



Biodiversité & changements globaux

Ce document est la transcription révisée, chapitrée et illustrée d'une vidéo du MOOC UVED « Biodiversité et changements globaux ». Ce n'est pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots et l'articulation des idées sont propres à l'intervention orale de l'auteur.

Réponses plastiques aux changements globaux : la phénologie foliaire

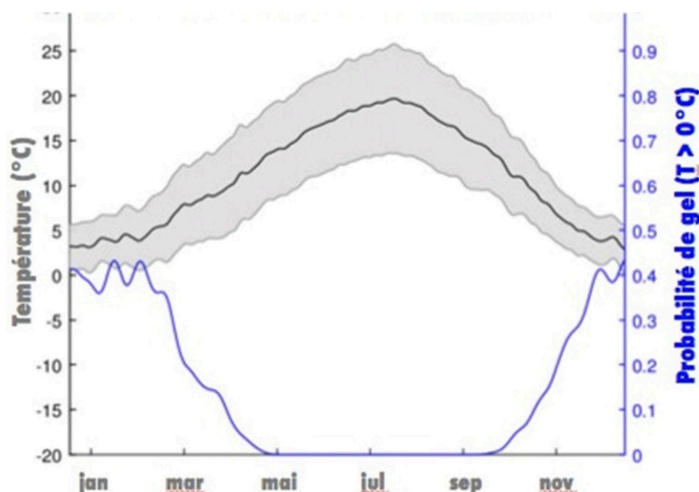
Nicolas DELPIERRE

Maître de conférences, Université Paris Sud

Les arbres sont des organismes immobiles qui vivent plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'années. Tout au long de leur vie, ils sont soumis à des variations environnementales fortes.

1. Arbres et variations de température

Un exemple très clair est celui de l'alternance des saisons. Sur la courbe ci-dessous, on voit bien les variations saisonnières de température que les arbres subissent.



Températures mesurées à Melun
(77), 1960-2015

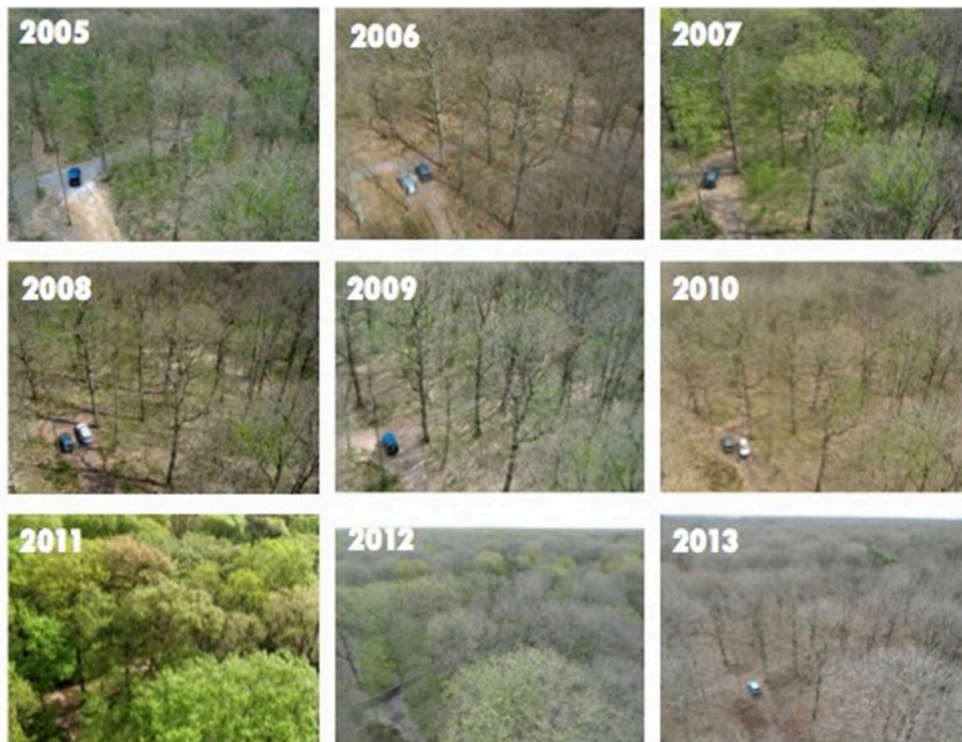
Graphique de Nicolas Delpierre / Laboratoire ESE

En climat tropical, généralement ça ne pose pas de problème parce que les températures sont élevées toute l'année. Par contre, dans les zones climatiques plus froides, ça peut être problématique. Le risque principal est l'exposition des feuilles au gel. En effet, les jeunes feuilles, lorsqu'elles sont exposées à des températures en dessous de 0, même modérément, de l'ordre de -2 à -3 degrés, sont nécrosées et doivent être remplacées par l'arbre. Ça a un coût pour l'arbre en termes de ressources parce qu'il doit créer une nouvelle cohorte de feuilles au printemps afin de pouvoir commencer la photosynthèse. C'est un phénomène un peu symétrique qu'on observe à l'automne : dans ce cas-là le risque pour l'arbre est de perdre des feuilles qui sont encore riches en nutriments. Or, les arbres sont des organismes qui sont économes, et donc chez la plupart des espèces on observe généralement un jaunissement ou un rougissement des feuilles bien avant l'arrivée des premiers gels. La perte de couleur verte illustre la dégradation des chlorophylles. Les chlorophylles, ce sont des pigments qui sont riches en azote, et durant la phase de jaunissement, les chlorophylles se dégradent et l'azote est renvoyé depuis les feuilles vers les branches. Cela permettra à l'arbre de réutiliser cet azote au printemps suivant pour la formation de nouvelles feuilles.

Alors dans ce contexte, on pourrait penser que les arbres ont intérêt à concentrer leur saison feuillée durant l'été, parce que c'est là que la probabilité de gel est la plus faible. Donc c'est très logique, mais dans le même temps il faut se rendre compte que la durée de la phase feuillée détermine la capacité de l'arbre à acquérir des ressources via la photosynthèse. Et donc là on doit trouver un compromis : d'une part sa phase feuillée doit commencer assez tôt et finir assez tard pour lui permettre d'acquérir des ressources et se développer, et d'autre part la durée de sa phase feuillée doit lui permettre d'échapper au gel au printemps et à l'automne. Et par le jeu de la sélection naturelle, les arbres sont adaptés à la saisonnalité des températures.

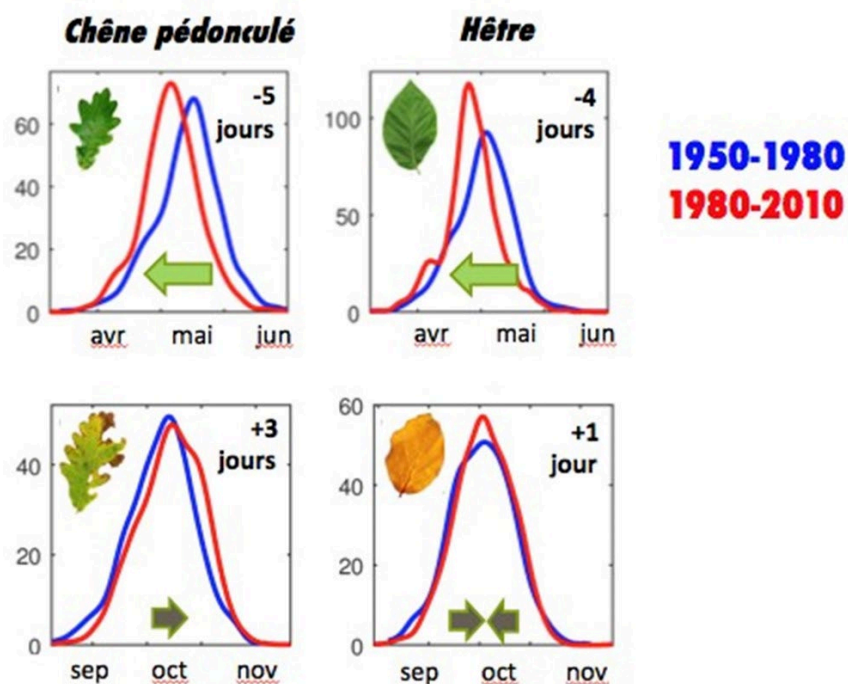
2. Plasticité phénotypique

Les arbres sont capables de suivre d'une année à l'autre les variations de température. C'est un exemple très concret de ce qu'on appelle la plasticité phénotypique, qui est le fait qu'un individu, qui a par définition un génotype donné et fixe toute sa vie, présente des phénotypes différents selon les conditions environnementales. Ici, les variations de phénotypes sont des variations de date d'apparition et de chute des feuilles, et les variations de conditions environnementales sont les conditions de température.



Photos de Nicolas Delpierre/ station expérimentale de Melun

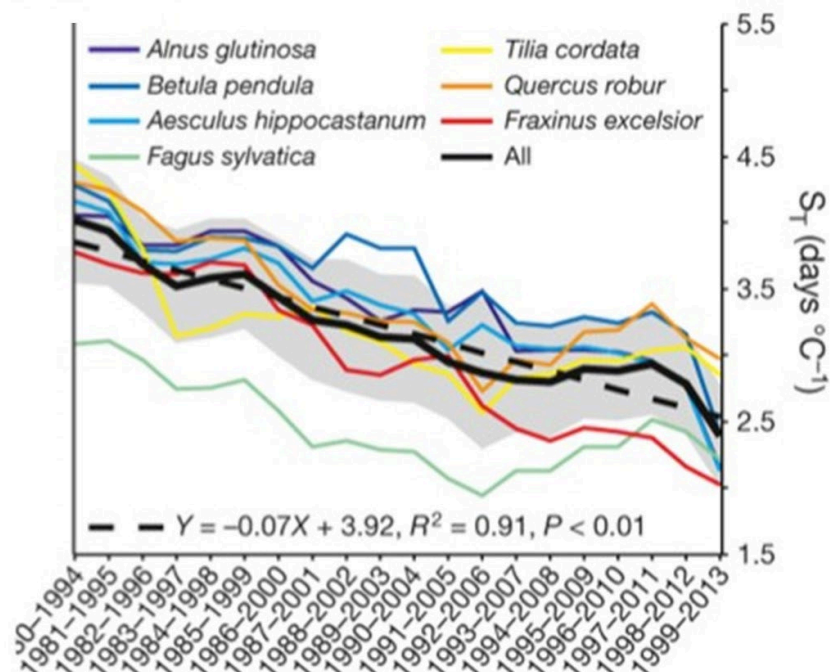
On voit très bien cela sur les photos ci-dessus qui ont toutes été prises à la même date, le 12 avril, pendant des années différentes. Les printemps les plus chauds, par exemple 2007 et 2011, sont aussi ceux qui présentent les dates d'apparition des feuilles les plus précoces. Et de la même manière, les automnes chauds sont associés à des chutes de feuilles plus tardives. Or, cette capacité que les arbres ont de suivre les variations de température se retrouve également lorsqu'on regarde des séries de données plus longues.



Source : Nicolas Delpierre / Laboratoire ESE

Ce qu'on voit ci-dessus, avec l'exemple du chêne et du hêtre, ce sont des apparitions de feuilles plus précoces au printemps sur la période récente, 1980-2010, par comparaison à la période précédente, 1950-1980. C'est un impact direct du réchauffement climatique. On voit la même chose à l'automne : les feuilles en condition de réchauffement climatique chutent de plus en plus tardivement, même si le signal est un peu moins clair qu'au printemps.

Il y a une observation très intéressante qui a été faite récemment à ce sujet. Au printemps, les arbres répondent de moins en moins fortement à l'augmentation des températures. Cette figure montre le nombre de jours d'avancement de la date d'apparition des feuilles pour 1 degré de réchauffement atmosphérique.



Source: Yongshuo et al., Nature, 2015

Ce que l'on voit, c'est que dans les années 80, c'est-à-dire à gauche du graphique, un réchauffement de 1 degré entraînait une avancée de la date d'apparition des feuilles de 4 jours. Au milieu des années 2000, ça, c'est à droite du graphique, la sensibilité des arbres n'était plus que de 2 jours et demi par degré de réchauffement. C'est un résultat qui est marquant, parce que comme vous le voyez il est observé sur de nombreuses espèces d'arbres. Alors, la raison de ce phénomène n'est pas encore absolument claire, mais il est très probable que cette perte progressive de sensibilité des arbres aux températures élevées soit liée à un défaut d'exposition au froid. En effet, ça peut paraître paradoxal, mais les bourgeons dont vont émerger les nouvelles feuilles au printemps suivant sont dans un état qu'on appelle l'état de dormance durant l'hiver. Cette dormance les empêche de se développer au moindre épisode plus chaud durant l'hiver.

La dormance est un mécanisme qui est subtil, parce qu'elle est elle-même progressivement réduite par l'exposition des bourgeons au froid. Ce que l'on sait, c'est que des bourgeons

dont la dormance n'a pas été réduite par l'exposition au froid vont être moins sensibles à l'influence des températures printanières élevées. Ces bourgeons vont donc se développer plus lentement et cela conduira à une date d'apparition des feuilles qui sera plus tardive.

3. Avantages et inconvénients de cette plasticité

Pour un arbre, mettre en place ces feuilles tôt n'est pas forcément un avantage. On va voir cet exemple, en contrastant deux années : une année fraîche et une année chaude. On voit ici la photosynthèse d'un arbre durant l'année 2013, qui était une année avec un printemps plutôt frais et donc une date d'apparition des feuilles qui est tardive, et un début de photosynthèse qui est donc tardif également. Et en contraste, cette année 2013 avec l'année 2011 qui, elle, avait un printemps beaucoup plus chaud, et ce printemps chaud s'est traduit par une date d'apparition des feuilles avancée par rapport à 2013. La photosynthèse commence plus tôt, donc au printemps, l'arbre est gagnant du point de vue l'acquisition des ressources. Mais la situation change lorsqu'on étend l'analyse durant la période d'été, parce que la photosynthèse, qui est un gain de carbone par l'arbre, donc un gain de ressources, se traduit aussi par une perte d'eau. C'est le processus qu'on appelle de transpiration chez les plantes. En mettant en place ses feuilles plus tôt, l'arbre assèche donc le sol et cela lui cause un stress durant l'été qui décroît la photosynthèse. Ce comportement d'apparition des feuilles plus tôt, impliquant un risque de stress hydrique durant l'été, est loin d'être systématique, mais il survient certaines années et il montre en tout cas que l'avancée de la date de feuillaison n'est pas forcément bénéfique pour l'arbre.

4. Variabilité de la phénologie entre les individus

J'ai principalement parlé de la variabilité de la phénologie dans le temps : qu'est-ce qui fait qu'on a une variabilité d'une année à l'autre de la date d'apparition, de la date de chute de feuilles ? Qu'est-ce qui se passe en conditions de réchauffement climatique ? Mais un point qui est également très intéressant, c'est la variabilité de la phénologie entre les individus. Au mois d'avril, on peut généralement voir des arbres en pleine feuillaison tandis que d'autres sont encore en dormance. Cette variabilité entre les individus est très forte. Elle atteint fréquemment 3 semaines entre les individus d'une même population. Elle illustre à nouveau le fait que mettre en place ses feuilles tardivement, ce n'est pas systématiquement un désavantage pour les arbres. Parce que sinon, les arbres qui mettent en place leurs feuilles tardivement auraient été éliminés par la sélection naturelle. Ce qui se passe c'est que mettre en place ses feuilles tardivement est un avantage dans certains cas, en cas de gel printanier par exemple, mais aussi en cas de prédation par certaines espèces de chenilles ou à certains phytopathogènes qui ciblent les arbres précoces.

5. Conclusion

Si vous êtes intéressé par faire vous-même des observations de dates d'apparition, de dates de chute des feuilles, de dates de floraison, et si vous êtes intéressé par étudier la phénologie des animaux, il existe un programme de sciences participatives qui s'appelle l'Observatoire des Saisons. Ce programme est coordonné par des scientifiques et s'appuie sur des observations qui sont faites par les citoyens. Je vous encourage donc à aller voir le site internet qui est mentionné ici et à participer.

