversité et la crise d'extinction qui la touche. Cette biodiversité n'est pas un catalogue d'espèces, une collection de timbres vivants ; c'est d'abord une somme quasi infinie d'interactions directes et indirectes complexes entre espèces et entre celles-ci et leur milieu. Prédire, dans un tel contexte, est un exercice particulièrement délicat, si ce n'est faire entrevoir que des cascades d'extinctions peuvent résulter de modifications affectant telle ou telle espèce. Quelle que soit l'incertitude qui pèse sur les scénarios climatiques et la complexité des réponses de la faune et de la flore à ces changements, on peut s'attendre à des situations critiques surajoutées à la destruction ou la détérioration des milieux (fragmentations, pollution) et à l'impact des espèces envahissantes. Quoi qu'il en soit les effets des changements climatiques méritent d'être pris en compte dans les stratégies de gestion de la nature. Les gestionnaires d'espaces protégés sont confrontés là à un véritable défi qui appelle une stratégie à élaborer à l'échelle européenne. ■

ROBERT BARBAULT

DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT ÉCOLOGIE ET GESTION DE LA BIODIVERSITÉ
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

>>> Mél : barbault@mnhn.fr

ersavoirplus

- 1. Thomas, C. et al., 2004, « Extinction risk from climate change », *Nature*, n° 427.
- 2. Lovejoy T.E. et Hannah L. (eds), 2005, *Climate change and biodiversity*, Yale University Press.

Les scientifiques anticipent les conséquences du changement climatique et modélisent des scénarios d'avenir.

Les modèles du changement climatique

Anticiper l'impact

La température moyenne à la surface du globe augmente depuis 1861. Au 20^e siècle, le réchauffement était de $0,6^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ concentré principalement sur deux périodes : 1910-1945 et 1976-2000. Par ailleurs, les données obtenues par satellite suggèrent que la couverture neigeuse a diminué d'environ 10% depuis la fin des années 60. Quant aux observations au sol, elles indiquent que, sous les latitudes moyennes et élevées de l'hémisphère nord, la durée annuelle du gel des lacs et des cours d'eau a probablement diminué de deux semaines au cours de ce même siècle.

1. Ces modèles climatiques projettent l'évolution des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et d'aérosols et leurs conséquences sur le climat.

Scénarios et modèles

Aussi, afin d'appréhender le futur, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GEIEC) a élaboré plusieurs scénarios d'émission de gaz à effet de serre. Pour cela, il a tenu compte de plusieurs hypothèses d'évolutions démographiques, de transformations techniques, de revenus par habitant ou encore de richesses selon les régions. Ces scénarios ont ensuite été intégrés dans des outils de modélisation climatique¹ permettant d'imaginer les possibles en matière d'évolution du climat. Ainsi, sur cette base et en fonction des évolutions socio-économiques envisageables, les écologues peuvent évaluer la réponse probable des espèces et des écosystèmes.

Pour simuler la réponse des espèces aux changements climatiques, différents types de modèles biogéographiques sont utilisés. Parmi ceux-ci, les modèles « basés sur les niches écologiques » sont les plus utilisés. Ces modèles simulent de manière statistique les combinaisons de variables climatiques, de sols ou d'utilisation des terres qui permettent à une espèce cible de survivre et de se reproduire.

L'aire de répartition actuelle de l'espèce rapportée au climat permet de caractériser des relations statistiques. Celles-ci sont alors utilisées pour identifier les régions favorables à l'espèce dans chacun des scénarios de changement climatique. Ainsi, la figure ci-dessous illustre la distribution du hêtre en 2050 selon le scénario climatique A1 (monde avec économie de marché globale, consommation de combustibles fossiles, équivalent à une augmentation de température de $4,1^{\circ}\text{C}$).

Une analyse récente réalisée sur plus de 1 350 espèces végétales en Europe a permis de montrer que la moitié des espèces étudiées pourrait perdre près de 50% de leur aire de répartition actuelle. Les espèces à tendance tempérée (hêtre, pin sylvestre, chêne sessile) pourraient ainsi perdre une quantité substantielle de leur aire de distribution dans les zones en limites sud. En revanche, les espèces de type méditerranéen pourraient étendre leur distribution vers le nord. Ces résultats, pris dans un contexte continental, mettent en évidence la sensibilité accrue des zones de montagne au réchauffement climatique. Ils dessinent une perte de diversité importante due à l'incapacité des espèces caractéristiques des systèmes alpins de migrer plus en altitude (moins de sols à très haute altitude).

Les analyses ainsi réalisées demeurent limitées par les incertitudes inhérentes à la modélisation et à la faible connaissance scientifique de la réponse des espèces au changement climatique. Elles permettent néanmoins d'envisager les futurs paysages en Europe selon les scénarios de changement climatique. ■

DR. WILFRIED THUILLER

LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE ALPINE

>>> **Mél :** wilfried.thuiller@ujf-grenoble.fr



Distribution actuelle et future du hêtre suivant le scénario A1 pour 2050

En rouge, les régions actuellement favorables au développement du hêtre qui ne le seront plus dans le futur ; en vert clair, les régions actuellement favorables au hêtre et qui le resteront ; et en vert foncé, les régions actuellement non favorables mais qui le deviendront.

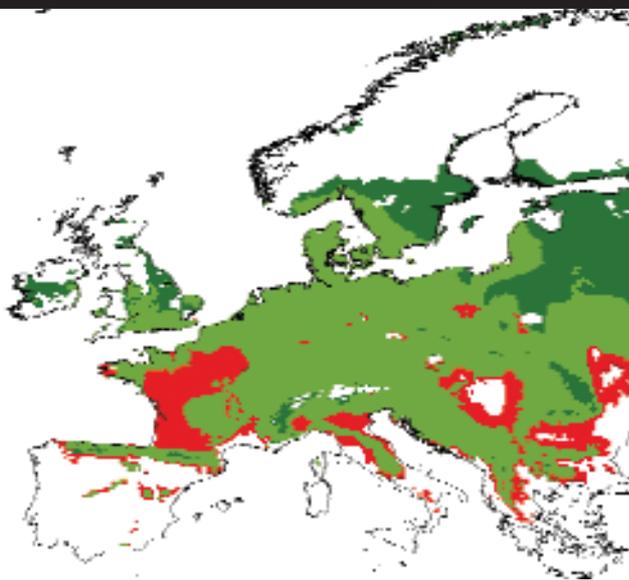


Schéma Wilfried Thuiller

ersavoirplus

► site du CNRS
www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/
 voir notamment la rubrique Index des auteurs.



© Alexandre Gosselin - fond-ecran-image.com

LE PAON DU JOUR EST UNE ESPÈCE DE PAPILLON «LONGÉVIVE», PUISQUE LES ADULTES PASSENT L'HIVER EN ÉTAT DE TORPEUR ET PEUVENT VIVRE PENDANT ONZE MOIS. DEPUIS UNE TRENTAINE D'ANNÉES, CETTE ESPÈCE DE LA FAMILLE DES VANESSE S'EST RÉPONDRE AU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE : L'ÉMERGENCE DES ADULTES (EN MARS) EST DE PLUS EN PLUS PRÉCOCE ET LA LIMITE NORD DE L'AIRE DE RÉPARTITION (FINLANDE, LITUANIE ET LETTONIE) S'EST DÉPLACÉE DE PLUSIEURS DIZAINES DE KILOMÈTRES VERS LE NORD.

Comment les espèces répondent...



Les suivis à long terme de l'écologie et de la biologie de plusieurs espèces animales et végétales montrent que les changements climatiques affectent un large éventail d'espèces. Il est possible de distinguer quatre types de réponses des espèces aux changements climatiques.

Changements d'aire de distribution

La distribution géographique des espèces est généralement déterminée par des régimes climatiques particuliers, souvent au travers d'une tolérance physiologique spécifique à certaines gammes de températures ou de précipitations. Avec le réchauffement, ces «enveloppes climatiques» ont tendance à se déplacer vers les pôles ou en altitude. Dans la mesure où les ressources alimentaires le permettent, on s'attend à ce que les espèces suivent leurs enveloppes climatiques respectives et donc que leurs aires de distribution se déplacent. C'est ce qui est observé pour plusieurs espèces de papillons de l'hémisphère nord, dont pour certaines d'entre elles l'aire de distribution s'est déplacée de 200 km vers le nord en vingt-sept ans.

Changements démographiques

Le changement climatique peut affecter la mortalité ou la reproduction des individus et donc la taille des populations. Les études montrant de tels effets sont relativement peu nombreuses, mais il semble d'ores et déjà que certaines espèces aient vu leurs populations diminuer ou augmenter suite aux changements climatiques récents. C'est par exemple le cas d'une population de manchots empereurs *Aptenodytes forsteri* en Antarctique qui a diminué de 50 % suite à un réchauffement de la température de l'océan et à une diminution de l'étendue de la banquise en hiver.

Changements adaptatifs

Les espèces peuvent s'adapter, au point de vue évolutif, aux changements climatiques via le mécanisme de la sélection naturelle. Par exemple, la réponse physiologique à la température d'une espèce de jonc (*Carex*) a changé en l'espace de cent soixante-quinze ans, avec une sélection vers une meilleure tolérance aux températures élevées. Jusqu'à maintenant, très peu d'études ont été conduites sur les réponses adaptatives des espèces.

Changements de phénologie

La phénologie est l'étude des variations des phénomènes périodiques de la vie végétale et animale tels que le départ en migration des oiseaux ou la floraison des plantes. Les changements de phénologie constituent la meilleure évidence d'un impact des changements climatiques sur les espèces. Une étude globale

Les variations climatiques agissent sur la dynamique des populations.

On observe des effets sur les tailles de population mais également sur les mécanismes démographiques, les taux de reproduction...

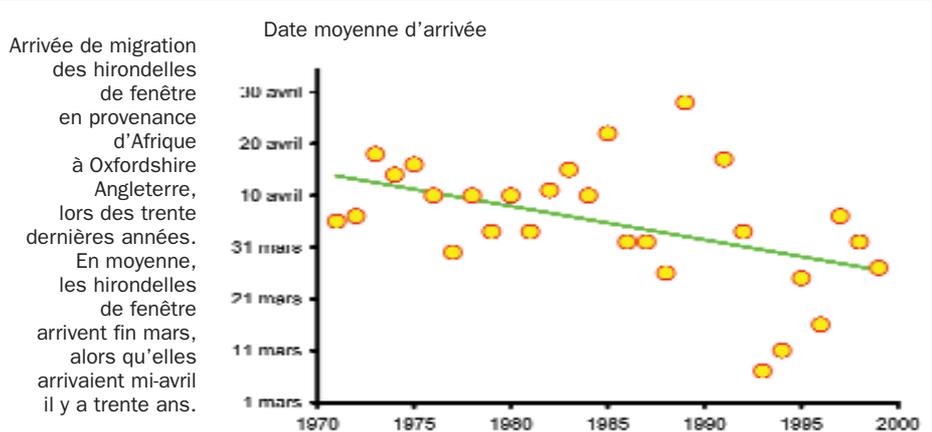
Changer pour durer

des cycles d'activités saisonniers de 1468 espèces de plantes et d'animaux, principalement de l'hémisphère nord, a mis en évidence un avancement des dates d'émergence ou de reproduction de cinq jours en moyenne par décennie depuis trente ans. Par exemple, l'hirondelle de fenêtre arrive actuellement vingt jours plus tôt en moyenne qu'en 1970. Néanmoins, la durée de son séjour en Europe n'a pas changé, c'est-à-dire que la date de départ en migration vers l'Afrique a également avancé de vingt jours. Il semble que le retour plus précoce des hirondelles soit dû à un changement des conditions climatiques en Afrique (augmentation des températures hivernales) depuis les vingt dernières années plutôt qu'au changement climatique en Europe, bien que simultané. On voit donc là un effet du réchauffement global sur la phénologie d'une espèce, le réchauffement en Afrique provoquant un déclenchement plus précoce de la migration vers l'Europe, et le réchauffement en Europe permettant aux hirondelles d'y trouver de la nourriture suite à l'émergence plus précoce de leurs proies. Pour certaines espèces cependant, il peut y avoir un décalage entre les dates de départ des quartiers d'hiver et les conditions d'accueil sur les zones de reproduction, pouvant occasionner une augmentation de la mortalité ou une diminution de la reproduction. ■

CHRISTOPHE BARBRAUD - CNRS

>>> Mèl : barbraud@cebc.cnrs.fr

Variation de la date d'arrivée de migration des hirondelles de fenêtre



Source : Cotton, Peter A. 2003. Avian migration phenology and global climate change.



LE PETIT GRAVELOT AU HÂBLE D'AULT, CAYEUX-SUR-MER (80). D'APRÈS LE SUIVI STOC (SUIVI TEMPOREL DES OISEAUX COMMUNS), CETTE ESPÈCE MÉRIDIONALE SEMBLE EN AUGMENTATION. ON PEUT SUPPOSER QU'ELLE BÉNÉFICIE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE.



La biodiversité s'adapte, le fonctionnement des écosystèmes est affecté

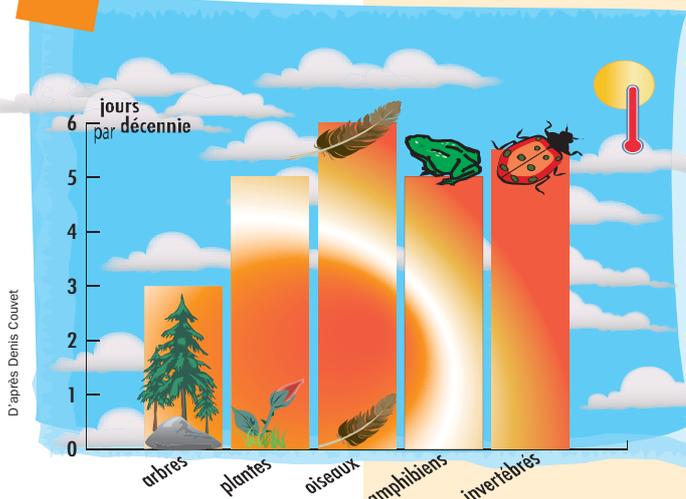
Avec le changement climatique, la répartition et le cycle vital des espèces se modifient, chaque espèce à son rythme. Ces décalages provoquent des bouleversements dans le fonctionnement des chaînes alimentaires.

Face au réchauffement climatique, la biodiversité s'adapte. Néanmoins les réactions sont variables et l'on peut se demander pourquoi et quelles pourraient en être les conséquences? Tenter de répondre c'est tout d'abord observer qu'il existe des facteurs limitant l'adaptation au réchauffement climatique et, parmi eux, la variabilité génétique¹. Ainsi, si durant la dernière décennie les mésanges néerlandaises ont ajusté étroitement leur date de ponte à la température printanière (ce qu'elles ne faisaient pas durant les années 70), il n'en est pas de même pour toutes les espèces. On peut alors prévoir des difficultés d'adaptation chez les espèces menacées.

1. La capacité d'une espèce à se modifier génétiquement.
2. Phénologie : étude de la répartition dans le temps des phénomènes périodiques caractéristiques du cycle vital des organismes. Voir aussi article p. 11.
3. Parasites d'autres insectes.

En effet, celles-ci étant à faible effectif, il s'ensuit une faible variabilité génétique. Les petites populations perdent, par hasard, de la variabilité génétique et les mutations sont trop rares dans ces populations pour la restaurer. C'est le cas du pic à face blanche, espèce mondialement menacée. Les femelles les plus consanguines ne parviennent pas à ajuster leur date de ponte aux variations de température, leur fécondité s'en trouve alors affectée. Ces difficultés d'adaptation pourraient se traduire par des extinctions et une réorganisation du fonctionnement des communautés.

Variations de la phénologie² des groupes d'espèces



LES CYCLES VITAUX SONT PLUS OU MOINS AVANCÉS EN FONCTION DES GROUPES D'ESPÈCES. AUX EXTRÊMES, LES OISEAUX CONNAISSENT UNE AVANCÉE MOYENNE DE SIX JOURS PAR DÉCENNIE, SEULEMENT TROIS JOURS POUR LES ARBRES.

Relations prédateurs/proies

Ces écarts du rythme vital des espèces (écarts phénologiques², voir figure) ont un impact sur le fonctionnement des chaînes alimentaires. Durant les dernières décennies par exemple, les mésanges ont connu une avancée de phénologie. Leur rythme vital et saisonnier est tantôt plus rapide, tantôt plus lent que celui de leurs proies. Or, ce décalage entraîne un déficit de nourriture qui diminue la survie des oisillons. L'adaptation des arbres à la nouvelle donne environnementale pourrait également modifier le fonctionnement de la chaîne alimentaire. En effet, avec un décalage de trois jours par décennie, ils ont une réponse phénologique généralement plus faible que celle des autres espèces. Ces différences pourraient se révéler problématiques car les espèces au sommet des chaînes trophiques (alimentaires) dépendent de celles dont elles se nourrissent.

© Frédéric Barroteaux

On peut également citer l'exemple des insectes parasitoïdes³. Au sommet des chaînes alimentaires, ils contrôlent les ravageurs des cultures, mais leur présence diminue avec la variabilité des précipitations. Une augmentation de cette dernière avec le réchauffement climatique générerait donc un bouleversement de ce contrôle.

Ces déstabilisations des relations trophiques pourraient expliquer que chez les oiseaux en France, chez les papillons au Royaume-Uni, les espèces généralistes sont en augmentation, aux dépens des espèces spécialistes. La plus forte flexibilité des premières dans leurs relations avec les autres espèces leur permettrait plus facilement de se reporter vers des proies plus en phase avec leur nouvelle phénologie.

Vigilance accrue

Par ailleurs, on commence à mesurer les inconvénients d'une décapitation des chaînes alimentaires :

émergences de maladies (Lyme), ravages croissants des cultures, surpâturage... C'est pour contrôler les herbivores qui décimaient la végétation du Parc du Yellowstone (ce qui avait un impact négatif sur les castors, car ils dépendent de la partie de la végétation qui souffrait particulièrement), que les gestionnaires de ce Parc ont réintroduit le loup. Il importe donc d'être particulièrement vigilant vis-à-vis des espèces au sommet des chaînes trophiques qui ont un rôle écologique clé, mais devront s'ajuster selon l'adaptation au réchauffement climatique des espèces dont elles dépendent. Leur faible variabilité génétique, due à leurs effectifs réduits, laisse supposer peu de possibilité adaptative, à moins que la réponse de gestion compense l'absence de réponse génétique... ■

DENIS COUVET - ROMAIN JULLIARD - FRÉDÉRIC JIGUET
MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

>>> Mél: couvet@mnhn.fr



© Frédéric Barroteaux

LE PLUVIER GUIGNARD. LES SITES DE NIDIFICATION DE CE LIMICOLE SONT RARES EN FRANCE. ILS SE SITUENT EN ALTITUDE. L'ESPÈCE POURRAIT DISPARAÎTRE DU PAYS PAR SUITE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE.



La forêt face au changement climatique, acquis et incertitudes

La vitesse des changements annoncés interpelle fortement la communauté forestière : comment les forêts vont-elles faire face à un changement de leur environnement plus rapide que le rythme de renouvellement des arbres ? Comment les nouveaux équilibres vont-ils s'établir ?

Prévoir des changements de grande ampleur

La réponse aux changements climatiques à venir est appréhendée en combinant observations, analyses statistiques et modèles². L'évolution et la répartition de ces changements dépendront de l'importance relative des effets de l'augmentation du CO₂ atmosphérique, du réchauffement et des épisodes de stress hydrique, ainsi que des interactions entre climat, sol et gestion sylvicole. Les grandes tendances des changements à venir peuvent s'esquisser ainsi :

► les aires potentielles de répartition des espèces atlantiques et méditerranéennes vont s'étendre fortement vers le nord et l'est, tandis que celles des espèces montagnardes et continentales régresseront (voir figure p. 14). Attention : il ne s'agit pas d'une prédiction de ce que seront les aires réelles de distribution des espèces en 2100 – celles-ci dépendront en particulier des vitesses de migration des espèces et des actions humaines – mais d'une projection des aires qui leur seront climatiquement favorables ;

1. Arbres ou arbustes à feuilles toujours vertes à limbes larges (telles les feuilles de laurier).

2. Notamment dans le récent projet Carbofor, piloté par l'Inra avec la participation de laboratoires de Météo France, du CEA, du CNRS, de l'IFN, des universités d'Orsay et d'Orléans, du Cirad et de l'Engref. Les travaux conduits dans le cadre de Carbofor se basent sur le modèle climatique Arpège B2 de Météo France. Ce projet était soutenu par les ministères chargés de l'Écologie et de l'Agriculture dans le cadre du programme « Gestion et impact du changement climatique ».

Les mutations sont déjà engagées. Ces dernières années, des travaux ont révélé des changements parfois importants dans les écosystèmes forestiers. La productivité en volume des arbres s'est accrue très significativement au cours du siècle dernier. L'aire de distribution de certaines plantes s'est également modifiée : on note, par exemple, une extension vers le nord et l'est des lauriphyllées¹. Par ailleurs, certaines espèces d'arbres en limite d'aire ou sur station peu adaptée montrent des fléchissements de croissance, voire des dépérissements (pin sylvestre en région méditerranéenne). Certains ravageurs et pathogènes ont vu leur aire de distribution s'étendre. Ainsi, dans le bassin parisien, la chenille processionnaire du pin a progressé de près de soixante kilomètres vers le nord en dix ans.

Si des facteurs non climatiques interviennent dans ces évolutions, ce qui rend leur interprétation difficile, toutes s'expliquent en partie par une réaction aux changements climatiques enregistrés depuis le début du 20^e siècle : augmentation de la concentration en CO₂, allongement de la période de végétation, réchauffement hivernal, diminution des périodes de gel, sécheresses extrêmes des dernières années.

suite page 14 ●●●



**OUDEMANSIELLA MUCIDA,
UN CHAMPIGNON LIGNICOLE⁵ INDICATEUR
DES STRESS SUBIS PAR LES ARBRES.**

● ● ● suite de la page 13

► la productivité des forêts de l'est devrait, sauf accident majeur, continuer à augmenter, tandis que celle des forêts de l'ouest et du sud ralentirait fortement, voire diminuerait, dès le milieu du siècle;
► des modifications des équilibres entre ravageurs, pathogènes et arbres hôtes sont également attendues. Il est difficile de prédire le résultat d'interactions complexes (tolérance, synchronisation, etc.), mais les aires de distribution de nombreux insectes et champignons devraient s'étendre vers le nord et en altitude, les mettant en contact avec de nouveaux hôtes.

Des interrogations qui subsistent

Face aux inquiétudes et interrogations nombreuses que soulèvent ces résultats, on s'interroge sur les capacités d'adaptation des essences forestières. Malgré le peu de données expérimentales disponibles, un faisceau d'indices (suivi de réponses à des transferts naturels ou artificiels, différenciation génétique des populations des tests de provenance, simulations théoriques) laisse espérer que ces capacités soient plus importantes qu'on ne l'imagine. Ces indices sont fournis par le suivi de réponses à des transferts naturels ou artificiels, mais aussi par la différenciation génétique des populations suivies dans les tests de provenance, ou encore par des simulations théoriques. Pour lever un certain nombre d'incertitudes qui subsistent, plusieurs pistes sont ouvertes. Il s'agit de compléter les travaux sur l'écophysiologie³, mais également sur le rôle de la biodiversité, sur l'influence des structures paysagères pour la migration des espèces, l'impact à moyen et long termes des événements extrêmes, l'impact des mesures d'aménagement du territoire et de gestion sylvicole, mettre en regard les résultats des différentes disciplines et approches. Pour cela, deux types d'outils s'imposent : les modèles et l'observation continue des écosystèmes. ■

SANDRINE LANDEAU - EcoFOR

>>> Mèl : landeau@gjp-ecofor.org

Les éléments présentés sont issus du débat organisé par Ecofor le 15 décembre 2005.

>>> www.gjp-ecofor.org/ecofor/publi/page.php?id=6116



© RN forêt de la Massane

LA RÉSERVE NATURELLE DE LA MASSANE OBSERVE SES ARBRES

Initié en 1999, un inventaire cartographique exhaustif permet l'observation individuelle de 48 768 arbres de trente espèces peuplant 28,8 ha de la Réserve naturelle de la Massane (Argelès-sur-Mer, Pyrénées-Orientales). Ce dispositif permet d'observer les réponses des peuplements forestiers aux perturbations. Lors de l'été 2003, cette hêtraie méridionale non exploitée depuis plus d'un siècle, a été soumise à d'importantes contraintes, hydriques (30 mm de pluie sur juin, juillet, août) et thermiques (dix-neuf jours avec des maxima supérieurs à 30°C). Cette conjonction de sécheresse et de canicule est la plus importante depuis plus de quarante ans d'enregistrements.

La connaissance de l'état des arbres avant 2003, ainsi que les contrôles réalisés en 2004 et 2005 ont relevé des effets de cette perturbation. Sur les 29 524 arbres vivants en 2002, 770 cas de mortalité peuvent être attribués à la sécheresse et à la canicule de 2003. Le hêtre, le chêne pubescent et l'aune glutineux ont été touchés avec respectivement 4,14%, 2,28% et 12,76% de mortalité. Les cas de dessèchements prématurés du feuillage ont été notés : 11,5% des hêtres et 10,3% des aunes sont touchés.

Trois espèces de champignons lignicoles⁵ ont fait l'objet d'une analyse. La présence accrue de ces champignons est une conséquence des stress, hydrique et thermique, rendant les arbres plus vulnérables aux parasites. Depuis l'été 2003, le nombre d'arbres vivants porteurs d'au moins un champignon lignicole a triplé.

Les gestionnaires d'espaces forestiers manquent de références pour évaluer aujourd'hui les conséquences de tels événements. Seuls des suivis entrepris depuis de nombreuses années comme à la Massane permettent d'avoir les références nécessaires à l'évaluation des perturbations futures. ■

Jean-André Magdalou - Technicien scientifique

>>> Étude des effets de la conjonction sécheresse/canicule de 2003 sur la forêt de la Massane. J.A. Magdalou, Ch. Hurson, J. Garrigue - 2005 - Réserve naturelle de la Massane. Mèl : massane.rn@free.fr

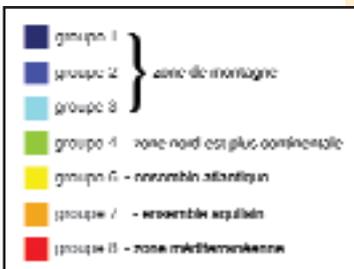
3. Écophysiologie : discipline scientifique qui cherche à comprendre comment les êtres vivants font face aux contraintes de leur milieu.

4. Les groupes chorologiques sont des groupes d'espèces dont la répartition géographique est similaire et obéit aux mêmes types de déterminisme. La chorologie est l'étude de la répartition géographique des espèces et de son déterminisme.

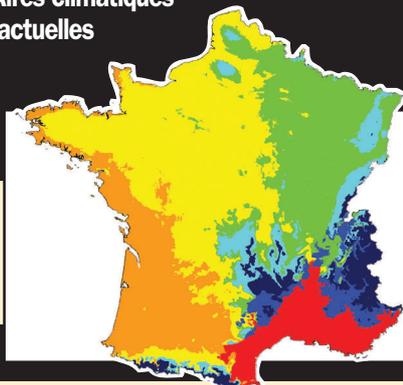
5. Lignicole : se dit d'une plante ou d'un champignon qui pousse sur le bois.

ÉVOLUTION DES AIRES CLIMATIQUES POTENTIELLES DES GROUPES CHOROLOGIQUES⁴ D'ESPÈCES.

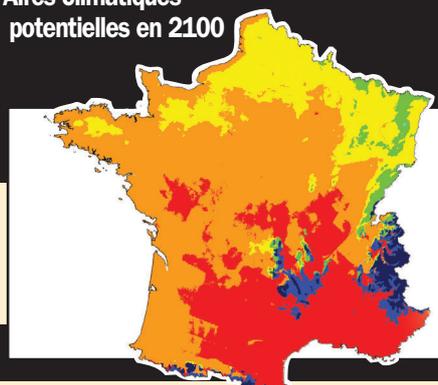
LES PLUS FORTES ÉVOLUTIONS SONT
OBSERVÉES POUR LE GROUPE 7
(17% DU TERRITOIRE OCCUPÉ
ACTUELLEMENT CONTRE 46%
EN 2100) ET LE GROUPE 8
(9% AUJOURD'HUI
CONTRE 28% EN 2100).



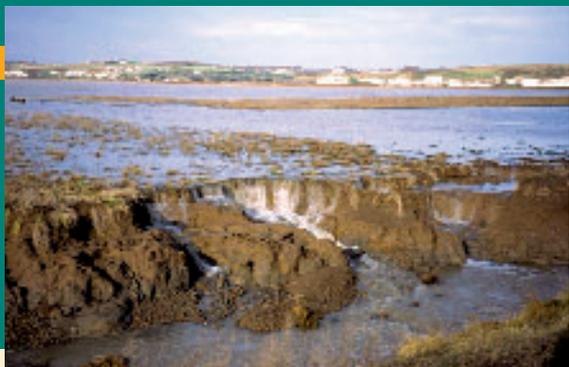
Aires climatiques actuelles



Aires climatiques potentielles en 2100



Sources : Bateau et al. - Inra



© Conservatoire du littoral

POLDER DE MORTAGNE-SUR-GIRONDE APRÈS LA RUPTURE DES DIGUES (CHARENTE MARITIME).

L'élévation du niveau marin, de même que l'augmentation de la force et de la fréquence des tempêtes, affaiblira les digues de protection des polders. La rupture de ces ouvrages, ou leur dépassement par la marée, rendra à la mer les terrains qui lui avaient été confisqués. Une transformation radicale des milieux est donc prévisible. Ces modifications écosystémiques peuvent représenter des opportunités intéressantes de re-naturation de certains sites de faible intérêt économique.

Chaud et froid sur le littoral

Quel impact le changement climatique aura-t-il sur la montée des eaux, sur les propriétés foncières et les écosystèmes ? Le Conservatoire du littoral a cherché à le savoir.

Le réchauffement climatique de la basse atmosphère devrait avoir des répercussions sur l'évolution des côtes. En effet, il provoquera une élévation du niveau moyen de la mer et certains modèles prévoient une augmentation de la force et de la fréquence des tempêtes. On peut donc s'attendre à une accélération de l'érosion des plages et des falaises mais aussi à une extension des submersions temporaires ou permanentes sur les espaces côtiers bas et à l'accentuation de la salinisation des eaux littorales aussi bien superficielles que souterraines.

Le Conservatoire du littoral a lancé en 2002 une étude visant à évaluer les effets sur ses terrains de scénarios d'érosion et de submersion d'ici à la fin du 21^e siècle. La première phase a été consacrée à l'étude de dix sites pilotes afin de mettre en place une méthodologie applicable à l'ensemble du patrimoine de l'établissement. La seconde phase a

étendu l'étude prévisionnelle à la totalité des sites déjà acquis par le Conservatoire, mais aussi à ceux qu'il a l'intention d'acquérir dans les prochaines années. Les résultats, nécessairement entachés d'incertitudes, ont cependant permis d'établir une évaluation globale des surfaces, aujourd'hui émergées, qui pourront être recouvertes par la mer d'ici à 2100, par érosion ou par submersion (figure). Ils montrent que l'élévation du niveau de la mer attendue au cours du 21^e siècle devrait avoir un impact relativement modeste sur les sites du Conservatoire du littoral, même si certains terrains devraient être particulièrement affectés par l'érosion ou par la submersion. C'est dans cette perspective que les résultats ont été discutés avec les partenaires et les gestionnaires des sites du Conservatoire lors d'un atelier organisé au Palais de la découverte (www.conservatoire-du-littoral.fr).

Une troisième phase de l'étude entend poursuivre la réflexion sur l'adaptation des modes de gestion des sites vulnérables à cette nouvelle conjoncture, notamment dans les polders aux digues fragiles et en mauvais état, et sur la modification éventuelle de la stratégie d'acquisition foncière de l'établissement. ■

CHRISTINE CLUS-AUBY

>>> **Mél: c.clus-auby@wanadoo.fr**

LA MARE DE VAUVILLE (MANCHE)

Le bourrelet dunaire mince et peu élevé qui sépare la mare de Vauville des eaux de la Manche est très fragile. Même si le recul du trait de côte devrait être relativement modeste dans ce secteur (de l'ordre d'une quarantaine de mètres d'ici à 2100) et s'il devrait rouler sur lui-même en accompagnant le déplacement de la ligne de rivage, l'éventualité de sa rupture sous l'effet des tempêtes doit être envisagée. Les terrains topographiquement bas situés en arrière de cette dune, occupés par une mare d'eau douce et par des zones humides, pourraient par conséquent être envahis par les eaux marines avant la fin du siècle. Une modification de l'écosystème est donc probable, qui verra un marais salé prendre la place de l'environnement dulçaquicole (d'eau douce) actuel. ■



© Fernand Vaugier

soit 1,2% de la surface de ses biens foncières actuels, et 1514 ha, soit 1% de la surface de son patrimoine futur (constitué des terrains qu'il possède déjà et de ceux qu'il a l'intention d'acquérir).

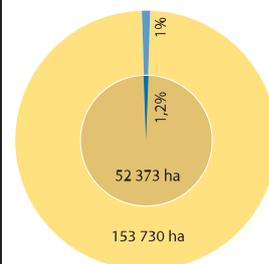
Submersion des marais maritimes : 1 350 ha, soit 3% de ses biens actuels, et 3073 ha, soit 2,6% de son patrimoine futur, pourraient être affectés de submersions suffisamment fréquentes pour modifier les caractères écologiques de ces milieux.

Submersion totale : elle prend en compte les marais maritimes déjà comptabilisés dans le graphique ci-contre mais aussi les polders, terres dès aujourd'hui potentiellement submersibles puisque situées en-dessous du niveau marin actuel. L'éventualité de submersion de ces terres endiguées dépend davantage de l'entretien des ouvrages qui les protègent que de l'élévation du niveau marin, de l'ordre de 44 cm, attendue d'ici à 2100. Dans ces conditions, 5 000 ha, soit 10% de ses biens foncières actuels, et 30 000 ha, soit 21% de son patrimoine futur doivent être considérés comme susceptibles d'être submergés avant la fin du siècle en cours.

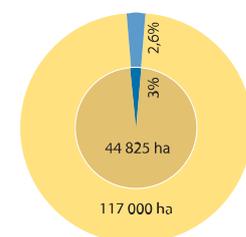
Part de la surface des sites du Conservatoire du littoral susceptible d'être érodée ou submergée à l'horizon 2100.

Le disque central est proportionnel à la surface renseignée des sites acquis, la couronne à celle des acquisitions futures. En bleu, la part des surfaces érodées ou submergées.

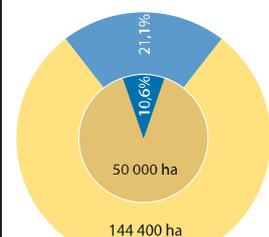
Érosion



Submersion hors sites endigués



Submersion avec les sites endigués



Érosion : le recul des plages et des falaises pourrait faire perdre au Conservatoire 647 ha,



© Olivier Gilg

Rencontre
avec



Olivier Gilg

PRÉSIDENT DU GROUPE DE RECHERCHES EN ÉCOLOGIE ARCTIQUE.

FONTE DE LA BANQUISE.

« Nous avons modélisé l'écosystème de l'Arctique »

Depuis quinze ans, le chercheur Olivier Gilg observe le Groenland. Chaque année, il passe plusieurs mois dans ce milieu extrême pour étudier l'impact du réchauffement climatique sur les fluctuations des espèces. Jusque-là, quand on les interrogeait, lui et ses collègues du Groupe de recherches en écologie arctique restaient sur une réserve prudente. Mais, depuis cinq ans, le discours a radicalement changé.

Vous dites que le changement s'observe au quotidien...

L'avancée de l'été est évidente. Il y a quinze ans, lorsque, en juin, nous arrivions sur place, la neige recouvrait encore notre zone d'étude. Ces dernières années, la neige a disparu et la banquise est déjà fortement disloquée. Les ours blancs offrent un autre exemple flagrant. Tous les deux ou trois ans, l'un d'eux venait exceptionnellement visiter le camp de base. Depuis 2000, ce sont cinq, six, sept d'entre eux qui nous rendent visite chaque année. Avec la disparition de la banquise dès le milieu de l'été, les ours viennent à terre. C'est un exemple, il y en a d'autres : il y a quatre ans, une espèce de coccinelle a fait son apparition dans la région. Depuis, on en voit partout. Nous avons également découvert en 2004 deux nouvelles espèces nicheuses de goélands. Certes, elles nichaient déjà en Islande et sur l'île Jan Mayen voisines, mais jamais, depuis des siècles, elles n'étaient venues se reproduire dans ces régions. Or, s'agissant de prédateurs, l'impact est immédiat : les

CHOUETTE HARFANG FEMELLE.

sternes et eiders disparaissent de leurs îlots dès l'année suivante. Le réchauffement climatique est deux fois plus important dans l'Arctique que dans les autres régions du globe. Ces régions sont les premières à être touchées. Ce seront également celles qui seront le plus gravement affectées.

Certaines espèces bénéficient du réchauffement. Ce pourrait être une bonne nouvelle...

Ce sont généralement des espèces assez banales ; celles qui ont une aire de distribution assez large et peuvent migrer. Ainsi de nouvelles colonies de mouettes tridactyles se sont récemment installées et les colonies existantes sont en augmentation alors que partout ailleurs en Europe elles déclinent. Ces espèces montent vers le nord, parce qu'elles suivent les déplacements des populations de poissons et qu'elles bénéficient de la fonte de plus en plus précoce de la banquise. En revanche, les espèces typiquement arctiques, plus rares, avec des effectifs plus réduits, sont en déclin. C'est assez dramatique. Comme l'ours blanc, la mouette d'ivoire est une espèce hyper arctique. Elle ne peut survivre sans banquise. Au Canada, elle a déjà perdu 90 % de ses effectifs en vingt ans. Et si les modèles climatiques sont justes, elle pourrait disparaître totalement à l'horizon 2050-2070.



© MT Coreil



**LEMMING À COLLIER
ET SILÈNE ACAULE.**



**Si les modèles sont justes...
Le réchauffement n'est donc pas certain ?**

Il y a beaucoup d'incertitude sur l'avenir. Le Gulf Stream, par exemple, s'est déjà ralenti par le passé. Si le scénario se reproduisait, et certains modèles l'envisagent, on assisterait à un refroidissement en Europe. La communauté scientifique est quasi unanime pour affirmer que le climat se réchauffe à l'échelle planétaire, elle s'accorde également à dire qu'il existera de fortes variations régionales et que certaines régions, au contraire, pourraient bien se refroidir.

Y a-t-il des choses dont on est sûr ?

Depuis trente ans, nous faisons des suivis de la faune. Nous avons ainsi pu modéliser l'écosystème de la toundra arctique. C'est une chose faisable car il y a peu d'espèces. Nous pouvons donc faire varier des paramètres. Faire fondre la neige plus tôt par exemple, et observer ce qui se passe. On s'aperçoit alors que les espèces les plus spécialisées seront les plus touchées par le changement climatique. En observant les lemmings par exemple, on comprend bien ce qui va se passer. Ces petits rongeurs ont des fluctuations importantes de densités. D'une année à l'autre, il peut y en avoir des milliers ou plus du tout. On sait que les prédateurs, qui arrivent plus ou moins tôt, sont à l'origine de ces fluctuations. Or, si la neige fond plus tôt, au 1^{er} juin par exemple, le taux de

croissance des populations de lemmings diminue et les phases de pullulation (tous les quatre ans habituellement) disparaissent, avec toute une somme de réactions en chaîne.

Ainsi, la chouette harfang, une belle chouette toute blanche, de la taille d'un hibou grand duc, ne se reproduit que les années où il y a beaucoup de lemmings. On a compté que le mâle ramenait jusqu'à cinquante lemmings par jour à la couvée. En absence de pic de densité chez les rongeurs, la chouette harfang ne pourra pas survivre. Elle n'aura pas assez de proies pour nourrir ses petits.

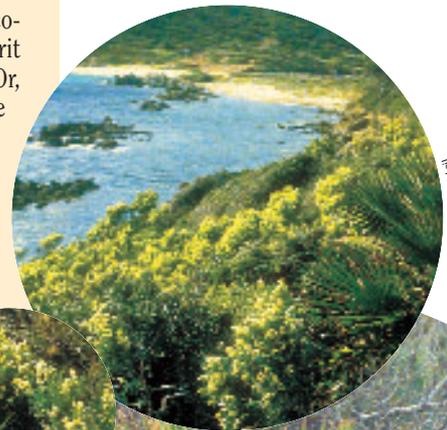
D'autres espèces sont également touchées par ricochet comme l'eider à tête grise. Certes, il ne se nourrit pas de lemmings, mais le renard, lui, s'en nourrit. Or, le renard est son prédateur. Et, tous les trois-quatre ans, il a tellement de facilité pour chasser les lemmings qu'il se désintéresse des oiseaux. Cette année-là, ceux-ci en profitent pour se reproduire avec succès. Là encore, la stabilisation de la dynamique des lemmings va changer la donne. Dans ces régions, les modifications sont plus brutales, plus rapides... Les Inuits eux aussi en font les frais. Par endroit, la banquise ne se forme déjà plus en hiver et les phoques, espèces centrales de leur subsistance, ne leur sont plus accessibles. ■

RECUEILLIS PAR MOUNE POLL.

>>> **Mél:**
olivier.gilg@espaces-naturels.fr

ensavoirplus

<http://www.helsinki.fi/science/metapop/english/People/Olivier.htm>



© Frédéric Médail

© Frédéric Médail

La plupart des scénarios indiquent que le bassin méditerranéen sera l'une des régions du globe parmi les plus affectées par les changements climatiques.

Agir pour conserver la flore méditerranéenne

Les régions du globe à climat méditerranéen font partie des trente-quatre points chauds de biodiversité (*hotspots*) identifiés au niveau mondial. Ces secteurs de concentrations exceptionnelles en espèces dont certaines endémiques sont soumis à de profondes modifications environnementales, puisqu'au moins 75% de leur végétation considérée comme originelle a été détruite par l'action humaine.

Des enjeux pour les espèces du climat méditerranéen

Le *hotspot* du bassin méditerranéen représente moins de 2% de la surface terrestre du globe, mais il abrite 10% des végétaux de la biosphère. Sur 11% du territoire métropolitain, la zone méditerranéenne française concentre environ les trois quarts des végétaux supé-

rieurs de France et la majorité des plantes rares et menacées. Ainsi, les plus forts enjeux de conservation de la biodiversité ne concernent pas uniquement les régions tropicales, mais aussi les différentes régions du globe soumises à un climat méditerranéen.

La biodiversité du bassin méditerranéen ne se localise pas par hasard, et elle culmine dans une cinquantaine de zones refuges, essentiellement les montagnes et les îles. Épargnés des glaciations, ces territoires furent peu affectés par les phases de refroidissement et d'aridification du tertiaire et du pléistocène¹; ils abritent des diversités génétiques et spécifiques originales, dont de nombreuses espèces très anciennes (paléoendémiques). La plupart des scénarios tendanciels indiquent que le

LE PALMIER NAIN (CI-DESSUS) EST UNE PLANTE INDIGÈNE EN MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE, OR ELLE S'IMPLANTE DEPUIS UNE QUINZAINE D'ANNÉES SUR TOUT LE LITTORAL DE FRANCE MÉDITERRANÉENNE. LA CROIX VALMER - CAP TAILLAT.

1. Première époque géologique du quaternaire qui dure de 2000 000 à 10 000 ans av. J.-C.

suite page 18 ●●●

● ● ● suite de la page 17

bassin méditerranéen sera l'une des régions du globe parmi les plus affectées par les changements climatiques. La vulnérabilité des écosystèmes devrait augmenter avec le déclin de la fertilité des sols et de la disponibilité des ressources hydriques qui favorisent les épisodes sévères de sécheresse, d'où des incendies plus fréquents et intenses. Si l'on considère les espèces, le réchauffement combiné à la sécheresse modifie les cycles biologiques (débourrement, floraison, fructification) des végétaux et des changements complexes de leurs interactions biotiques peuvent survenir (voir figure).

À l'exemple du palmier nain

Les modifications les plus visibles concernent les changements d'aire de distribution des végétaux, avec la progression d'espèces thermophiles en région nord-méditerranéenne. Tel est le cas du palmier nain (voir p. 17), indigène en Méditerranée occidentale et qui s'implante sensiblement depuis une quinzaine d'années sur tout le littoral de France méditerranéenne. Mais cet exemple illustre bien les difficultés que rencontrent les écologues pour identifier les mécanismes responsables des modifications biogéographiques observées: s'agit-il d'une progression naturelle à partir d'individus plus méridionaux dispersés par les vertébrés, ou plus simplement d'une dispersion à courte distance à partir des très nombreux individus plantés dans les parcs et jardins? Assisté-t-on à une «réactivation» d'anciennes populations indigènes de ce palmier anciennement cité sur le littoral de Provence et Côte d'Azur? Quelles sont les conséquences de la baisse des usages agropastoraux dans cette progression? Toutes ces questions en suspens oblitérent la mise en place d'actions raisonnées de conservation de ce palmier protégé en France...

Sans négliger la nature ordinaire

Identifier les cas d'extinctions d'espèces végétales liés aux changements climatiques reste encore plus délicat, mais d'ores et déjà les plus fortes menaces pèsent sur les habitats et végétaux relictuels, comme les marais alcalins des montagnes sub-méditerranéennes du Parc national du Mercantour qui abritent plusieurs végétaux artico-alpins (*Carex bicolor*, *Juncus arcticus*) géographiquement très isolés et aux capacités de migration réduites.

Comment alors garantir à la fois la pérennité des écosystèmes méditerranéens et leur biodiversité, face à la puissance et à la rapidité des changements globaux actuels? Sans négliger la «nature ordinaire», il faudrait se focaliser en priorité sur les zones refuges et leurs périphéries, car ces zones sont à la fois des puits de conservation d'anciennes espèces et des sources d'évolution de nouvelles espèces. Or, les confrontations effectuées montrent que les refuges méditerranéens font partie des territoires les plus menacés par l'anthropisation. À une échelle plus réduite, les écosystèmes et leurs végétaux méditerranéens doivent pouvoir évoluer sous l'effet des changements, climatiques notamment, ce que la plupart des structures actuelles de conservation ne permettent pas, car elles sont peu ou pas connectées en réseau. Les suivis à long terme des dynamiques écologiques et des populations végétales devraient aussi être un axe fort de la politique de gestion conservatoire des espaces naturels protégés, sachant que les persistances locales et les capacités migratoires des végétaux sont très variables et méritent des études au cas par cas. Devant l'inconnu et la complexité des changements biologiques, la mise en place rapide d'une véritable conservation évolutive de la biodiversité méditerranéenne s'impose. ■

FRÉDÉRIC MÉDAIL

INSTITUT MÉDITERRANÉEN D'ÉCOLOGIE ET DE PALÉOÉCOLOGIE
 UNIVERSITÉ AIX-MARSEILLE

>>> Mèl : f.medail@univ-u-3mrs.fr

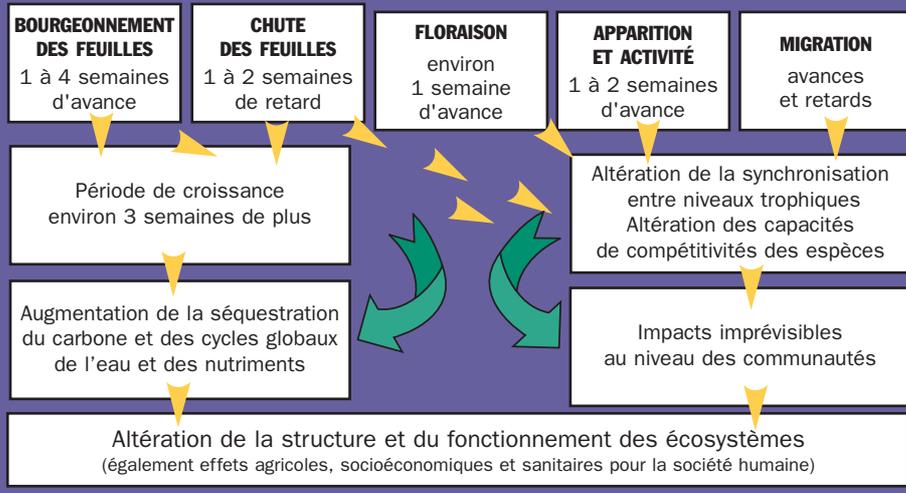
Conséquences potentielles du réchauffement climatique sur les principales interactions biotiques entre les espèces animales et végétales.



phénologie de la plante



phénologie de l'animal



Parlez vrai... ! question à Frédéric Médail

On lit, dans d'autres articles, que les végétaux de la zone méditerranéenne progressent en étendue (chêne vert, etc.) et voilà que vous nous dites que le changement climatique est aussi une menace pour la flore méditerranéenne ! Comment résoud-on cette contradiction ? N'est-ce pas le changement tout court qui menace les scientifiques et les gestionnaires ?

Frédéric Médail : Les changements des écosystèmes sont des phénomènes complexes et, effectivement, si certaines espèces peuvent progresser, d'autres plus sensibles sont sujettes à des régressions de leur aire de distribution. La difficulté actuelle est de mieux comprendre et cerner les tendances dynamiques, en fonction des caractéristiques biologiques des végétaux, sans oublier l'action de l'homme qui brouille considérablement les cartes du vivant ! Alors non, le changement ne menace pas les scientifiques. Au contraire, il les oblige à se poser de nouvelles questions ; questions cruciales pour faire évoluer la biologie de la conservation vers des concepts et pratiques de gestion plus dynamiques... ■

© MT Coreil
 D'après Penuelas & Filella, 2001, Science, 294



L'ÉLEVAGE DE YAKS EST LA RESSOURCE ESSENTIELLE DES NOMADES TIBÉTAINS (À GAUCHE PÂTURAGE D'ÉTÉ À 4 200 M D'ALTITUDE, DANS LA RÉGION DE SERXU). UN CHANGEMENT CLIMATIQUE PEUT INDUIRE DES MODIFICATIONS D'EXPLOITATION DES PÂTURAGES, ENTRAÎNANT DES CHANGEMENTS DE RÉGIMES DÉMOGRAPHIQUES DES PETITS MAMMIFÈRES (RONGEURS, PIKAS) ET MODIFIER L'INTENSITÉ DE TRANSMISSION DE L'ÉCHINOQUE ALVÉOLAIRE. CI-DESSOUS À BENRI, 4 500 M D'ALTITUDE.



LE PIKA DES PLATEAUX, ENDÉMIQUE DU PLATEAU TIBÉTAIN, EST UN PETIT LAGOMORPHE QUI PEUT PULLULER DANS LES ZONES SURPÂTURÉES.



>>> Risque sanitaire

Lier conservation et santé publique

Peut-on dissocier santé publique, réchauffement climatique et conservation? Non. D'abord parce que les espèces vont s'adapter mais aussi parce que la modification du climat modifiera les activités humaines qui modifieront les aires de répartition des espèces... Tout est dans tout...

Le réchauffement climatique va induire des conséquences en termes de santé publique. Pour contrôler les risques infectieux, il est bien sûr nécessaire de connaître les variations d'aires de distribution des espèces vectrices de maladies et des stades libres des agents infectieux. Ainsi, par exemple, le moustique *Aedes albopictus*, originaire d'Asie tropicale, s'est répandu depuis 1990 en Italie. Il a été signalé pour la première fois en France en 1999 dans la région parisienne et il ne se serait installé entre Nice et Menton qu'en 2005. Vecteur potentiel des virus de la dengue, c'est également celui du chikungunya. Un autre moustique, *Culicoides imicola*, a été capturé pour la première fois en Corse en 2000, puis dans les Alpes maritimes en 2003. Originaire du sud de la Méditerranée, il peut être vecteur du virus de la fièvre catarrhale ovine, une maladie le plus souvent fatale pour le mouton. Son impact potentiel sur les ruminants sauvages européens est inconnu.

LE MOUSTIQUE *Aedes albopictus* VECTEUR POTENTIEL DES VIRUS DE LA DENGUE, EST ÉGALEMENT CELUI DU CHIKUNGUNYA.

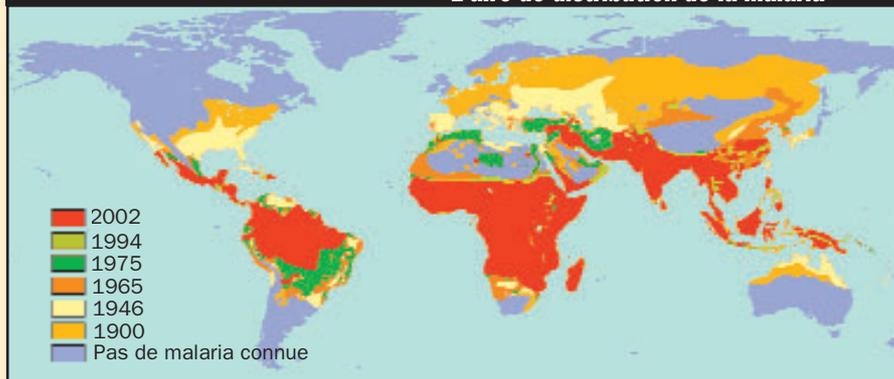


vectrices. Il faut également tenir compte de leurs variations démographiques dans les aires actuelles. Ces variations peuvent d'ailleurs être liées à d'autres causes que le réchauffement. On évoque ainsi, souvent, le risque de ré-émergence de la malaria, transmise par les moustiques du genre anophèles, largement répandus en Europe. Bien avant que l'on parle de réchauffement climatique, le protozoaire agent du paludisme était transmis jusqu'en Scandinavie. Sa disparition en zone tempérée tient aux actions publiques de contrôle (dont certaines ont été désastreuses en termes de conservation biologique: drainage des marais, utilisation d'insecticides dangereux et non sélectifs).

Cependant, le réchauffement climatique aura un impact direct sur certaines espèces hôtes: le raccourcissement de la saison froide permettant la reproduction de générations supplémentaires, avec un effet exponentiel sur la densité de leurs populations. Inversement, l'augmentation des températures risque de réduire l'aire de répartition de certains agents infectieux: de ce point de vue, la transmission

suite page 20 ●●●

L'aire de distribution de la malaria



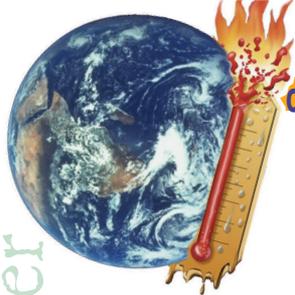
Variation démographique

Mais l'effet du réchauffement climatique sur la transmission d'agents infectieux ne passe pas forcément par l'extension de l'aire de distribution des espèces



Sur le schéma, on observe que l'aire de distribution de la maladie s'est déplacée en se réduisant... En 1900, le parasite était présent sur toutes les zones colorées (sauf le bleu). En 1946, il n'était plus présent dans les zones orange clair. En 2002, il est identifié dans les seules zones rouges.

D'après Hay et al. 2004, *The Lancet*, 4:327-336.



1. Parasite responsable de l'échinococcose, maladie grave se développant lentement dans le foie.

2. Petit mammifère herbivore de la même famille que les lièvres et lapins (taille 8-25 cm). Voir photo page précédente.

© Pasquale Renucci

● ● ● **suite de la page 19**

de l'échinocoque alvéolaire¹ est illustrative. En effet, au stade d'œuf (seul stade de développement libre), ce parasite du foie létal pour l'homme est très sensible à la chaleur modérée et à la déshydratation. Son aire de distribution déjà limitée au sud, devrait se réduire encore vers le nord du fait du réchauffement.

Effet ricochet

Mais la dynamique des populations hôtes est également liée indirectement aux pratiques agro-pastorales. Or, avec la modification de la ressource globale en eau et du régime nival en montagne, ces pratiques vont évoluer avec un effet ricochet possible sur les populations d'hôtes. Celui-ci peut s'illustrer par les modifications intervenues en France depuis les années 70. En moyenne montagne, le contexte

économique a conduit les agriculteurs à développer les zones de prairies et à réduire les haies, ce qui, localement, a déclenché des cycles de pullulation de rongeurs de prairies. Un phénomène comparable est observé sur le plateau tibétain où jadis les populations de yaks étaient régulièrement décimées lors d'épisodes neigeux extrêmes. Une nouvelle gestion des prairies et l'augmentation consécutive du cheptel ont conduit à un surpâturage avec pour conséquence la pullulation du pika des plateaux² et de campagnols, hôtes de l'échinocoque alvéolaire.

Ces deux cas, à une échelle globale, montrent comment des modifications consécutives de pratiques agro-pastorales ont conduit à l'intensification du cycle parasitaire. L'évolution de l'activité humaine induite par le changement climatique est aussi au cœur de la problématique des changements sanitaires... ■

PATRICK GIRAUDOUX – PROFESSEUR D'ÉCOLOGIE
 BIOLOGIE ENVIRONNEMENTALE USC INRA
 UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ

>>> **Mél: patrick.giraudoux@univ-fcomte.fr**



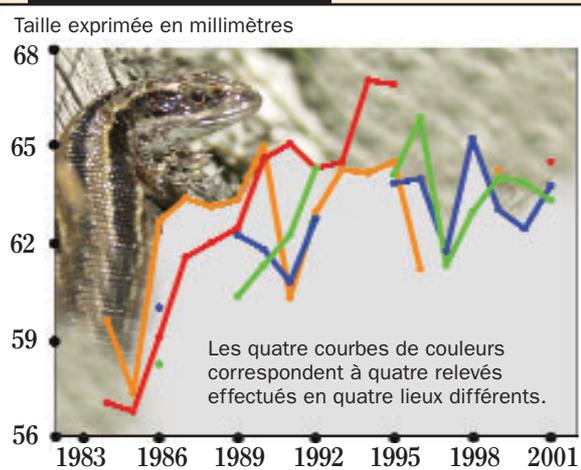
Lézard vivipare

Il a déjà changé...

>>> Suivi effectué au Parc national des Cévennes

>>> **Mél:**
mmassot@snv.jussieu.fr

Augmentation de la taille des femelles adultes depuis 20 ans.



menace majeure du changement climatique, les gestionnaires des espaces naturels auront la difficile tâche de rechercher un compromis entre assurer des suivis assez sommaires sur le plus grand nombre possible d'espèces et mettre en place des suivis plus poussés sur les espèces les plus susceptibles de répondre fortement au réchauffement. Ces espèces sensibles pourraient être ciblées parmi celles les plus exposées aux contraintes thermiques comme les espèces en limite latitudinale ou altitudinale d'aire de

répartition. Plus les paramètres considérés seront nombreux, meilleure sera la compréhension des perturbations liées au réchauffement, et plus les stratégies de gestion pourront être optimisées. ■

MANUEL MASSOT
 UNIVERSITÉ MARIE ET PIERRE
 CURIE PARIS - CNRS

JEAN CLOBERT
 LABORATOIRE DIVERSITÉ
 BIOLOGIQUE - UNIVERSITÉ
 DE TOULOUSE

Stratégie de gestion adaptative

S'appuyer sur des incertitudes

On parle beaucoup de stratégie de gestion adaptative. De quoi s'agit-il exactement ? En quoi peut-elle être utile au gestionnaire ?



CAUSSE MÉJEAN.



HERMINE.

1. Pour maintenir la résilience d'un système, on peut :

- s'éloigner d'un des seuils de basculement de l'écosystème,
- modifier les valeurs de ce seuil vers des niveaux éloignés du niveau actuel,
- rendre le seuil plus difficile à atteindre,
- jouer sur les interactions entre niveaux d'organisation afin d'atténuer les pertes de résilience à des niveaux supérieurs.

« Face au changement climatique, la stratégie de gestion adaptative vise à apporter des réponses correctives à la gestion des écosystèmes ». Cela peut sembler simple, clair, évident... Mais la stratégie de gestion adaptative a ceci de particulier qu'elle repose sur le partage des savoirs. Démarche dialectique, elle est créatrice de nouvelles connaissances. Plus important encore, elle développe auprès des gestionnaires leur aptitude à reconnaître les cibles d'intervention et à construire un répertoire d'options leur permettant d'anticiper les changements à venir et de modifier en conséquence la façon de gérer leurs ressources. La notion de stratégie adaptative repose donc autant sur la recherche de solutions que sur le processus humain d'auto-formation.

Sur la Causse Méjean en Lozère, par exemple, la biodiversité est liée au maintien des espaces ouverts et donc, en grande partie, au maintien des activités pastorales. Or, celles-ci dépendent de la productivité des surfaces cultivées (qui permettent de nourrir les brebis en hiver) et du marché du lait de brebis ou de la viande d'agneau. Deux politiques publiques mises en œuvre presque simultanément (les reboisements du Fonds forestier national, la création du Parc national des Cévennes dans les années 70) posent aujourd'hui le choix d'une stratégie adaptative. Faut-il préférer réduire la précarité du système en contrecarrant l'extension naturelle des pins : encourager le pâturage sur les zones sensibles, intervenir sur les semenciers stratégiquement placés, soutenir la filière ovine ? Faut-il basculer vers un écosystème forestier et anticiper les pratiques garantissant une utilisation durable de la forêt et une transition acceptable entre activités pastorales et activités forestières ? Le choix entre ces deux options doit intégrer un facteur décisif : le changement climatique.

Aide à la décision

L'intégration de ce facteur dans la mise en œuvre de la stratégie adaptative intervient à plusieurs niveaux. D'abord, les gestionnaires doivent identifier les incertitudes sur les modalités du changement climatique au cours des trente prochaines années puis émettre des hypothèses sur son effet probable. Cette phase de la stratégie adaptative va combiner des moments de

médiation avec les acteurs du territoire (pour résoudre les conflits), des moments de concertation (pour faciliter l'apprentissage) et des approches participatives.

Dans un deuxième temps, ces acteurs vont analyser comment le changement climatique risque de modifier les trois caractéristiques déterminant la dynamique de leur système socio-écologique à savoir, la résilience, l'adaptabilité et la transformabilité. La résilience¹ mesure la capacité d'un écosystème à amortir une perturbation et à se réorganiser en conservant les mêmes fonctions, structure et capacité de rétroaction. L'adaptabilité traduit la capacité des agents d'un système à gérer cette résilience. La transformabilité rend compte de leur capacité à créer un nouveau système, quand les conditions du système antérieur sont devenues sociologiquement, économiquement ou écologiquement intenables.

Enfin, les acteurs définissent des options stratégiques pour des échelles de temps et d'espace raisonnables par rapport à leurs projets et aux projections réalistes de changement du climat. Ils s'appuient alors sur la modélisation informatique comme moyen d'apprentissage partagé des interactions entre dynamiques écologiques et dynamiques sociales... et comme outil d'élaboration et de comparaison de scénarios prospectifs. De ce fait, la stratégie adaptative devient outil d'aide à la décision.

Asseoir des choix

Pour s'adapter au changement climatique, les acteurs du Causse Méjean ont deux options : contrôler la trajectoire du système en le maintenant le plus éloigné possible des seuils de basculement (éviter la précarité), ou accroître sa stabilité (augmenter sa résistance). Pour cela, ils devront : être capables d'anticiper les effets du changement climatique sur la dynamique de leurs ressources et avoir conscience de l'incertitude inhérente à la prévision de ce changement (apprendre à vivre avec le changement et l'incertitude), maintenir une mosaïque d'habitats (favoriser la diversité comme garant de résilience), échanger leurs expériences sur les effets du réchauffement (combinaison de différents types de connaissance pour un apprentissage partagé), imaginer ensemble des techniques alternatives comme le sylvo pastoralisme pour réduire la sensibilité de leurs ressources à la sécheresse (rendre possible l'auto-organisation des agents pour la mise en œuvre d'un développement durable). ■

MICHEL ÉTIENNE - INRA AVIGNON

>>> Mél : etienne@avignon.inra.fr

ersavoirplus

► Michaël Usher, 2005, *Conserver la diversité biologique dans le contexte du changement climatique*, 33 p. Disponible en pdf : http://www.coe.int/t/e/cultural_cooperation/environment/nature_and_biological_diversity/biodiversity/codbp03f_05.pdf

Biodiversité marine, évolution rapide

Adapter la gestion...

L'état général de l'environnement marin s'est dégradé plus rapidement que prévu ces dernières décennies. Les scientifiques observent...

0,6°C en trente ans. Cette augmentation moyenne de la température est décelable partout, avec plus ou moins d'amplitude.

Dans le golfe de Gascogne par exemple, cette évolution est apparue sur les quinze dernières années. Les premières manifestations du changement ont été l'apparition, dans nos eaux, d'espèces qui y étaient inconnues avant les années 70 et considérées comme cantonnées aux régions subtropicales. C'est le cas des balistes, sérioles, tassergals, saint-pierres rosés qui ont été observés pour la première fois dans les années 70 au Sud Portugal, puis dans les années 80 au large du plateau de Gascogne et, dans les années 90, en Ouest Irlande.

Le phénomène est aussi observé pour des espèces d'algues microscopiques et des crustacés planctoniques. Le copépode autrefois limité aux côtes de Mauritanie est maintenant présent en Manche alors que l'espèce similaire locale (*Calanus helgolandicus*) s'est déplacée vers la mer du Nord. En fait, toutes les espèces sont concernées par le changement climatique et les effets ne se limitent pas à une extension vers les hautes latitudes des limites de distribution des espèces. L'évolution de la température coïncide avec différents changements des caractéristiques physiques du milieu fluide (température, courant, agitation...), qui conditionnent le comportement et le développement des individus.

Taux de natalité

Au niveau des populations, ces changements des conditions d'environnement influent principalement sur la survie des stades larvaires et juvéniles, déterminant ainsi leur niveau de renouvellement (le taux de natalité) et, par conséquent, leur abondance. Pour quelques espèces de poissons exploités, les processus écologiques sont maintenant connus. Ainsi, pour la sole, le taux de survie des juvéniles dans les baies côtières dépend de l'abondance des débits fluviaux de fin d'hiver, lesquels autorisent le développement des vers polychètes, proies de ces juvéniles. Pour l'anchois, c'est l'intensité des vents d'ouest printaniers qui détermine la survie des alevins par leur dispersion et celle de leur nourriture (algues phytoplanctoniques). Dans le cas du cabillaud, la régression des taux de natalité,

est due à un remplacement du copépode planctonique proie des alevins, par une espèce méridionale moins appétente (*Calanus helgolandicus*). L'analyse est généralisable à l'ensemble des populations de poissons commerciaux faisant l'objet d'un recensement annuel de l'abondance. Dans la majorité des cas, les variations positives ou négatives de la « natalité » sont étroitement liées aux évolutions des indices climatiques.

Modifier les objectifs de gestion

Le changement global induit par les activités humaines se traduit par des changements de la nature des espèces présentes, de leur potentiel de production et du volume de prélèvement, notamment de pêche, qu'elles peuvent soutenir. Ces conséquences nécessitent de modifier les objectifs de gestion et de préservation des ressources et des écosystèmes actuellement basés sur les états antérieurs des ressources. Dans l'immédiat la projection de la tendance observée restera très probablement valide. Mais au terme de cinq à dix ans, établir des prévisions fiables de l'évolution des ressources, dépendra de la maîtrise des connaissances de la dynamique du climat et de la capacité des écologues à appréhender l'évolution des régimes d'équilibre des systèmes écologiques et de leurs probabilités de rupture. Face à l'évolution de la nature, diagnostics et prévisions seront probabilistes. Pour les gestionnaires, le défi sera de pouvoir adapter leurs décisions à cette évolution des écosystèmes et des espèces qui les peuplent. ■

JEAN BOUCHER

IFREMER, DÉPARTEMENT SCIENCES ET TECHNOLOGIES HALIEUTIQUES.

>>> **Mél: Jean.Boucher@ifremer.fr**



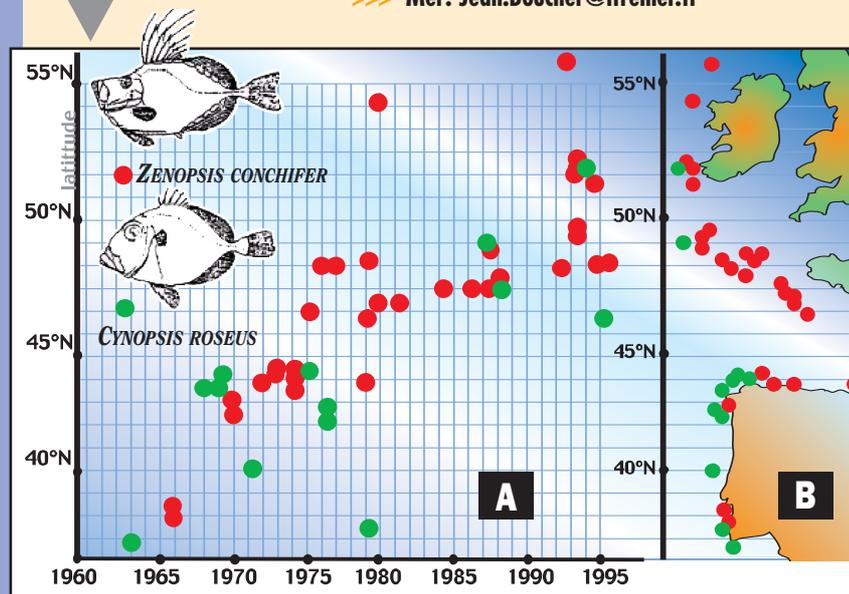
© Sylvie Gros

CAPTURES DE *ZENOPSIS CONCHIFER* ET DE *CYNOPSIS ROSEUS* LE LONG DES CÔTES ATLANTIQUES EUROPÉENNES.

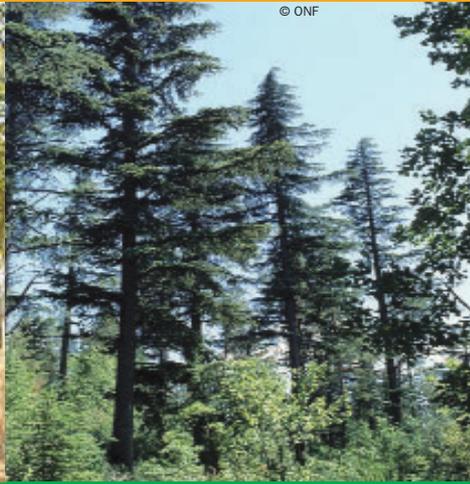
A. DISTRIBUTION SELON LES LATITUDES ET LES ANNÉES DE 1960 À 1995.

B. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE.

ON NOTE UNE EXTENSION VERS LES HAUTES LATITUDES DE LA LIMITE DE DISTRIBUTION D'ESPÈCES DE POISSONS SUBTROPICALES.



D'après Jean-Claude Quérou et al., 1998.



▲ LES MONOCULTURES DE GRANDE AMPLEUR SONT FRAGILES.

▲ CÈDRES.

LE SOUS-ÉTAGE FAVORISE LA CAPACITÉ À SE DÉVELOPPER DES FORÊTS. ▲

Pour la forêt, le changement s'annonce à échéance d'une génération d'arbre. Le gestionnaire interroge le scientifique sur les comportements adéquats.

Quels comportements adopter?

>>> Gestion sylvicole

Les questions du forestier



Une très récente étude montre comment le paysage sylvicole devrait être rapidement bouleversé¹. Or, ces travaux de modélisation réalisés par les équipes de l'Inra questionnent le gestionnaire à plus d'un titre. Tout d'abord, faut-il planter? L'augmentation des surfaces de boisement peut-elle être une réponse efficace au changement climatique et si oui, à quelles conditions? Mais alors, quelles espèces sélectionner? En effet, le travail des chercheurs laisse apparaître que certaines espèces sont menacées. Ce serait le cas du chêne pédonculé et du hêtre en Poitou-Charentes et, dans une moindre mesure, du pin maritime dans le Sud-Ouest. Par quelles essences faut-il les remplacer ou les seconder sachant que le propriétaire cherche à utiliser des essences économiquement rentables et utilisables par l'industrie? Ne doit-on pas inciter les industriels à travailler sur des essences jusqu'alors négligées, comme le chêne vert, et ce malgré sa lenteur de pousse? Cette essence, comme d'autres dites « non productives », améliore souvent le sol, crée des ambiances forestières protectrices et active l'accueil d'une faune auxiliaire pouvant lutter contre les ravageurs favorisés par le réchauffement. Ne devrait-on pas envisager de les subventionner?

Se pose aussi la question de la place des espèces exotiques. Devra-t-on les choisir? Si oui, on peut imaginer que pour pallier les incidences de cette plantation sur la biodiversité, il sera envisageable de mélanger ces essences à des feuillus, mais *quid* des paysages?

On ne peut, non plus, occulter la question du stress hydrique induit par le changement climatique. Comment alors diminuer la concurrence pour l'eau? Faut-il, comme certains le préconisent, supprimer tout ou partie du sous-étage? Ce parti pris étonne le forestier qui y voit une erreur fondamentale à la fois sur le plan de la biodi-

1. L'étude projette l'évolution des essences selon le climat, d'ici à 2050 et 2100. On note que les essences aquitaines passent d'une occupation de 17% du territoire à 46%; les essences méditerranéennes de 9 à 28%.

En revanche, les essences montagnardes régressent de 16 à 6%; les essences océaniques et continentales de 58% à 20%. Étude de l'Inra - Badeau et Dupouey, centre de Nancy 2004.

2. Il est cependant illusoire de penser que la forêt puisse stabiliser le taux de CO₂ dans l'atmosphère. Pour cela, il faudrait planter près d'un milliard et demi d'hectares de forêts, au plan mondial (Jancovici, mission interministérielle pour l'étude de l'effet de serre).

versité et sur celui de la foresterie. Le forestier aurait tendance à affirmer qu'il faut s'engager dans une diversification maximale des peuplements, à tous les étages de végétation. A-t-il raison? Faut-il sortir des monocultures et notamment mélanger systématiquement les essences, planter ou régénérer un nombre maximal d'essences différentes? Faut-il varier les modes de traitement?

Et, plus généralement, ne faut-il pas partir du principe que la station doit commander et non les débouchés escomptés à cent ans de là, avec les aléas que cela suppose? Autant de convictions et de questions qui ouvrent le dialogue. Qu'en pense le scientifique?

ALAIN PERSUY - CRPF POITOU-CHARENTES

>>> Mél: alain.persuy@crpf.fr

Les réponses du scientifique



Les recherches sur l'impact du changement climatique, dont les conclusions sont très alarmantes, sont encore récentes. Elles sont amenées à évoluer et s'affiner. Aussi faut-il se garder de toute réaction prématurée ou excessive: il n'est pas encore question d'entreprendre une transformation systématique des peuplements au profit d'espèces adaptées au climat modélisé à l'horizon 2100. En revanche, une prise de conscience active est à l'ordre du jour et c'est le moment de faire le point sur les recommandations des écologues et leur suivi effectif.

Anticiper la reconstitution

Tous nos territoires forestiers sont-ils couverts par un catalogue de station? Ces catalogues sont-ils utilisés? Sont-ils cohérents entre eux? Sommes-nous capables de

suite page 24 ●●●



● ● ● suite de la page 23

quantifier et cartographier à l'échelle régionale les contraintes écologiques (en particulier hydriques) auxquelles sont soumis nos peuplements? Seule une telle connaissance nous permettra de traduire en préconisations techniques les acquis scientifiques. Les essences en place sont-elles toutes adaptées aux conditions actuelles du sol et du climat. L'exemple du chêne pédonculé que vous citez est très intéressant à cet égard. De nombreux peuplements de cette espèce se trouvent dans des stations éloignées de son optimum écologique. Avec des étés plus chauds et plus secs,



© Inra

1. Zone de contact entre deux écosystèmes distincts et parfaitement identifiés (on parle d'effet lisière).

LE CHÊNE VERT DEVRAIT S'ÉTENDRE EN FRANCE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.

mais aussi des risques accrus d'excès d'eau temporaire dans les sols en hiver, ces peuplements fragiles pourraient souffrir très rapidement.

Par ailleurs, il faut se tenir prêt à d'éventuels dépérissements. Il convient de prévoir un panel d'essences de reboisement adapté à la variété des conditions liées à la nature des sols et sous-sols régionaux, sous un climat plus chaud et plus sec en saison de végétation. À cette fin, les anciens essais de comparaison d'espèces et les arboretums méritent d'être revisités. Reprenons la réflexion sur les essences exotiques, car certaines pourraient se révéler bien utiles dans cette perspective! On pourrait imaginer que ces espèces de reboisement, autochtones ou exotiques, soient introduites progressivement, en mélange, pour éviter des transformations arbitraires et traumatisantes. La recherche de mélanges compatibles et la mise au point de sylvicultures adaptées peuvent être entreprises dès maintenant.

Un observatoire éco-climatique en Vercors

Entre mesures physiques et observations naturalistes, ils travaillent main dans la main. Sur les Hauts-Plateaux du Vercors, chercheurs et gestionnaires ont associé leurs compétences et mis sur pied un observatoire éco-climatique. Jusqu'ici, on connaissait les stations météorologiques, mais la complexité de cet observatoire réside dans l'ouverture de son champ d'étude. Partant du principe que l'évolution du climat local, liée aux changements globaux, aurait un impact significatif sur la biodiversité, l'hydrologie mais aussi sur l'économie du Vercors, les gestionnaires du Parc naturel et de la Réserve naturelle se sont associés avec les laboratoires universitaires. Ils ont mis sur pied ce lieu d'échange et de synergie de plusieurs disciplines: météorologie, climatologie, écologie, biologie, géomorphologie...

Concrètement, trois stations météorologiques acquièrent des paramètres liés à la température de l'air et du sol, à l'humidité, au vent, au rayonnement, aux précipitations, à la hauteur de neige. Un dispositif de surveillance qualitatif et quantitatif de la ressource en eau est également mis en place (des collaborations scientifiques sont engagées avec le Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement de Grenoble et l'Institut de géographie alpine). L'originalité réside dans le traitement croisé des données par toutes les disciplines investies dans la démarche.

L'implantation géographique de cet observatoire en fait un terrain d'étude dont les conclusions sont utiles à toute la communauté scientifique. En effet, le Vercors est une zone de transition entre les climats des Alpes du Nord et méditerranéen. Cette zone est à la rencontre de quatre régions biogéographiques (atlantique, continentale, méditerranéenne et alpine). Par ailleurs, ce vaste plateau calcaire est riche en écotones¹ et en espèces animales et végétales en limite d'aires de répartition. ■

PIERRE-EYMARD BIRON - PARC NATUREL RÉGIONAL DU VERCORS

>>> **Mél: pierre-eynard.biron@pnr-vercors.fr**

Améliorer la résistance à la sécheresse

Vous évoquez la question de la gestion sylvicole des peuplements pour améliorer leur résistance à la sécheresse. Une surdensité des peuplements augmente l'impact des sécheresses et le risque de mortalité. Cette surmortalité n'est qu'un réajustement naturel de l'équilibre entre la demande en eau du peuplement et les ressources offertes par le climat local et la station. Le forestier a tout intérêt à rétablir lui-même cet équilibre, en intervenant suffisamment et régulièrement sur l'étage principal et en contrôlant le sous-étage pour limiter sa concurrence avec l'étage dominant. Adapter la surface foliaire du peuplement pour réduire le niveau de contrainte hydrique devient un impératif. Mais éliminer systématiquement l'ensemble du sous-étage serait une erreur écologique, culturelle et paysagère.

D'une façon générale, la diversité du peuplement joue en faveur de sa capacité à résister à certaines atteintes (pullulations de ravageurs, gel tardif), ou encore à se restaurer après un dommage (résistance de certaines espèces d'arbres d'où maintien d'une ambiance forestière). Cependant, la biodiversité fonctionnelle ne se résume pas au nombre d'espèces d'arbres à l'hectare. La diversité des individus au sein d'une même espèce est tout aussi importante dans un contexte de changement des conditions écologiques, car c'est elle qui permettra aux espèces de s'adapter aux changements climatiques... dans une certaine mesure, que nous ne connaissons pas encore, mais qui ne doit pas être négligée.

Finalement, le changement climatique offre une opportunité de réactiver le dialogue entre praticiens et chercheurs, afin d'éviter les discours trop simplificateurs et les actions inconsidérées, de nourrir les réflexions de chacun et de se préparer au mieux aux divers scénarios du futur.

**MYRIAM LEGAY, NATHALIE BRÉDA, JEAN-LUC DUPOUEY
INRA NANCY**

>>> **Mél: breda@nancy.inra.fr**

>>> **Mél: dupouey@nancy.inra.fr**



© P.-E. Biron