

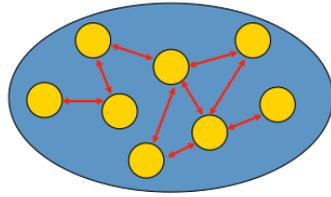


Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Ingénierie écologique ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

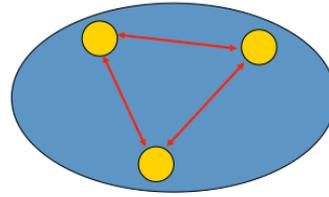
Qu'est-ce qu'un système en écologie ?

Luc Abbadie
Professeur, UPMC

En ingénierie écologique, on agit sur des systèmes écologiques, sur des écosystèmes. Un système, c'est un ensemble de composantes de natures variées : physiques, chimiques, biologiques et qui sont toutes en interaction. Le mot interaction est un mot clé en écologie. Une interaction, ça veut dire que A agit sur B, mais que B agit sur A. Ce qui veut dire que lorsque l'on modifie A, on va modifier B. Mais puisque B est modifié, il va également à son tour modifier A. Donc on voit la grande difficulté de l'ingénierie écologique. C'est que lorsqu'on va intervenir sur un élément du système, celui que l'on vise, et bien en fait on va changer la totalité du système. Et c'est pour ça qu'on peut avoir des effets collatéraux positifs ou négatifs. Cette notion d'interaction, elle dit que A agit sur B et que B agit sur A. Autrement dit, on a des actions et on a des rétroactions. Et il est extrêmement important de prendre les deux en compte quand on veut prévoir la dynamique d'un système.

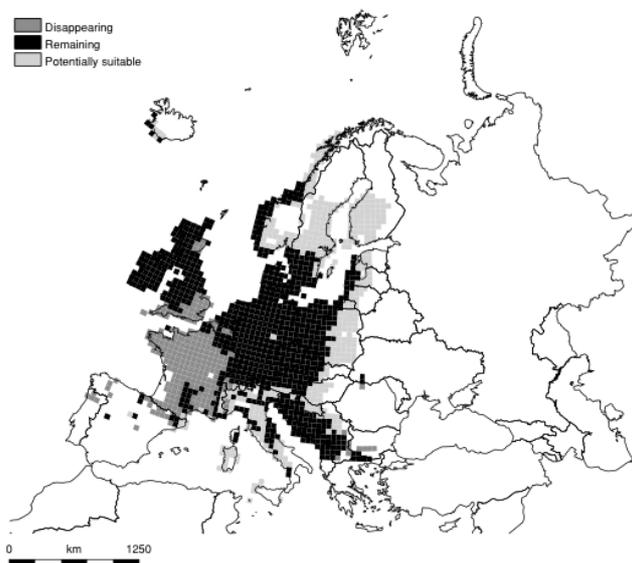


**Système
(complexe)**



**Système
(simple)**

Alors on va prendre l'exemple de l'action du climat sur l'écosystème. Action qui peut être positive ou négative. On sait que le changement climatique, c'est aussi une variation géographique des zones climatiques. Dans l'hémisphère nord, pour 1 degré supplémentaire de température moyenne, on a un déplacement vers le nord des organismes de l'ordre de 160 kilomètres. Alors un forestier, la foresterie c'est une forme d'ingénierie écologique, évidemment il se pose la question de : que vais-je planter maintenant pour récolter dans 50 ans, sachant que je n'aurai pas le même climat? Pour répondre à cette question, on fait des études de répartition future des différentes espèces. Ici on a un exemple d'une fougère.

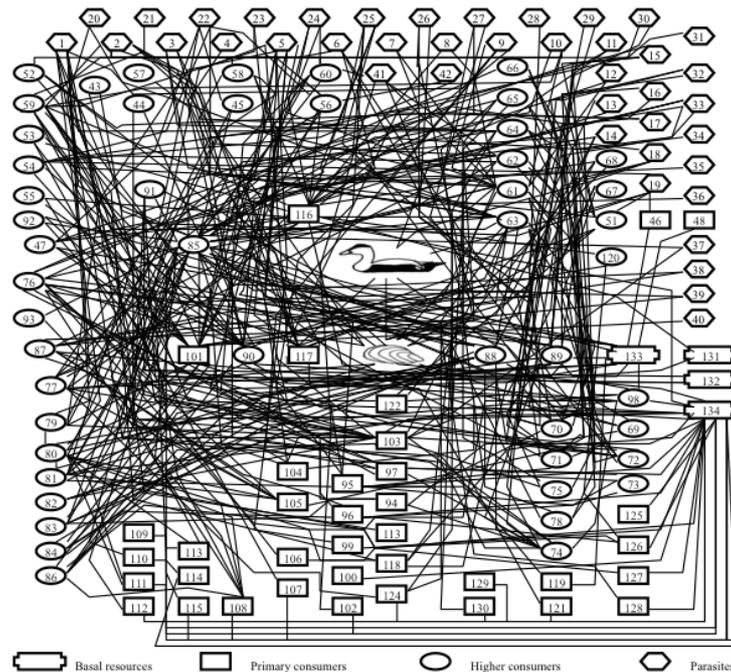


**Predicted occurrence shifts
of *Dryopteris dilatata*
between 1990 and 2050**

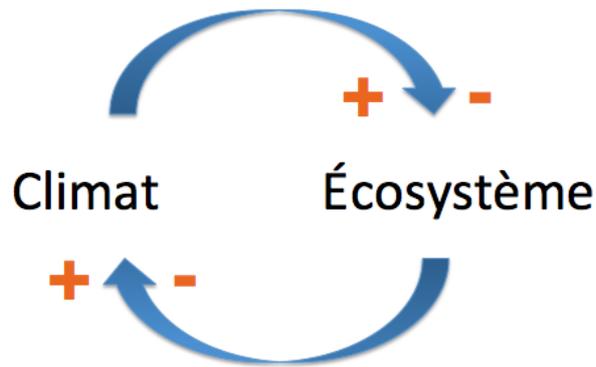
Bakkenes et al, *Global Change Biology*, 2002

Cette fougère, elle vit dans des conditions de pluies et de températures données. Ces conditions vont changer. Sa zone de compatibilité climatique en quelque sorte, ce qu'on appelle l'enveloppe climatique de l'espèce, va migrer vers le nord. Et donc sur la carte, on voit apparaître en sombre des zones futures d'implantation de la fougère et en plus clair, les zones que la fougère va abandonner. Donc si on résonne pour un arbre, on a le même genre de résultats, et on dit : "OK, je vais pouvoir planter cet arbre dans telle contrée. "

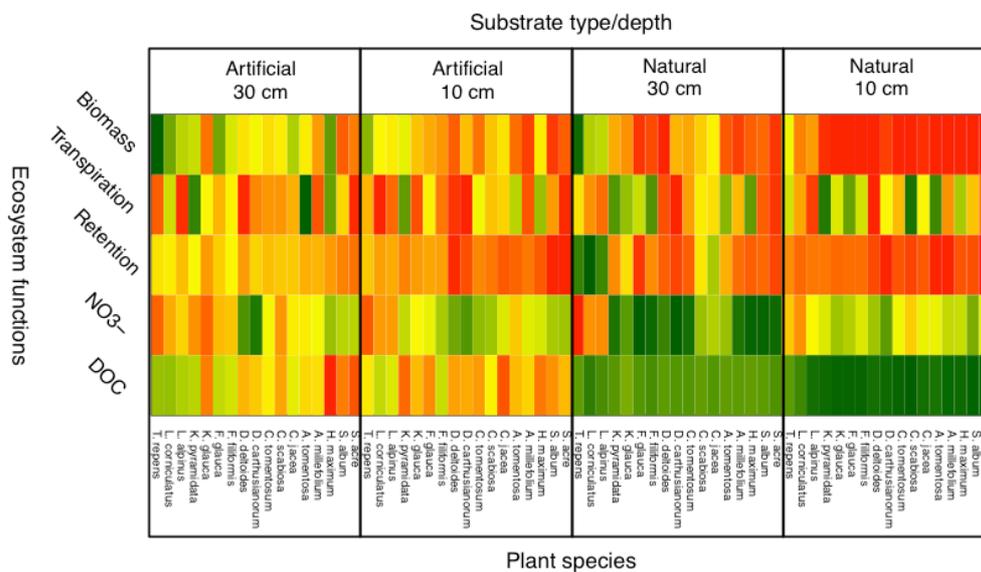
Oui, mais en fait, cette carte n'est qu'une carte de distribution possible. La réalité est beaucoup plus difficile à prendre en compte, parce que la réalité c'est que cet arbre, il est pris précisément dans un réseau d'interactions. Il influence d'autres organismes, mais il était influencé par d'autres organismes encore. Donc c'est ce qu'on appelle un système écologique complexe. On en a une image ici, sur un écosystème aquatique. Donc ça ressemble à ça un système. Un ensemble de nombreuses composantes qui sont toutes en influence réciproque. Et en réalité c'est plutôt ça. Donc très vite, évidemment on est perdu.



Mais pourtant le vrai défi aujourd'hui de l'ingénierie écologique, c'est prendre cette complexité en considération pour améliorer la prédiction de la distribution future, par exemple des arbres ou de n'importe quel autre organisme. Alors il y a donc ce climat qui a une action sur la biodiversité, sur l'écosystème, qui va le changer. Mais évidemment l'écosystème, le vivant, la biodiversité, également joue sur le climat. Alors on pourrait reprendre un exemple à partir d'un phénomène qui est en cours actuellement dans les régions froides, qui est l'avancée de la taïga, c'est-à-dire une forêt de conifères sur la toundra, qui est un couvert bas d'herbes et de lichens. Aujourd'hui avec le réchauffement, la taïga, la forêt gagne sur la toundra. Alors on pourrait se dire que c'est intéressant pour le changement climatique puisque la forêt stocke du CO2. Sauf que la forêt, elle a une couleur sombre par rapport à la couleur de la toundra et du coup la forêt absorbe l'énergie lumineuse et la réémet sous forme d'infrarouge thermique. Et donc elle contribue au réchauffement climatique. Et donc là, on voit bien que le changement de végétation, qui est une réponse naturelle au changement climatique, à son tour change le climat. Et donc vous voyez bien que si on veut faire des prédictions correctes sur le climat du futur, et bien il va falloir prendre en compte la dynamique du vivant qui joue un rôle actif dans le climat futur.



Alors si on passe à une échelle plus petite, on peut aussi raisonner de la même façon. Et c'est pour ça que, par exemple, dans le cadre de tous ces projets de renaturation en ville, on essaie d'utiliser le vivant comme un outil pour contrer un certain nombre d'effets du changement climatique. Par exemple, créer sur les toits des végétations, des écosystèmes, qui vont avoir un effet bénéfique sur la température parce qu'on a des plantes qui vont évaporer de l'eau et que l'évaporation, ça contribue à baisser la température de l'air. Mais évidemment une espèce n'est jamais toute seule. Et donc en combinaison et selon la nature de l'environnement qui a été testé dans l'image précédente, testée comment : avec deux types de sols et avec deux épaisseurs de sols. Et bien évidemment chaque espèce, il y en a 20 qui ont été testées ici, n'aura pas les mêmes performances par rapport à ce que vous souhaitez comme effet.



Dusza et al., *Ecology and Evolution*, 2017

Par exemple sur la transpiration, qui refroidit la température de l'air ou sur la rétention de l'eau par le sol, qui va permettre de diminuer le ruissellement. Et sur ce schéma, cette combinaison de couleurs vous montre que lorsqu'une espèce est très performante sur une dimension, en général elle l'est moins ailleurs, mais que cette réponse change en fonction de l'association dans laquelle elle se trouve, l'association végétale, ou change en fonction de cet

environnement. Donc le vivant, c'est un outil, mais qui a une certaine variabilité et qui peut avoir des effets négatifs, par exemple ici la production de nitrate. Donc une biodiversité, elle a aussi des effets qui ne nous arrangent pas. Par exemple la pollution de l'eau qui va ruisseler des toits par du nitrate. Donc on voit là encore que si on n'a pas une approche système qui prend en compte les différents effets liés à la nature des combinaisons végétales et éventuellement les effets négatifs, finalement on ne règle pas réellement les problèmes qu'on veut solutionner.

Donc l'approche système et ce concept d'interaction, c'est vraiment un point clé si on veut assurer une ingénierie écologique efficace.