

Changement climatique et biodiversité

Primaire et collège

Résumé

D'ici 2100, la température moyenne globale augmenterait de 2 à 4 °C. En Europe, où le réchauffement serait particulièrement important, l'augmentation des températures serait comprise entre 1 et 5,5 °C. Nos écosystèmes pourraient alors connaître d'importants changements, préjudiciables à leur fonctionnement et aux services qu'ils nous rendent.

changement climatique et biodiversité

Gwladys Mathieu

Durant des millions d'années, le climat de la Terre a subi bien des modifications, certaines de grande ampleur, comme les glaciations et les périodes interglaciaires. Ces variations étaient dues à des phénomènes naturels (variations de l'orbite terrestre, de l'activité solaire, éruptions volcaniques...). Depuis la fin de la dernière glaciation, il y a environ dix mille ans, nous bénéficions de conditions climatiques relativement stables qui ont permis aux sociétés humaines et aux ÉCOSYSTÈMES de se développer tels que nous les connaissons aujourd'hui.

Mais, depuis une cinquantaine d'années, la température moyenne à la surface du globe monte en flèche (+ 0,13 °C par décennie sur les cinquante dernières années). Les causes naturelles ne peuvent expliquer à elles seules ce changement, inhabituel par sa rapidité et son ampleur. L'élévation des températures est attribuée par les scientifiques à l'augmentation de la concentration des gaz à EFFET DE SERRE dans l'atmosphère, due aux activités humaines. En outre, les experts du climat projettent une accélération du réchauffement. D'ici 2100, la température moyenne globale augmenterait de 2 à 4 °C. En Europe, où le réchauffement serait particulièrement

important, l'augmentation des températures serait comprise entre 1 et 5,5 °C. Nos écosystèmes pourraient alors connaître d'importants changements, préjudiciables à leur fonctionnement et aux services qu'ils nous rendent.

Climats et paysages, un lien bien visible

Les grands domaines biogéographiques

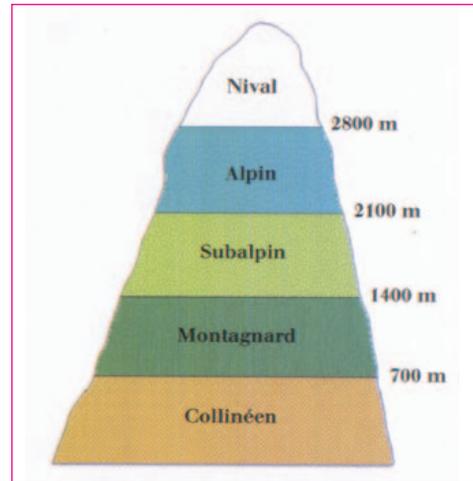
On trouve sur la Terre trois grandes zones thermiques : chaude, tempérée et froide, liées à l'inégale répartition de l'énergie solaire reçue à la surface de la planète (voir la figure ci-contre). L'énergie reçue est forte à l'équateur et faible aux pôles. La présence d'océans, de continents, de reliefs dans ces grandes zones génère différents climats qui façonnent le paysage. Ainsi, à chaque grande zone climatique correspond un type de végétation. Par exemple, au climat équatorial est associée la forêt tropicale humide, au climat tropical sec la savane et le désert (caractérisé par la quasi-absence de végétation), au climat tempéré la forêt de feuillus, aux climats boréal et polaire la taïga et la toundra, etc.

Les étages de végétation en montagne

Une autre manière de visualiser le lien entre climat et paysage est d'observer l'étagement de la végétation en montagne (voir la figure ci-contre). On distingue cinq étages successifs avec un paysage et une végétation caractéristiques :

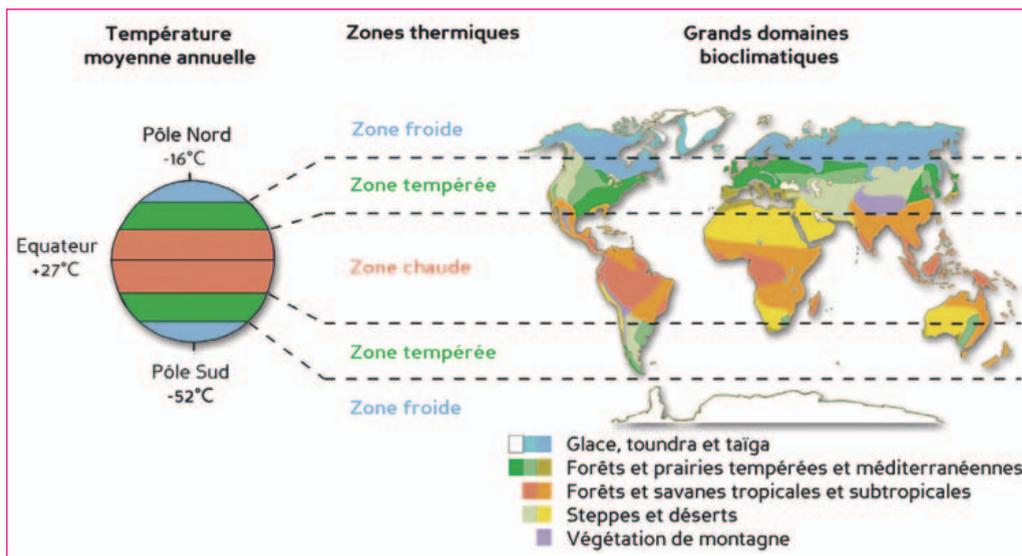
- à l'étage collinéen correspond la forêt de feuillus (parfois fortement réduite à cause de l'occupation humaine) ;
- l'étage montagnard est occupé par une forêt mixte de feuillus et de conifères (limite des habitations permanentes et des cultures) ;
- l'étage subalpin est caractérisé par une forêt de conifères. Il représente la limite supérieure de la forêt ; au-delà ne poussent plus que des buissons et des plantes herbacées ;
- l'étage alpin est le domaine des pelouses alpines, à végétation rase ;
- l'étage nival, très minéral, est caractérisé par des neiges permanentes. Très peu d'ESPÈCES végétales y poussent (essentiellement des mousses et des lichens).

Ces étages de végétation très marqués résultent de la diminution de la température



Les étages de végétation en montagne (les limites altitudinales des étages varient selon les massifs, les conditions locales, l'exposition du versant, etc. ; les valeurs indiquées ici correspondent à une moyenne pour les Alpes suisses).
Source : CREA

avec l'altitude. Dans les Alpes, pour une élévation de 100 m en altitude, la température moyenne annuelle diminue d'environ 0,5 °C. On retrouve alors sur de très courtes distances horizontales des régimes climatiques équivalents à ceux de latitudes très éloignées : il faudrait parcourir 100 km en plaine vers le pôle Nord pour observer le même écart de température. Les types de végétation rencontrés en montagne font



Températures moyennes annuelles à la surface de la Terre, grandes zones thermiques et domaines bioclimatiques.
Source : CREA

d'ailleurs penser à ceux de latitudes très séparées. L'étage subalpin, avec ses forêts de conifères, rappelle la forêt boréale (taïga), tandis que la pelouse alpine se rapproche de la toundra arctique.

Les étages de végétation apparaissent souvent de manière évidente au regard en montagne. Mais si la végétation sert de base à leur description, on peut y associer tout un cortège d'espèces animales inféodées aux différents milieux qu'ils représentent. Ainsi, le visage d'un lieu et les espèces animales et végétales que l'on y rencontre sont intimement liés au climat qui y règne. Les écosystèmes que nous connaissons aujourd'hui ont évolué dans des conditions climatiques relativement stables depuis la fin de la dernière glaciation : au cours des derniers millénaires, les variations de la température moyenne du globe n'ont probablement guère dépassé 1 °C de plus ou de moins par rapport à la période actuelle. Avec une augmentation de la température moyenne globale de 0,8 °C depuis 1860, et surtout une augmentation prévue de l'ordre de 2 à 4 °C d'ici 2100, on entre dans un régime climatique totalement nouveau pour l'ensemble des espèces, ce qui se traduira par de profondes modifications du monde vivant.

Les réponses du monde vivant au changement climatique actuel

Face à une modification de son environnement, une espèce peut répondre de trois manières :

– s'adapter : les individus restent dans leur milieu mais modifient leurs caractéristiques en fonction des nouvelles conditions de l'environnement. Cette adaptation peut se faire de manière purement phénotypique (c'est-à-dire sans modification du patrimoine

génétique, mais par influence directe de l'environnement sur la croissance, le développement, le comportement, la physiologie ou la morphologie des individus) ou par des processus de SÉLECTION (les individus ayant les caractéristiques génétiques les plus favorables dans le nouvel environnement deviennent dominants) ;

– se déplacer : les individus se déplacent pour retrouver l'environnement qui leur convient. Les phénomènes de dispersion peuvent être ainsi actifs ou passifs (par exemple, la dispersion des graines par le vent). L'aire de répartition de l'espèce change ;

– disparaître : les individus ne peuvent ni s'adapter aux nouvelles conditions ni se déplacer pour retrouver les conditions qui leur conviennent. Les effectifs de la population diminuent jusqu'à la disparition locale de l'espèce.

Nous allons voir que l'augmentation des températures ces dernières décennies a déjà eu des répercussions de ce type-là sur les plantes et les animaux en différents endroits du globe.

Les variations des cycles saisonniers

D'une année sur l'autre, les paramètres climatiques sont très variables : on peut avoir des années froides ou chaudes, des saisons particulièrement fraîches ou caniculaires, etc. Ce sont des fluctuations naturelles du climat. Les organismes vivants possèdent une certaine plasticité (capacité des individus à modifier leurs caractéristiques en fonction des conditions de l'environnement) qui leur permet de s'adapter à ces fluctuations en ajustant, dans une certaine mesure, leur CYCLE BIOLOGIQUE au déroulement des saisons. On s'attend par exemple à ce qu'un arbre change de couleur

et perde ses feuilles à l'automne, à ce que les oiseaux migrateurs repartent vers le sud, mais la date exacte de ces événements change d'une année sur l'autre en fonction des conditions climatiques. L'étude des variations annuelles de ces événements périodiques de la vie animale et végétale en fonction du climat est appelée PHÉNOLOGIE.

Les organismes vivants répondent ainsi à des événements climatiques récents, qui leur permettent d'anticiper les conditions climatiques futures (avec une fiabilité toutefois relative). Le facteur climatique le plus déterminant en zone tempérée est la température (en zone tropicale, ce sont les précipitations). La plupart des plantes par exemple se basent sur les températures des semaines précédentes (2 à 12 semaines avant) pour évaluer le changement de saison et déclencher les réponses phénologiques.

À la sortie de l'hiver, par exemple, les plantes ont besoin d'accumuler une certaine quantité de chaleur pour se développer. Cette accumulation de chaleur se fait au-dessus d'une température-seuil qui correspond à la température à partir de laquelle la plante peut entrer en activité (elle est en général comprise entre 0 et 5 °C). Chaque jour, la plante « accumule » les degrés au-dessus de la température-seuil jusqu'à atteindre la quantité de chaleur adéquate pour son développement. Cette somme de chaleur est exprimée en degrés-jours (ou °j).

Chaque espèce a sa propre phénologie et réagit différemment à la température. Prenons l'exemple de deux conifères vivant dans le même milieu : l'épicéa et le mélèze (le calcul des degrés-jours a été effectué à partir de plusieurs arbres situés dans les Alpes, dans différentes conditions de milieu et d'altitude ; il s'agit d'une moyenne calculée à partir des observations du programme

Phénoclim en 2006 et 2007). Au printemps, le mélèze a besoin de peu de chaleur pour que ses bourgeons s'ouvrent : 186 °j, ce qui veut dire que les aiguilles du mélèze se développent rapidement lorsque la température redevient positive au printemps. Le mélèze est une espèce précoce. En revanche, l'épicéa a besoin de 472 °j pour que ses bourgeons éclosent. Cela veut dire que les aiguilles de l'épicéa se développent très tardivement au printemps. L'ouverture tardive des bourgeons est une adaptation qui évite aux jeunes aiguilles, très sensibles au froid, d'être endommagées par un gel tardif. Les stratégies de développement différentes de ces arbres sont liées à leur mode de croissance. En effet, l'épicéa ne fabrique des aiguilles qu'une seule fois au cours de la saison et ces aiguilles durent plusieurs années. Le mélèze, lui, fabrique des aiguilles chaque année et en plusieurs fois. Il peut donc remplacer les aiguilles perdues à cause d'un gel tardif.

La phénologie est une réponse directe des organismes vivants à la température. On comprend alors que la fluctuation des paramètres climatiques puisse agir sur la phénologie et que l'on puisse en observer les effets à long terme.

Un décalage des cycles saisonniers des êtres vivants

Plusieurs études ont montré des décalages des événements phénologiques ces dernières décennies en réponse à l'augmentation des températures. De nombreuses espèces de plantes, d'insectes, d'oiseaux, d'amphibiens... ont modifié leurs rythmes biologiques : ouverture des bourgeons et floraison des plantes, arrivée des oiseaux migrateurs, périodes de reproduction plus précoces, etc. Les signes sont surtout visibles

au printemps. En trente ans, les activités printanières des êtres vivants ont ainsi avancé de presque une semaine en Europe avec de fortes variations selon les espèces et les régions.

Si l'on suit sur les trente dernières années la date d'arrivée de migration des hirondelles de fenêtre en provenance d'Afrique à Oxfordshire, en Angleterre, on s'aperçoit que les hirondelles arrivent en moyenne fin mars maintenant, alors qu'elles arrivaient mi-avril il y a trente ans : trois semaines d'avance !

L'augmentation des températures de ces dernières décennies (pourtant modeste par rapport aux prévisions pour 2100) a déjà eu un impact sur la biologie des espèces. La question est de savoir jusqu'à quel niveau les espèces pourront ajuster leurs cycles biologiques. Une augmentation supplémentaire de 2 à 4 °C d'ici 2100 dépasse largement l'ordre de grandeur des fluctuations de température dues à la variabilité interannuelle du climat. Les espèces pourront-elles s'y adapter ?

Quelques implications directes et indirectes des décalages de phénologie

Toutes les espèces ne réagissent pas avec la même amplitude aux modifications du climat, ce qui peut entraîner des dysfonctionnements au sein des écosystèmes (un « écosystème » est un ensemble dynamique formé de plantes, d'animaux, de micro-organismes vivant en interaction dans un milieu particulier, par exemple : un lac, une tourbière, une hêtraie...). Certaines espèces peuvent en tirer des avantages, d'autres être défavorisées.

Un premier exemple : depuis les années 1970, dans le bassin méditerranéen, les abeilles sortent de plus en plus tôt de la

ruche au printemps. Mais peu de fleurs sont ouvertes à cette période, car la végétation a pris moins d'avance que les insectes. Résultat : il y a peu de nourriture disponible à une période délicate pour la survie des abeilles et les interactions entre plantes et insectes pollinisateurs sont modifiées.

L'étude des chaînes alimentaires permet aussi de mettre en évidence les modifications des interactions entre les proies et leurs prédateurs dues au changement climatique. Nous en donnons deux exemples ici.

La phalène brumeuse est un papillon des régions tempérées qui vit sur les arbres forestiers ou dans les vergers. Sa chenille défoliatrice se nourrit préférentiellement des jeunes feuilles du chêne pédonculé, causant parfois d'importants dégâts aux arbres. Les mésanges bleues et charbonnières sont des prédateurs de la chenille de phalène, principale nourriture des poussins au printemps. Chêne, phalène et mésange sont donc trois maillons d'une même chaîne alimentaire. Cette chaîne, étudiée depuis plusieurs années en Angleterre, montre que les trois espèces ont un développement synchronisé au printemps : l'éclosion des chenilles a lieu lorsque les bourgeons du chêne s'ouvrent et la date de ponte des mésanges est corrélée avec l'apparition des chenilles. Le développement des poussins se fait ainsi parallèlement au pic de production des chenilles.

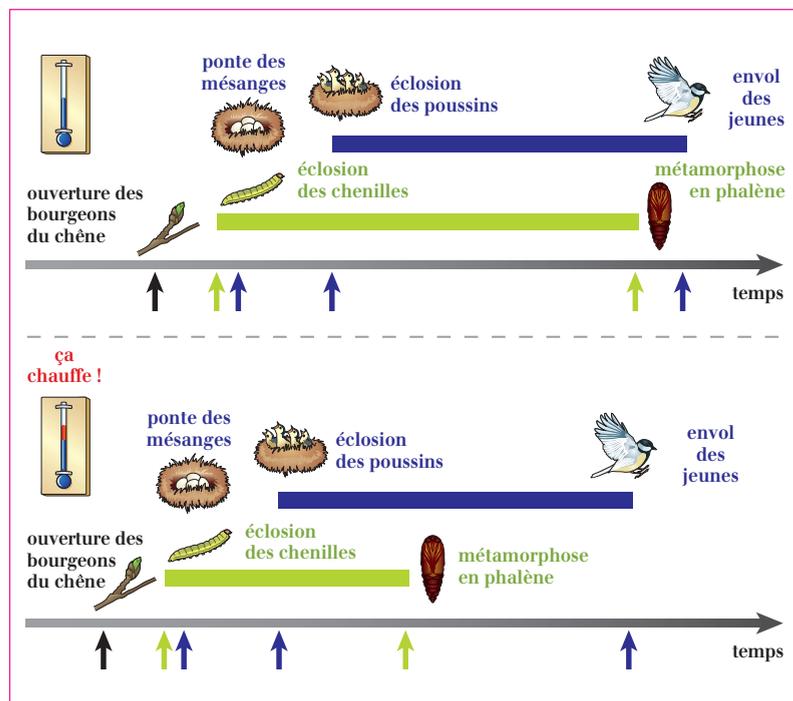
Lorsque les températures sont élevées, comme ces dernières années, l'ouverture des bourgeons du chêne est avancée et les feuilles se développent plus rapidement. Les chenilles de phalène éclosent également plus tôt et leur développement s'accélère. L'élévation des températures ne modifie donc pas les interactions chêne/phalène. Les mésanges pondent aussi plus tôt (en corrélation avec

l'apparition précoce des chenilles), mais le développement des poussins dans l'œuf n'est pas accéléré (nombre de jours fixe entre la ponte et l'éclosion), alors que les chenilles se développent plus rapidement. Il y a donc un décalage entre le pic de production des chenilles et le développement des poussins. Leur nourriture est moins abondante et de moindre qualité (les « vieilles » chenilles sont moins digestes), ce qui se traduit par une plus grande mortalité des poussins. Le changement climatique peut donc modifier la dynamique des populations de mésanges à leur détriment et donner un avantage aux phalènes (pour le grand malheur du chêne) (figure ci-dessous).

Un autre exemple en milieu aquatique : les recherches menées par l'Inra (Institut national de la recherche agronomique) autour du lac Léman montrent une augmentation de la température de l'eau qui perturbe les successions saisonnières. Depuis quarante ans, la température du lac

Léman a augmenté de 1 °C, provoquant une apparition printanière du phytoplancton (algues microscopiques), et du zooplancton qui s'en nourrit, avec trois à quatre semaines d'avance. Une aubaine pour un poisson du lac, le corégone, dont les larves éclosent toujours à la même date et trouvent ainsi de meilleures conditions de nourriture (le zooplancton est la principale nourriture des larves). La dynamique de cette espèce est donc favorisée pour l'instant. Mais, pour se reproduire, le corégone a besoin d'une température hivernale inférieure à 7 °C. Si le réchauffement se poursuit, la température du lac Léman ne lui sera plus favorable.

Ces exemples de modifications des interactions entre espèces dues à un décalage des événements phénologiques illustrent à la fois les dysfonctionnements que peut introduire le changement climatique dans les écosystèmes actuels et la difficulté de prévoir toutes les conséquences qui en découlent.



Les espèces modifient leur aire de répartition

Certaines espèces s'adaptent à leurs nouvelles conditions de vie en modifiant leur cycle biologique, d'autres se déplacent pour rester dans le régime climatique qui leur convient. De tels déplacements ont déjà eu lieu au cours de l'histoire. On trouve par exemple dans la faune et la flore alpines des espèces dites « arctico-

Les décalages de phénologie du chêne, de la phalène et de la mésange. Source : CREA

alpines » (présentes à la fois dans les Alpes et dans l'Arctique), que l'on qualifie aussi parfois de « reliques glaciaires », comme la renoncule des glaciers, le lièvre variable, le lagopède alpin... Ces espèces, originaires de la zone arctique, ont colonisé l'Europe lors des glaciations de l'ère quaternaire. Au retrait des glaciers, des individus ont trouvé refuge en montagne, notamment dans les Alpes. Grâce à la lenteur des changements, ces espèces ont pu évoluer et s'adapter aux nouvelles conditions climatiques. Entre le dernier maximum glaciaire, il y a 21 000 ans, et la période interglaciaire actuelle, la différence de température moyenne globale est de 4 à 7 °C, mais le réchauffement (essentiellement de - 17 000 à - 10 000 ans) s'est produit à un rythme dix fois plus lent que le réchauffement que nous avons connu au cours du XX^e siècle.

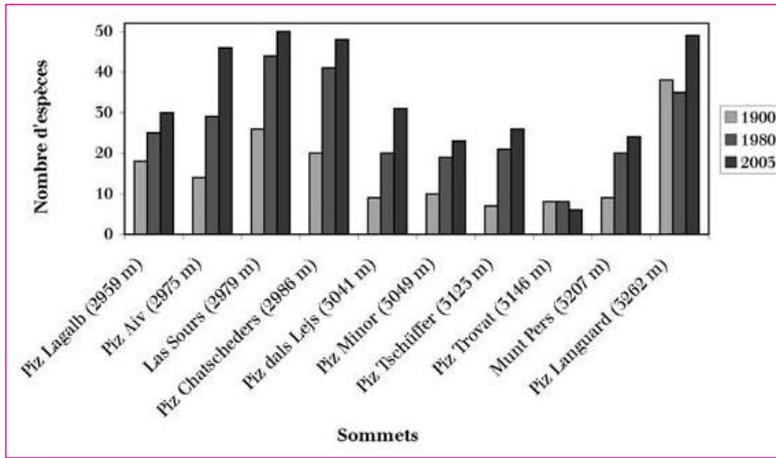
En réponse aux évolutions climatiques des dernières décennies, de nombreuses espèces d'animaux et de plantes ont modifié leur aire de répartition en se déplaçant en latitude vers le nord ou en altitude. Les insectes, entre autres, sont particulièrement sensibles à la température. Une étude menée sur trente-cinq espèces de papillons européens montre que 63 % d'entre elles ont étendu leur aire de répartition de 35 à 240 km vers le nord au cours du XX^e siècle et ont ainsi suivi l'augmentation des températures.

Dans certains cas, on assiste à l'arrivée d'espèces considérées par l'homme comme indésirables. On constate par exemple depuis plusieurs années une expansion géographique de la chenille processionnaire du pin, qui s'attaque aux conifères et peut provoquer chez l'homme des réactions allergiques. Cet insecte, présent dans le bassin méditerranéen à l'origine, progresse peu à peu vers le nord et en altitude. Les chenilles ont par exemple franchi la Loire

au début des années 1990. Repéré à 70 km de Paris en 2003, le premier nid de front (le « front » désigne la limite mobile de l'aire colonisée par les chenilles) s'en trouve maintenant à 36 km. Les chenilles se développent pendant l'hiver et sont sensibles à l'augmentation des températures durant cette saison. Jusqu'en 1996, la majorité du Bassin parisien était défavorable au développement des chenilles, les hivers étant trop froids pour qu'elles s'alimentent entre octobre et mars. Avec une augmentation d'environ 1 °C des températures hivernales, l'ensemble de la région est devenu favorable entre 2000 et 2004. À l'avenir, la vitesse de progression de l'insecte dépendra de ses capacités naturelles à coloniser les zones devenues climatiquement favorables, mais aussi de l'action de l'homme : les modifications de la structure du paysage, la plantation de son essence hôte préférée dans les parcs et jardins, le long des routes et autoroutes, les introductions accidentelles au-delà du front sont autant d'éléments qui peuvent favoriser ou freiner l'extension de son aire de répartition.

En altitude, les choses changent aussi. Des enquêtes floristiques réalisées en 1905, 1985 et 2003 sur une dizaine de sommets des Alpes suisses situés entre 2 900 et 3 300 m d'altitude montrent une augmentation de la BIODIVERSITÉ. Des espèces de plantes des altitudes inférieures colonisent progressivement le sommet des montagnes et viennent côtoyer les espèces alpines et nivales très spécialisées qui poussaient là auparavant.

De manière générale, le nombre d'espèces de plantes à fleurs et fougères (on ne compte pas les mousses et les lichens) est passé d'une dizaine d'espèces par sommet en 1905 à trente à cinquante espèces en 2003. Le



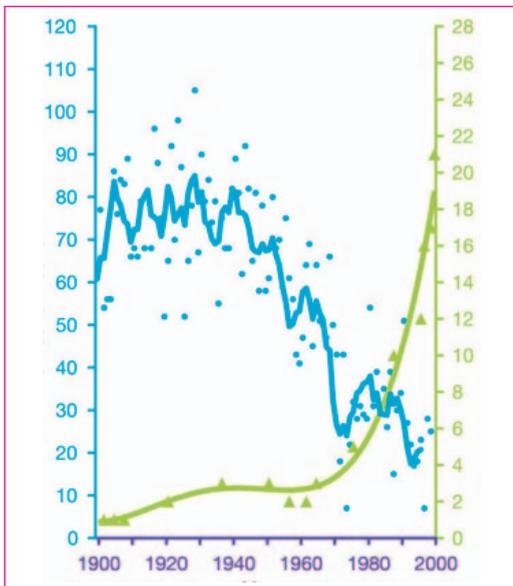
Évolution du nombre d'espèces de plantes à fleur et de fougères sur dix sommets des Alpes suisses. Source : adapté de G.-R. Walther, S. Beissner et C. A. Burga, « Trends in the upward shift of alpine plants », *Journal of Vegetation Science*, vol. 16, n° 5, 2005, p. 541-548.

rythme d'augmentation du nombre d'espèces s'est même accéléré depuis 1985, suivant une période de réchauffement plus intense. Si l'augmentation des températures s'est traduite jusqu'à présent par une augmentation nette de la biodiversité des sommets (pas de disparition d'espèces présentes en 1905), on peut se demander quelle sera la tendance à l'avenir. Un plus grand nombre d'espèces pourront pousser sur les sommets, mais les espèces initialement présentes supporteront-elles, d'une part, l'augmentation des températures et, d'autre part, la concurrence des nouvelles espèces ?

Apparition d'espèces invasives

Le changement climatique peut faciliter le développement d'espèces exotiques invasives (lorsque des espèces exotiques perturbent l'équilibre des écosystèmes naturels et la biodiversité locale, on les qualifie d'« invasives »). Dans le sud de la Suisse, un palmier cultivé dans les jardins a entrepris depuis quelques années la colonisation du milieu naturel grâce aux hivers plus doux des dernières décennies (voir la figure ci-contre). *Trachycarpus fortunei* est un palmier originaire d'Asie du Sud-Est introduit à la fin du XVIII^e siècle en Europe où il est largement cultivé dans les parcs et les jardins depuis plus

de deux cents ans. Grâce aux bons soins des jardiniers, les palmiers deviennent même adultes et fertiles. Dans le sud de la Suisse, une large population d'individus reproducteurs s'est ainsi établie dans les jardins. À partir des années 1950, on commence à trouver de jeunes palmiers dans des sites naturels relativement protégés. Dans les années 1970, les premières pousses de palmiers apparaissent dans la forêt. Ces pousses résistent à la concurrence des espèces locales et finissent par donner des individus fertiles. Au début du XXI^e siècle, une population subsponnée de palmiers reproducteurs (on parle d'ESPÈCE SUBSPONTANÉE lorsqu'une espèce cultivée échappée des jardins s'établit plus ou moins durablement dans une région où elle se mêle à la flore indigène) s'est établie au milieu de la forêt tempérée suisse... L'histoire de cette invasion suit de très près l'évolution des températures hivernales. Si, jusque dans les années 1950, les hivers suisses étaient bien trop rigoureux pour permettre aux palmiers de subsister sans intervention de l'homme, on a vu peu à peu apparaître puis se généraliser à la fin du XX^e siècle des événements climatiques favorables à la survie des jeunes pousses. À partir des années 1980, les conditions climatiques sont devenues favorables en permanence aux palmiers (diminution du nombre de jours de gel dans l'année).



Diminution du nombre de jour de gel par an dans le sud de la Suisse et augmentation du nombre d'espèces exotiques dans le milieu naturel.

axe bleu : nombre de jours de gel dans l'année

axe violet : années

axe vert : nombre d'espèces exotiques dans le milieu naturel

Source : Walther Gian-Reto *et al.*, *Nature* 2002, vol 416 : 389-395.

L'arrivée des palmiers et d'autres espèces exotiques dans le milieu naturel n'est pas sans conséquences pour les espèces locales. Au printemps, les espèces à feuilles caduques se développent moins bien à cause de l'ombre que leur font les espèces exotiques à feuilles persistantes et subissent leur concurrence.

Une disparition locale des espèces

Si les modifications climatiques permettent l'extension de l'aire de répartition et le développement des populations de certaines espèces, le processus inverse existe aussi : dans les zones qui ne leur sont plus favorables, les effectifs des populations diminuent jusqu'à la disparition locale de l'espèce.

Dans les montagnes du centre de l'Espagne, seize espèces de papillons ont disparu des zones les plus basses en trente ans

pour remonter de 200 m en altitude, suivant ainsi l'élévation des températures. Mais cette modification de l'aire de répartition des papillons équivaut à la perte d'un tiers de la surface de leur habitat (plus on s'élève, moins il y a d'espace disponible). En montagne, cette problématique est relativement prégnante.

Reprenons l'exemple des étages de végétation de la première partie. Nous avons vu que ces étages dépendaient étroitement de la température et que celle-ci diminuait de 0,5 °C tous les 100 m. Avec un scénario de prévisions climatiques moyen (soit une augmentation de 3 °C d'ici 2100), chaque étage de végétation verrait sa limite supérieure s'élever de 600 m. En d'autres termes, il prendrait quasiment la place de l'étage supérieur actuel puisqu'un étage s'étend sur une amplitude de 700 m environ (à droite).

Ce déplacement en altitude des étages de végétation se traduirait par une modification des surfaces occupées par chaque étage, et notamment par une réduction très forte des surfaces des étages alpin (- 66 %) et nival (- 86 %). Or ces derniers abritent une grande richesse biologique (plus de 2 500 espèces de plantes à fleurs et fougères, soit 20 % de la flore européenne) et certaines espèces ne se trouvent que dans ces espaces (en Europe, 10 % des espèces de la flore alpine sont ENDÉMIQUES, c'est-à-dire présentes uniquement dans une zone géographique limitée). La perte de surface des étages alpin et nival signifie une perte d'habitat, une diminution des effectifs de nombreuses espèces et un risque de disparition pour certaines. Il faut également ajouter à la réduction de surface la difficulté de coloniser les zones de haute montagne, qui ne sont pas forcément très accueillantes : augmentation des terrains en forte pente, diminution de la qualité des sols... Autant d'obstacles qui

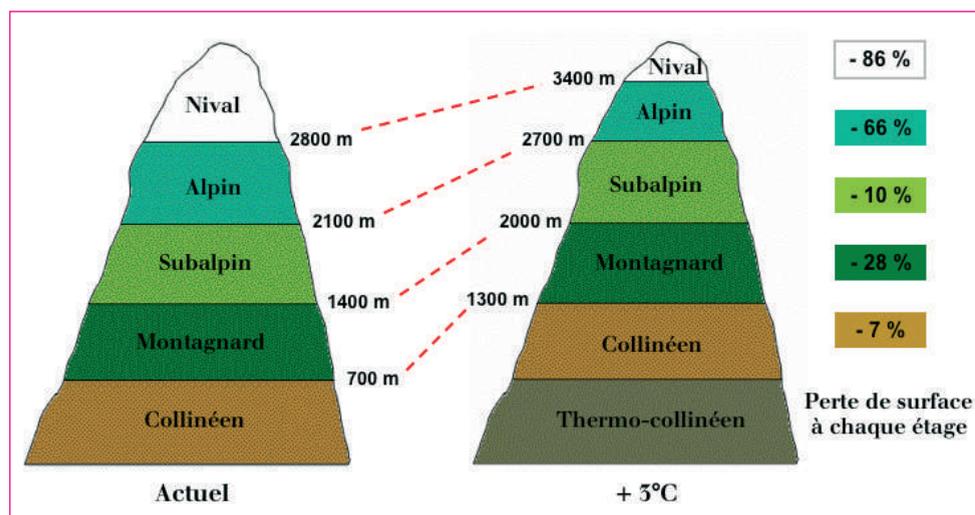
peuvent limiter le déplacement des espèces et leur établissement en altitude. De plus, toutes les espèces ne seront pas capables de se déplacer en même temps, ni à la même vitesse. Ce qui fait que si l'on peut parler d'un étage subalpin, alpin ou nival à l'horizon 2100, celui-ci ne ressemblera de toute manière pas à l'étage subalpin ou alpin actuel, mais sera le fruit d'une recombinaison, d'un nouvel assemblage d'espèces.

Un enchaînement de facteurs complexe

Il n'est pas toujours facile de mettre en évidence le rôle du changement climatique dans la disparition d'une espèce, car celle-ci est souvent liée à un ensemble de facteurs. L'exemple de l'extinction d'espèces de grenouilles au Costa Rica illustre bien cette réalité complexe.

En dix-sept ans, 67 % des espèces de grenouilles arlequins, endémiques des montagnes du Costa Rica, auraient disparu à cause du changement climatique. La faute en revient à un champignon pathogène dont le développement est favorisé par les récentes modifications du climat local.

L'aire de répartition de ce champignon est clairement limitée aux altitudes inférieures par la chaleur de la journée et aux altitudes supérieures par les basses températures de la nuit. L'augmentation globale des températures dans la région ces dernières décennies a eu deux effets favorables au champignon : les températures nocturnes ont augmenté, tandis que le pic de chaleur en milieu de journée a diminué à cause d'une augmentation de la nébulosité (l'augmentation des températures provoque localement une évaporation plus importante, donc la formation de nuages qui à leur tour font obstacle aux rayons du soleil et diminuent localement la température en journée). Le champignon a donc pu coloniser de nouvelles zones en altitude, jusqu'à recouvrir l'aire de répartition des grenouilles arlequins, provoquant une épidémie mortelle chez ces dernières au point que certaines espèces sont considérées aujourd'hui comme éteintes. La cause directe de la disparition des grenouilles est le champignon pathogène, mais le développement récent de ce dernier est lié à des modifications climatiques locales.



Déplacement en altitude des étages de végétation. Source : CREA. Adapté de Theurillat et Guisan, 2001, Climatic change 50 :77-109.

Un risque d'extinction accru à l'avenir

Beaucoup d'espèces en Europe sont localement menacées par le changement climatique, mais les différences régionales peuvent être importantes. De manière générale, les zones de montagne sont considérées comme étant les plus sensibles et les plus exposées au réchauffement climatique, car elles abritent un grand nombre d'espèces très spécialisées et adaptées aux conditions d'altitude. Ces espèces ont une tolérance limitée aux modifications de leur environnement. Bon nombre d'entre elles sont de plus limitées à des habitats très marginaux, ce qui en fait des espèces particulièrement sensibles au risque d'extinction locale.

Les montagnes méditerranéennes pourraient être ainsi parmi les régions les plus touchées. D'ici à 2080, 62 % des espèces végétales de ces régions pourraient disparaître faute de trouver un habitat répondant à leurs exigences climatiques. Les Alpes du Nord seraient moins sensibles avec un risque de perte de 25 % des espèces (dans les zones méditerranéennes, beaucoup d'espèces alpines sont déjà en limite de leur aire de répartition, ce qui explique leur plus grande sensibilité au changement climatique).

Toutes les espèces n'ont pas forcément la possibilité de se déplacer ou de modifier leur rythme biologique. Plus les changements climatiques seront importants et surtout rapides, plus il sera difficile pour elles de s'y adapter et plus le nombre d'espèces menacées d'extinction sera élevé.

Si l'on fait le bilan des études menées sur les écosystèmes terrestres ou aquatiques, la grande majorité révèle des impacts notables du changement climatique sur les trois à

cinq dernières décennies. Que ce soit :

- le décalage des événements phénologiques, l'allongement de la période de végétation, les modifications du fonctionnement des écosystèmes ;
- l'extension des aires de répartition en latitude et en altitude ;
- les signes de déclin des populations aux limites inférieures (altitude ou latitude) des aires de répartition ;
- l'augmentation de la vulnérabilité de certaines espèces dont l'aire de répartition est réduite, qui conduit à des extinctions locales.

Les tendances observées sont cohérentes et vont bien dans le sens attendu en réponse au réchauffement climatique. Le changement climatique n'est actuellement qu'un facteur supplémentaire qui vient s'ajouter aux nombreuses pressions que subissent les écosystèmes et les espèces animales et végétales depuis les cinquante dernières années. Les modifications de l'usage des terres, l'intensification agricole, la fragmentation des habitats jouent certainement à l'heure actuelle un rôle encore plus important dans le risque d'extinction des espèces. Mais l'augmentation des températures pourrait rapidement devenir une contrainte majeure pour de nombreuses espèces. Les scientifiques estiment que la plupart des écosystèmes actuels peuvent supporter une augmentation supplémentaire de température de l'ordre de 1 à 2 °C. Au-delà de ce seuil, les conséquences seraient néfastes pour une grande majorité d'espèces, y compris l'espèce humaine. Il nous appartient donc d'adopter les décisions et les comportements nécessaires à la limitation de l'augmentation des températures si nous voulons sauvegarder les espèces actuelles.

Inviter le public à mesurer l'impact du changement climatique sur les êtres vivants

Le changement climatique peut paraître assez abstrait pour bon nombre de personnes, car les phénomènes qu'il met en jeu ne sont pas forcément visibles et les exemples donnés sont souvent lointains, difficiles à se représenter (augmentation du niveau des mers, fonte de la banquise, menace sur les ours polaires...). Il s'agit pourtant d'un phénomène qui touche l'ensemble de la planète, y compris notre environnement quotidien.

Afin de permettre une prise de conscience locale du phénomène, des organismes de recherche se mobilisent pour impliquer le public dans la recherche. Le Centre de recherches sur les écosystèmes d'altitude (Crea) a ainsi lancé depuis l'automne 2004 un programme de science participative, le programme Phénoclim (déjà évoqué dans ce chapitre), qui invite les habitants des Alpes à mesurer l'impact du changement climatique sur la végétation en montagne. Ce sont des particuliers, des écoles, des associations, des professionnels (plus d'une centaine d'observateurs à travers les Alpes) qui réalisent des

observations simples sur la végétation à proximité de chez eux. La participation se fait *via* Internet. Après s'être inscrit sur le site de Phénoclim, l'observateur choisit des plantes à suivre parmi une liste d'espèces communes et effectue des observations hebdomadaires pour suivre leur évolution au fil des saisons. Il note alors les dates correspondant à des étapes simples de phénologie (changement de couleur et chute des feuilles à l'automne, ouverture des bourgeons, feuillaison et floraison au printemps). Les observations réalisées dans toutes les Alpes sont rassemblées dans une base de données et analysées. D'un point de vue scientifique, il faudra certes attendre quelque temps avant de pouvoir tirer des conclusions quant à l'effet à long terme du changement climatique sur la végétation, mais la participation du public permet déjà une large sensibilisation.

Depuis 2008, Phénoclim concerne l'ensemble des massifs montagneux en France. Un dispositif similaire, l'Observatoire des saisons, lancé en 2007 par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et coordonné par un collectif d'associations, existe hors zones de montagne pour l'ensemble du territoire national. Chacun peut y participer !

Bibliographie

Robert BARBAULT, *Un éléphant dans un jeu de quilles : l'homme dans la biodiversité*, préface de Nicolas Hulot, Le Seuil, coll. « Science ouverte », 2006.

Philippe J. DUBOIS, *Vers l'ultime extinction ? La biodiversité en danger*, préface de Nicolas Hulot, La Martinière, 2004.

Bruno FADY et Frédéric MÉDAIL, *Peut-on préserver la biodiversité ?*, Le Pommier, coll. « Les Petites Pommes du savoir », 2006.

Christian LÉVÊQUE, *Faut-il avoir peur des introductions d'espèces ?*, Le Pommier, coll. « Les Petites Pommes du savoir », 2008.

Michel PASCAL, Olivier LORVELEC et Jean-Denis VIGNE, *Invasions biologiques et extinctions : 11 000 ans d'histoire des vertébrés en France*, préface de Daniel Simberloff, Quae-Belin, 2006.

Martine REBETEZ, *La Suisse se réchauffe : effet de serre et changement climatique*, Presses polytechniques et universitaires romandes, coll. « Le Savoir suisse », 3^e éd. rev. et mise à jour, 2006.

Edward O. WILSON, *Sauvons la biodiversité*, Dunod, 2007.

Sur la Toile

<http://www.crea.hautesavoie.net>, rubrique Phénoclim : le site du programme de science participative Phénoclim.

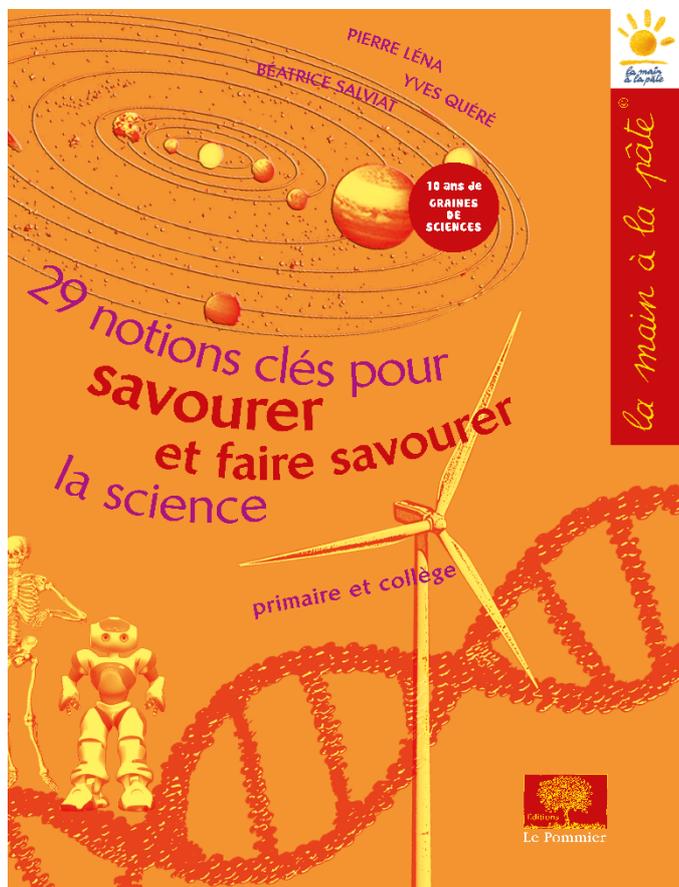
http://junior.obs-saisons.fr/rubrique.php3?id_rubrique=1 et http://www.obs-saisons.fr/rubrique.php3?id_rubrique=3 : les sites de l'Observatoire des saisons, juniors et adultes.

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/index.htm> : le dossier climat Sagascience du CNRS.

<http://climatdemain.ipsl.jussieu.fr/index.html> : le site de l'exposition « Quel climat pour demain ? ».

http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique : le dossier de l'Inra sur le changement climatique et ses impacts sur les écosystèmes.

Cette ressource est issue de l'ouvrage *29 notions clés pour savourer et faire savourer la science*, paru aux Éditions Le Pommier.



Le meilleur des Graines de sciences

Vous êtes enseignant, parent, éducateur... et vous manquez parfois de « munitions » pour répondre aux questions des enfants...

Or, en classe, à la maison, au centre de loisirs, celles-ci fusent : « Le Soleil va-t-il s'éteindre ? » « Est-ce qu'il y a des tremblements de terre sous la mer ? » « Où va l'eau qui tombe du ciel ? » « Pourquoi le ciel est-il bleu le jour ? » « Qu'est-ce que l'effet de serre ? » « Pourquoi les animaux migrent-ils ? » « C'est quoi le clonage ? »

Cet ouvrage de référence va vous aider à répondre à ce bombardement de curiosité... en toute connaissance de cause !

Fruit d'une rencontre entre des scientifiques et des enseignants, désireux de partager savoir et expérience, il est précisément conçu pour vous permettre d'acquiescer ou d'approfondir une culture scientifique, si précieuse pour appréhender le monde qui nous entoure... et pour l'expliquer !

Du Soleil à la cellule, du cycle de l'eau aux énergies renouvelables, de l'origine de l'homme au nanomonde, les 29 notions réunies dans ce volume constituent le bagage indispensable pour pérégriner, avec les enfants, en sciences, et ce, de la maternelle au collège. On les retrouve d'ailleurs dans le Socle commun de connaissances et de compétences, qui définit ce que l'école puis le collège doivent, en France, s'imposer de transmettre à tous les enfants.



Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes
75006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

 FONDATION
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE