



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.

Les transitions catastrophiques dans les écosystèmes

Sonia KEFI

Chargée de recherche au CNRS

Nous vivons une période de changements multiples : le climat change, la population humaine augmente et cette augmentation de population s'accompagne de l'accroissement de l'effet de nos activités sur l'environnement. De nombreuses espèces se sont éteintes, de nombreuses autres sont menacées d'extinction.

Dans ce contexte de changements globaux, une des questions qui se pose est d'essayer de comprendre comment est-ce que les écosystèmes répondent, et comment est-ce qu'ils vont continuer à être capables de répondre aux changements en cours et à venir.

1. Exemple d'évolution d'un écosystème

Un écosystème est un ensemble d'organismes vivants, d'espèces animales, d'espèces végétales, de micro-organismes qui coexistent dans un milieu naturel caractérisé par des conditions physicochimiques relativement homogènes. Au sein de ces écosystèmes, les organismes vivants interagissent les uns avec les autres de multiples manières : par les interactions de consommation, de compétition, de facilitation, par exemple, et tous ces liens d'interdépendance font que les écosystèmes sont des systèmes complexes pour lesquels il est difficile de prédire comment ils vont répondre à des perturbations.

Vous voyez ci-dessous une photo d'un écosystème semi-aride prise dans la réserve ornithologique de Planerone en Espagne. Ce sont des systèmes qui sont pâturés depuis des siècles et dont certaines zones sont encore pâturées actuellement.



Si on s'éloigne de quelques centaines de mètres, voici à quoi ce même écosystème ressemble. Vous voyez que le couvert végétal, c'est-à-dire la proportion de végétation qui couvre le sol, est beaucoup plus faible. La composition en espèces, en particulier en espèces de plantes, est très différente et le nombre d'espèces dans cet écosystème est beaucoup plus faible que dans l'écosystème de la photo précédente.



Que s'est-il passé ? La seule différence est que cet écosystème a été surpâturé au début du XX^e siècle, et ce jusque dans les années 50. Cet écosystème a été surpâturé et il a basculé. Cela fait maintenant près de 65 ans qu'il n'y a plus de pâturages sur ce site, et pourtant on n'a pas observé de régénération spontanée de cet écosystème vers son état considéré comme naturel.

2. Le cadre théorique

Imaginons que l'on suit une pression qui augmente au cours du temps. Par exemple, ça peut être la pression de pâturage, comme dans l'exemple précédent, mais ça peut aussi être la température annuelle moyenne, ou la pluviométrie annuelle moyenne. On va s'intéresser à la réponse de l'écosystème à cette augmentation de pression. Pour cela, on va suivre l'état de l'écosystème le long d'un gradient de pression. Cet état peut être, par exemple, le couvert végétal, le nombre d'espèces ou l'abondance relative d'une espèce d'intérêt. Intuitivement, on s'attend à ce que lorsque la pression augmente de façon graduelle, la réponse de l'écosystème soit elle aussi graduelle. En d'autres termes, on s'attend à ce qu'une faible perturbation conduise à une réponse modérée de l'écosystème, et qu'une forte perturbation conduise à une réponse plus importante de l'écosystème (figure ci-dessous).

Intuition : la réponse est proportionnelle à la perturbation

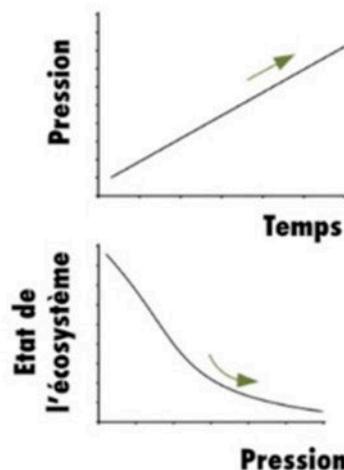


Schéma de Sonia Kéfi, 2019

Dans certains cas, ce n'est pas ce qui se produit. Certains écosystèmes restent relativement inertes à une augmentation de pression, jusqu'à ce qu'une valeur seuil de la pression soit atteinte, au niveau de laquelle l'écosystème bascule soudainement vers un autre état. On parle de transition catastrophique (figure ci-dessous). Dans l'exemple que j'ai cité précédemment, si l'état de l'écosystème considéré est le couvert végétal, l'écosystème a basculé d'un état où le couvert végétal est relativement important vers un état où le couvert végétal est plus faible.

Observation : les transitions catastrophiques

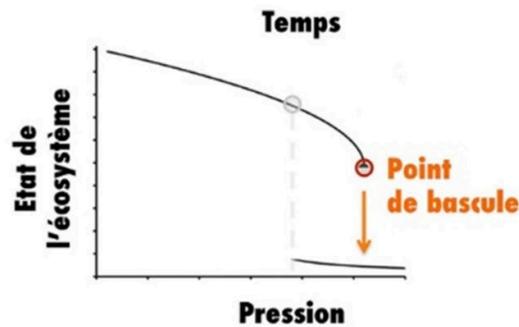


Schéma de Sonia Kéfi, 2019

Dans ce cas, lorsque la pression environnementale diminue, il faut en général atteindre un autre point de bascule pour que l'écosystème revienne à son état d'origine. On parle d'hystérèse pour ces situations dans lesquelles le chemin que suit l'écosystème lorsque la pression augmente est différent du chemin que suit l'écosystème lorsque la pression diminue. En d'autres termes, le point de dégradation de l'écosystème ne se produit pas au même niveau de pression que le point de régénération de l'écosystème (figure ci-dessous).

Observation : Hystérèse et bi-stabilité

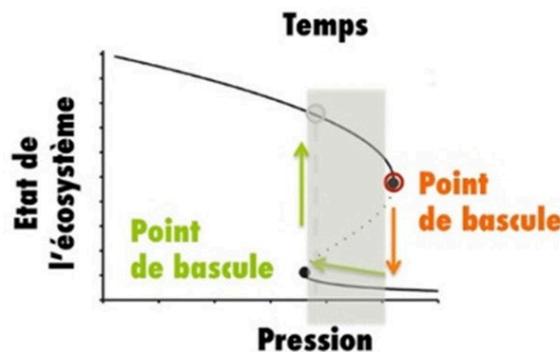


Schéma de Sonia Kéfi, 2019

Ces phénomènes d'hystérèse se produisent parce qu'il y a toute une gamme de pressions environnementales pour lesquelles l'écosystème peut être dans deux états différents. À nouveau dans notre exemple, c'est un état où le couvert végétal est relativement élevé, et un état où le couvert végétal est relativement faible. On parle de bistabilité.

Ce qui est intéressant, c'est que lorsqu'un écosystème est dans cette gamme de conditions, où il est bistable, il peut alors basculer vers l'autre état possible de deux façons différentes : soit en changeant la pression, soit en changeant l'état même de l'écosystème et en le faisant passer sous une valeur seuil, en imaginant par exemple un feu qui viendrait considérablement diminuer le couvert végétal de l'écosystème.

Pour ces écosystèmes qui présentent des états alternatifs, on utilise le concept de résilience pour désigner la perturbation maximale que peut subir l'écosystème avant de changer d'état. Ce concept peut être mesuré de multiples manières dans la littérature.

3. Mise en évidence de ces transitions

Toutes ces transitions catastrophiques ont été très bien mises en évidence dans des systèmes expérimentaux en laboratoire, avec des micro-organismes, et dans certains écosystèmes qui se prêtent bien aux expériences. Le cas le plus connu et le plus étudié est celui de l'eutrophisation des lacs peu profonds, qui peuvent basculer d'un état où l'eau du lac est claire et le lac est riche en espèces, vers un état où l'eau du lac est turbide et le lac est plus pauvre en espèces, souvent suite à une augmentation d'apports externes en nutriments, par exemple en phosphore ou en azote. Dans d'autres écosystèmes naturels, c'est souvent difficile de démontrer de façon rigoureuse la présence de transitions catastrophiques et d'états alternatifs, mais le cadre théorique a été très utilisé pour décrire, par exemple, des cas de désertification d'écosystèmes arides, de dégradation de récifs coralliens, ou encore de transition entre savane et forêt tropicale. Et le concept est aussi abondamment utilisé dans d'autres systèmes complexes en dehors de l'écologie, par exemple pour les systèmes climatiques, les sociétés humaines, ou encore les marchés financiers.

4. Questions de recherche

Certains écosystèmes peuvent présenter des transitions catastrophiques qui correspondent à des réponses abruptes de l'écosystème suite à un changement graduel d'une pression. Ces changements abrupts se produisent parce que ces écosystèmes peuvent être présents dans deux états alternatifs possibles, dont souvent l'un correspond à l'état naturel de l'écosystème, et l'autre à un état qui est considéré comme dégradé, qui a une composition en espèces et un fonctionnement différent de l'état naturel.

Par ailleurs, ces réponses sont souvent inattendues, et lorsqu'elles se produisent, il est souvent difficile de revenir à l'état d'origine à cause du phénomène d'hystérèse. Parce que ces transitions catastrophiques peuvent conduire à des conséquences écologiques et économiques très importantes, le concept a attiré l'attention de chercheurs en écologie depuis maintenant plusieurs décennies, et elles conduisent à des questions assez fondamentales, qui sont :

- pourquoi et comment ces réponses se produisent-elles ?
- quels sont les mécanismes sous-jacents ?
- est-ce qu'on est capable de prédire l'approche d'un point de bascule, c'est-à-dire, est-ce qu'on est capable de mettre en lumière des signes avant-coureurs qui indiqueraient qu'un écosystème est sur le point de basculer, et qui permettraient de

mettre en place des stratégies qui permettent de prévenir la dégradation irréversible de certains écosystèmes ?