

ProClim– Flash

No 62, March 2015



Klimagrenzen von Pflanzen

Editorial



**Prof. em. Christian Körner, Botanisches Institut,
Universität Basel**

Alle Organismen haben klimatische Existenzgrenzen, also Linien in der Landschaft, die sie langfristig nicht überschreiten können, auch wenn sonst alles passen würde. Bekannt sind die alpine und arktische Baumgrenze oder die Verbreitungsgrenze von Palmen. Weniger ablesbar sind die Verbreitungsgrenzen unserer Laubbäume und von Wiesenpflanzen, aber es gibt diese Klimagrenzen für alle Arten. Wenn sich das Klima ändert, ändern sich auch diese Grenzen. Aber welcher Klimafaktor ist entscheidend? Für die wenigsten Arten ist das bekannt, und blosse Korrelationen kann der Zufall liefern, ohne ein Verständnis der wirksamen Mechanismen. Es gilt graduelle Klimawirkungen (zu kühl, zu trocken) von Extremen (Frost, Dürre) zu unterscheiden. Graduelle Wirkungen betreffen

Wachstum und Entwicklung, Klimaextreme entscheiden über Sein oder Nicht-Sein. Heute wissen wir, dass das Klima in seiner graduellen Wirkung zumeist direkt die pflanzliche Gewebebildung steuert (die Kohlenstoffsenken) und die pflanzliche Photosynthese (die C-Quelle der Pflanze) nach Bedarf produziert, selbst aber nicht der limitierende Faktor ist. Früher betrachtete man die Gewebebildung (das eigentliche Wachsen) als unausweichliche Folge der Photosynthese. Inzwischen ist klar, dass Wachstumsprozesse viel empfindlicher auf das Klima reagieren als die Photosynthese. In Analogie zu unserer Wirtschaft könnte man sagen: Der Markt bestimmt die Absetzbarkeit von Produkten, nicht die Produktionsrate in der Fabrik. Dieser Paradigmenwechsel hat fun-

Contents

- 1 Editorial
- 4 News
- 7 Publications
- 13 Future Earth
- 14 Energy News
- 15 Pilot program Adaptation to climate change
- 16 C2SM News
- 17 OCCR Flash
- 18 Conferences and Events



Science and Policy
Platform of the Swiss Academy of Sciences
ProClim–
Forum for Climate and Global Change

Editor:

Gabriele Müller-Ferch | gabriele.mueller@scnat.ch
ProClim-, Forum for Climate and Global Change
Schwarztorstr. 9 | 3007 Bern | Switzerland
Tel. +41 (0) 31 328 23 23
www.proclim.ch



Der Beginn des Austriebs folgt einer evolutionären Optimierungsstrategie: Vermeidung von Spätfrostschäden und maximale Saisonlänge. Pflanzen verrechnen dabei ihren eigenen Sonnenkalender mit Klimasignalen. Photo: C. Körner

damentale Auswirkungen auf die Modellierung des Kohlenstoffkreislaufs, da Pflanzen nur in dem Masse C einbauen können, in dem ihnen Temperatur, Wasserangebot und die Verfügbarkeit von Mineralstoffen das erlauben. Diese Zusammenhänge sind zur Zeit kaum mathematisierbar. Man muss also den Mineralstoffhaushalt verstehen um den Kohlenstoffhaushalt zu modellieren und nicht umgekehrt. Eine typische, von der Temperatur geprägte Wachstumsgrenze, ist die alpine Baumgrenze. Sie wird steigen, wenn es wärmer wird.

Die Wirkung von Klimaextremen hängt ganz davon ab, wann sie eintreffen und in welchem Zustand die Pflanzen sind. Im Winter gibt es keine hier je gemessene Temperatur die heimische Arten töten könnte. In der Phase des Austriebs sind jedoch selbst schwache Fröste hochgefährlich. Pflanzen müssen also «wissen» wann sie austreiben «dürfen», also wann nach statistischer Wahrscheinlichkeit kein Risiko mehr herrscht. Pflanzen, die sich nur nach der Temperatur richten und damit den Launen des Wetters folgen, eliminiert die Klimarealität rasch. Ein warmer Februar schliesst scharfe Fröste Anfang April keineswegs aus. Auch eine Klimaerwärmung schliesst Spätfröste nicht aus. Die Wissenschaft des sichtbaren Wandels im Erscheinungsbild der Pflanzen, also ihrer Phänologie, nennt sich auch «Phänologie». Sie tappt heute vielfach

im Dunkeln, was das evolutive Gedächtnis der Pflanzen betrifft, das ihren Austrieb in sichere Zeitfenster steuert. Erlebte Winterkälte und aktuelle Tageslänge sind verlässlichere Signalgeber als die eher zufälligen Temperaturen. Je grösser die Lebenserwartung einer Art ist, je länger es dauert bis sie erstmals reproduziert, umso weniger darf sie in ihrer Phänologie Wetterkapriolen folgen, umso gewichtiger werden andere (z.B. astronomische) Signale. Exotischen Arten fehlt diese regionale, evolutive Selektion.

Sein oder Nicht-Sein wird im Fall von Frostwirkungen von der Frühjahrs-Phänologie bestimmt. Im Gegensatz zum Frühjahrsaustritt liefert die herbstliche Umstellung auf die Ruhephase keine zuverlässigen phänologischen Signale, da die Laubverfärbung nur eine Begleiterscheinung, aber nicht der «Kern des Geschäftes» ist. Sie hängt von der Zufälligkeit erster kalter Nächte ab. Die innere Umstellung der Pflanzen ist in der Regel photoperiodisch (also von der Tageslänge) gesteuert. Die Pflanze muss ja parat sein, bevor es Frost gibt. Das Ertragen sommerlicher Dürre wird stark von der Wurzel Tiefe und der Fähigkeit zum Lababwurf bestimmt. Von der Versorgung mit Photosyntheseprodukten hängt keiner dieser Vorgänge ab. Wir müssen uns davon lösen, dass die zufällig gut messbare CO₂-Aufnahme der Blätter ursächlich mit der Wirkung des Klimas auf Pflanzen und die Biosphäre zu tun hat.

Limites climatiques des plantes

Christian Körner, professeur émérite, Institut de botanique de l'Université de Bâle

Tous les organismes vivants ont des limites d'existence climatiques : des frontières dans le paysage qu'ils ne peuvent pas dépasser pour longtemps, même si tout le reste convient. Des exemples bien connus sont la limite des arbres dans les Alpes et dans l'Arctique ou celle de la répartition des palmiers. Les limites de l'aire de distribution de nos feuillus et des plantes des prairies sont moins lisibles, mais des frontières climatiques existent pour toutes les espèces. Si le climat change, ces frontières se déplacent. Mais quel est le facteur climatique déterminant ? Il n'est connu que pour très peu d'espèces, et le hasard peut révéler des corrélations sans permettre de comprendre les mécanismes agissants.

Il convient de faire la différence entre effets climatiques graduels (trop frais, trop sec) et extrêmes (gel, sécheresse). Les effets graduels touchent à la croissance et au développement, les extrêmes climatiques décident de l'être ou du non-être. Nous savons aujourd'hui que dans son action graduelle, le climat exerce le plus souvent un contrôle direct sur la formation des tissus végétaux (les puits de carbone) et induit la photosynthèse (la source de carbone des plantes) selon les besoins, mais qu'il n'est pas lui-même le facteur limitatif. Autrefois, on considérait la formation des tissus végétaux (la croissance proprement dite) comme une conséquence inéluctable de la photosynthèse. Par la suite, il s'est révélé que les processus de croissance réagissent beaucoup plus sensiblement au climat que la photosynthèse. Par analogie avec notre économie, on pourrait dire : le marché détermine la capacité d'écoulement des produits, mais pas leur taux de production à la fabrique. Ce changement de paradigme a des effets fondamentaux sur la modélisation du cycle du carbone, vu que les plantes incorporent cet élément seulement en proportion de ce que leur permettent la température, l'offre en eau et la disponibilité en substances minérales. Pour l'heure, ces relations ne sont guère mathématisables. Avant de modéliser le bilan du carbone, il faut d'abord comprendre celui des substances minérales, et pas le contraire. Une ligne d'arrêt typique de la croissance, qui dépend de la température, est la limite alpine des arbres. Elle montera si le climat devient plus chaud.

L'impact des extrêmes climatiques dépend entièrement du moment où ils arrivent et de l'état des

plantes. Aucune température jamais mesurée ici en hiver ne pourrait faire périr les espèces indigènes. Mais pendant la phase du débourrement, même de faibles gelées sont très dangereuses. Les plantes doivent donc «savoir» quand il leur est «permis» de débourrer, c'est-à-dire quand il n'y a plus de risque en termes de probabilité statistique. La réalité climatique a vite fait d'éliminer les plantes qui ne se basent que sur la température et qui sont ainsi tributaires des caprices de la météo. Un mois de février chaud n'exclut nullement de fortes gelées en avril. Un réchauffement climatique n'est pas non plus incompatible avec des gelées tardives. La science de la phénologie, c'est-à-dire de la transformation visible de l'aspect extérieur des plantes, s'appelle aussi «phénologie». Elle tâtonne encore à plus d'un égard pour ce qui touche à la mémoire évolutive des végétaux, qui contrôle leur débourrement dans des fenêtres temporelles sûres. Le froid de l'hiver vécu dans le passé et la longueur actuelle des journées sont des signaux plus fiables que les températures, qui sont plutôt aléatoires. Au niveau phénologique, une espèce doit suivre d'autant moins les caprices de la météo et répondre d'autant plus à d'autres signaux (par exemple astronomiques) que son espérance de vie est plus grande et qu'il lui faut davantage de temps jusqu'à sa première reproduction. Les espèces exotiques n'ont pas cette capacité évolutive régionale de sélection.

Dans le cas des effets du gel, la phénologie du printemps est déterminante pour l'être ou le non-être. A l'opposé du débourrement printanier, le passage automnal à la phase de repos n'est pas accompagné de signaux phénologiques fiables. La coloration des feuilles n'est qu'un effet secondaire, mais pas le cœur du phénomène. Elle tient à l'arrivée aléatoire des premières nuits froides. Le contrôle de la transformation interne des plantes est généralement photopériodique (donc dépendant de la longueur des journées). Car la plante doit être prête avant qu'il y ait du gel. La résistance à la sécheresse en été est déterminée dans une large mesure par la profondeur des racines et par la capacité de la plante à perdre ses feuilles. Aucun de ces processus ne dépend de l'approvisionnement en produits de photosynthèse. Nous devons nous défaire de l'idée que l'absorption de CO₂ par les feuilles, une grandeur que l'on peut par hasard bien mesurer, a une relation de cause à effet avec l'action du climat sur les plantes et sur la biosphère.

Légende page 2: Le début du débourrement suit une stratégie évolutive d'optimisation visant à éviter des dommages dus aux gelées tardives et à maximiser la longueur de la saison. A cette fin, les plantes combinent leur propre calendrier solaire avec des signaux climatiques. Photo: C. Körner