

# Synthèse

*Failures to disagree are essential for environmental science to effectively influence policy development*

Janvier 2023

## Référence

Norberg J., Blenckner T., Cornell S.E., Petchey O.L. & Hillebrand H. (2022). Failures to disagree are essential for environmental science to effectively influence policy development. *Ecology Letters*. 25(5), 1075-1093

 <https://doi.org/10.1111/ele.13984>

## L'échec du dissensus est essentiel pour que l'écologie scientifique influence les politiques de développement



© Pixabay | Richard Mcal

## Sommaire

La création de débats verrouillés	2
L'écologie scientifique sujette à l'enfermement des débats	4
La dépendance au contexte	4
Les phases de développement d'une théorie	5
L'urgence dans l'élaboration des politiques	6
Les préjugés et biais humains	7
Recommandations pour un échec du désaccord	8
Recommandations aux chercheurs	8
Recommandations pour les organismes de financement et les éditeurs	10
Recommandations pour les décideurs politiques	11
Conclusions	11
Annexe - 4 exemples de débats verrouillés	12
1. Le débat sur le point de bascule ou théorie des transitions critiques	12
2. Le débat sur la relation productivité - diversité	16
3. Le débat sur la richesse en espèces locales	17
4. Le débat sur le contrôle trophique ascendant ou descendant	17

Le doute, le débat et le désaccord sont essentiels à tout développement d'idée et de théorie. La falsification des hypothèses (Popper, 1934/1959) et le changement de paradigmes (Kuhn, 2012) sont deux des nombreux modèles qui expliquent la manière dont les théories, les expériences et les observations façonnent la compréhension. Cependant, l'écologie a également une histoire de débats verrouillés, dans lesquels les positions se figent et la progression vers un consensus consolidé est entravée, voire empêchée, par l'absence de discours efficace et synthétique.

Les conséquences néfastes du verrouillage des débats en écologie et, plus largement, des sciences de l'environnement dépassent le cadre universitaire car les *dissensus* ont un impact sur la prise en compte de la connaissance scientifique dans l'élaboration des politiques environnementales qui font intervenir de multiples disciplines et parties prenantes. Pourtant, l'essor récent des plateformes scientifiques et politiques d'évaluations et de synthèse, telles que le Giec et l'Ipbes, devraient améliorer le transfert des résultats scientifiques vers les décideurs, l'élaboration d'avis et faciliter leur transformation en réglementations, en objectifs et actions de gestion. Lorsque des désaccords scientifiques atteignent l'arène sociétale, ils peuvent nuire à la fois à la crédibilité scientifique et à la diffusion de la connaissance. Lewandowsky *et al.* (2021) ont ainsi démontré que l'acceptation de la science comme moteur de la politique – et l'acceptation des politiques elles-mêmes – augmentent si les déclarations scientifiques sont consensuelles.

**L'objet de cette publication est d'examiner les débats non consensuels en écologie, identifier pourquoi ils se produisent et trouver des mécanismes pour en sortir.**

## LA CRÉATION DES DÉBATS VERROUILLÉS

La perpétuation de désaccords sur les concepts écologiques permet aux décideurs de prioriser d'autres enjeux, comme des enjeux économiques, tout en prétendant à juste titre « suivre la science » (qui met en discussion ses propres résultats en créant du dissensus sur les actions, radicales, qu'il faudrait adopter pour enrayer l'érosion de la biodiversité). Ainsi, la persistance du débat en écologie peut saper le rôle de la science dans l'appui aux politiques publiques.

Dans le présent article, les auteurs se sont inspirés de la philosophie et de la sociologie des sciences (encadrés 1 et 2), en particulier : l'origine des conflits dans la science, la nature de l'incommensurabilité des observations et le rôle des personnalités, des groupes sociaux et de la société civile, et des préjugés humains. L'écologie scientifique a un désavantage par rapport aux sciences physiques : la diversité, l'adaptabilité et la stochasticité (ce qui relève de l'imprévu, du caractère aléatoire) des êtres vivants. D'après Whitley (2000), l'écologie peut donc être considérée comme une discipline à faible *consensus*, conduisant à un front de recherche diffus. Cela signifie que la découverte de contre-exemples à une théorie est fréquente et donc que le modèle dérive souvent vers la crise scientifique (le dissensus) sans pouvoir en sortir, passer en révolution puis en changement de paradigme, lorsque les débats se verrouillent (Graham & Dayton, 2002 ; Naeem, 2002 ; Paine, 2002 ; Tanghe *et al.*, 2021). L'hypothèse est que la résolution de *dissensus* n'est évidemment pas impossible en écologie, certains exemples en attestent (voir encadré 2).

**La philosophie et la sociologie des sciences peuvent guider la réflexion sur les débats verrouillés.**

Premièrement, l'incommensurabilité [introduite à l'origine par Kuhn et Feyerabend de manière indépendante vers 1962 mais publiée plus tard (Oberheim & Hoyningen-Huene, 2012 ; Sankey, 1993)] représente la manière dont différents groupes attachent des significations différentes à une observation, aux données ou aux méthodes à travers une perspective adoptée. Même avant cela, Fleck (2012) affirmait que les différentes perspectives et compréhensions scientifiques provenaient de différences dans la socialisation des individus et du type de connaissances implicites qu'ils portaient. Cela constitue un terrain fertile pour les conflits qui résultent des différentes perspectives des parties prenantes impliquées, qui se reflètent dans la manière dont le contexte et les perspectives diffèrent entre les scientifiques. Avant même 1962, Feyerabend (1957) affirmait que l'expérience ne pouvait pas être considérée comme une base objective pour comparer les théories. Dans ce cadre, le libre accès aux données peut les libérer de leur « concepteur », leur permettant de trouver une vie propre, en interagissant avec d'autres scientifiques.

Deuxièmement, supposer qu'un désaccord rationnel est théoriquement possible implique que les scientifiques soient des êtres presque surhumains, c'est-à-dire capables d'arriver aux mêmes conclusions à partir des mêmes informations et preuves (Kelp & Douven, 2012), indépendamment du contexte ou de leur histoire personnelle. Mais comme l'a souligné Kuhn (1970) : « La variabilité de jugement peut ... être essentielle à l'avancement de la science » et le jugement infra-rationnel est plutôt la norme et fait partie de la science normale. La question de savoir si l'on doit ou non ajuster sa position (conciliation) ou rester ferme dans ses propres convictions (enfermement) lorsqu'on est confronté aux points de vue opposés d'un pair dépend largement de l'évaluation que l'on fait des références épistémiques de ce dernier, la familiarité des preuves, la compétence à évaluer les preuves et la socialisation professionnelle (Christensen & Lackey, 2013 ; Collins, 2010 ; Mulligan, 2021). Cela conduit naturellement à la façon dont les scientifiques sont biaisés lorsqu'ils évaluent ces références, comme le montre l'analyse du rôle des réseaux sociaux dans la promotion ou l'entrave des théories scientifiques, en raison de la présence de personnalités éminentes et dominantes (Azoulay *et al.* 2019 ; Sun *et al.* 2013). De plus, les champs disciplinaires de recherche se font concurrence en termes de publications et de financements, ce qui favorise le maintien d'idées distinctes, même si celles-ci peuvent avoir une base commune (Bourdieu 1988 ; Collins 2000) et verrouille artificiellement le débat.

Troisièmement les phases du développement de la théorie peuvent jouer un rôle clé dans l'enfermement des débats (cf. la dynamique scientifique comme les cycles de la science de Kuhn (2012) : science normale, dérive de la science, crise, révolution puis changement de paradigme). La base du cycle de Kuhn est appelée science normale dans laquelle les observations et les expériences sont réalisées en relation avec la ou les compréhensions contemporaines du système, ce qui, en théorie, devrait conduire à une évolution régulière des idées et des compréhensions vers un meilleur accord avec les preuves. Lorsque différents camps s'enferment dans leur propre compréhension et interprétation des preuves, on peut soit décrire cela comme le précurseur d'une crise de la science, ou alternativement, que le domaine est coincé dans ce qu'on appelle la pré-science, un conglomerat d'idées et d'approches avec peu d'éléments probants pour les réfuter, qui croît et décroît en fonction des modes ou des « bandwagons » (Paine, 2002).

Deux chercheurs, Klein et Kahneman, ont passé une grande partie de leur carrière à étudier le rôle de l'intuition dans la prise de décision des dirigeants de terrain avec des positions divergentes : l'une selon laquelle l'intuition était réelle et efficace et l'autre selon laquelle elle est entachée de défauts et de biais. Pour résoudre ce débat, les deux chercheurs ont trouvé une issue à ce débat de longue date par la mise en commun de leurs deux perspectives scientifiques, la prise en compte du point de vue opposé et la mise à l'épreuve de leurs propres recherches. Cette collaboration a donné lieu à publication d'un article intitulé « *Conditions for intuitive expertise : l'échec du désaccord* » (Kahneman & Klein, 2009). L'article décrit comment des positions antérieures, une tradition intellectuelle, un cadre empirique (par exemple, sur le terrain ou en laboratoire) et les normes de preuve avaient été à l'origine du débat. Il décrit également le discours qui a abouti à la reconnaissance et à l'acceptation de ces différences, et donc à un « échec du désaccord ».

Un autre exemple de résolution concerne un papier de Boris Worm qui, par extrapolation, suggère que 90 % des stocks de poissons du monde pourraient s'effondrer d'ici 2048 (Worm *et al.*, 2006), ce qui a été fortement critiqué par un autre chercheur, Ray Hilborn. Cette controverse a même été débattue sur la radio publique nationale américaine. Cependant, après avoir décidé de travailler ensemble dans le cadre d'un groupe de travail du National Center for Ecological Analysis and Synthesis (NCEAS), ils ont fini par trouver un terrain d'entente, ce qui a donné lieu à un article très influent et cosigné (Worm *et al.*, 2009). Il s'agit ici aussi d'un exemple d'échec de désaccord par des interactions interpersonnelles positives.

Ce type de processus et la résolution qui en résulte sont, selon les auteurs du présent article, une stratégie qu'il faut continuer à promouvoir en écologie : les décisions de gestion environnementale sont souvent basées sur des idées qui sont encore à l'état d'émergence scientifique, et donc qui font débat, alors que l'urgence à agir a été reconnue comme extrême.

## **L'ÉCOLOGIE SCIENTIFIQUE SUJETTE À L'ENFERMEMENT DES DÉBATS**

Dans les sciences de l'environnement en général, et l'écologie en particulier, les débats dans lesquels les parties impliquées ont des positions bien arrêtées semblent être particulièrement courants et durables. Pourquoi en est-il ainsi ? Les chercheurs proposent un cadre de réflexion qui fait appel :

- aux différentes perspectives et à la dépendance au contexte,
- aux différentes phases de développement de la théorie,
- à l'urgence politique,
- et aux préjugés et biais humains.

### **La dépendance au contexte**

Les débats en écologie sont alimentés par la dépendance considérable des systèmes d'étude vis-à-vis du contexte étudié. Une équipe peut aboutir à un résultat, tandis qu'une autre peut trouver le contraire... et les deux peuvent avoir raison. Leurs positions peuvent rester inchangées à la lumière de contre-preuves, et la progression vers un *consensus* peut être lente. Les processus écologiques se

prêtent mal au *consensus* étroit, ou à une grande théorie unificatrice, précisément parce que les organismes et les communautés d'espèces s'adaptent à des contextes externes dynamiques complexes et créent ainsi des interactions et des réponses uniques. Ceci peut rendre difficile la formulation de déclarations et de conclusions générales sur la façon dont un système se comporte et répond aux changements environnementaux.

La conséquence première de cette caractéristique est qu'afin de tester la généralité d'une théorie, des études doivent être menées dans un large éventail de conditions. En écologie, une véritable réplication est donc quasiment impossible (Baker, 2016 ; O'Grady, 2020), sauf dans des conditions de laboratoire hautement contrôlées.

Par ailleurs, les études théoriques ont une portée définie, avec des hypothèses explicites et implicites qui peuvent également être considérées comme un contexte particulier. En outre, les chercheurs sont sensibles au biais de confirmation (Fanelli *et al.*, 2017 ; Holman *et al.*, 2015), de sorte que les théories actuelles en vogue façonnent les preuves qui sont financées, générées et publiées.

La dépendance au contexte est donc un élément de verrouillage des débats en offrant aux promoteurs ou aux détracteurs d'une théorie une certaine liberté dans le choix de différents contextes pour faire valoir leur point de vue (figure 1a). Même s'ils partent de la même perspective conceptuelle, ils peuvent ainsi arriver à des conclusions divergentes.

💡 La méta-analyse est un outil efficace pour monter en généralisation en examinant différents contextes et en détectant des tendances (Gurevitch *et al.*, 2018). Néanmoins, les résultats des méta-analyses, bien qu'ils contribuent à établir *a posteriori* des généralisations, peuvent aussi être limités par les perspectives des chercheurs et les biais dans le choix des systèmes d'étude. Cela a conduit, par exemple, à la surreprésentation des résultats des pays occidentaux et des pays développés (Pysek *et al.*, 2008).

### Les phases de développement d'une théorie

Le développement d'une théorie doit comprendre deux phases : l'investigation puis la démonstration.

**La phase d'investigation** d'une théorie doit évaluer l'adéquation explicative et les limites de la théorie afin de l'améliorer (Grace *et al.*, 2012). Idéalement, une telle investigation consiste en des méta-analyses d'études globalement répliquées mais, au minimum, elle nécessite une revue systématique de la littérature pour évaluer l'étendue des études pertinentes (N).

- L'examen systématique s'est donc développé comme une boîte à outils avec des méthodes scientifiques bien définies (Lortie, 2014 ; Moher *et al.*, 2015 ; Hillebrand & Gurevitch, 2016).
- Si la théorie permet des tests quantitatifs, l'examen systématique peut être étendu à une synthèse quantitative sous la forme d'une méta-analyse pour tester explicitement la généralité de la prédiction (Hillebrand & Gurevitch, 2016 ; Gurevitch *et al.*, 2018).

**La phase de démonstration** d'une théorie est une étape critique. Les nouvelles théories ou l'extension d'une théorie existante sont souvent proposées avec certains archétypes de phénomènes empiriques. Par exemple : la théorie neutre de la biodiversité (Hubbell, 2001) a été dérivée d'observations dans les forêts tropicales (Hubbell *et al.*, 1999) ; la théorie de la transition critique est née d'observations d'équilibres alternatifs dans des lacs peu profonds (Scheffer *et al.*, 1993) ; ou encore la théorie de l'équilibre de la biogéographie insulaire a été dérivée d'observations de l'aire de répartition et de l'isolement d'espèces d'oiseaux

du Pacifique (MacArthur & Wilson, 1963). Dans la phase de démonstration ou de développement d'une théorie, une importance considérable est accordée à une étude individuelle qui soutient (ou réfute) une théorie ; il peut s'agir de la première étude isolée ou dépendant d'un contexte spécifique. Pour persister au-delà de ce cas initial, la théorie doit être soutenue par des observations dans différents systèmes, des cas justificatifs, et servir à valider les modèles scientifiques. Dans cette seconde phase, ce qui compte c'est le nombre de cas justificatifs (n).

**À l'issue des deux phases**, il est alors possible de calculer la proportion ( $p$ ) des  $N$  études pertinentes qui soutiennent la théorie ( $p = n/N$ ).

Pour revenir sur la question du verrouillage des débats, trois facteurs principaux conduisent à une prépondérance de la démonstration de la théorie par rapport à l'investigation théorique dans la recherche écologique. Ils mènent ainsi à une situation où le développement d'un concept est maintenu dans la phase de démonstration de la théorie et donc verrouille les débats.

- **Le biais de publication.** Il consiste en une sous-production d'études montrant des résultats non significatifs. Une étude de cas avec un message clair soutenant une nouvelle théorie sera plus probablement acceptée par un journal, d'autant plus si elle présente des exemples (et contre-exemples) qui entrent dans la littérature malgré leur spécificité contextuelle. En revanche, un article démontrant les limites d'une théorie avec des résultats peu communiquant, ou dérivés d'études antérieures, sera moins souvent soumis ou publié : ces résultats étant considérés comme n'étant pas nouveau et donc moins importants pour la publication scientifique. Par ailleurs, il existe également une asymétrie dans les niveaux de preuve requis pour la publication : les études ne présentant pas les résultats attendus, avec des résultats qui remettent en question la validité ou la généralité d'une théorie, se heurtent de manière récurrente à la critique selon laquelle leurs données étaient inaptes à tester la théorie sous-jacente. Démontrer les limites d'une théorie nécessite souvent un examen plus exhaustif des preuves que lorsque les résultats soutiennent une théorie.
- **La sous-estimation des faux positifs :** Les chercheurs sont souvent très prudents lorsqu'ils déclarent que l'absence de preuve, par exemple pour les seuils, n'est pas la preuve de l'absence du mécanisme (Hillebrand *et al.*, 2020). Cependant, la mise en garde inverse est tout aussi vraie car la présence d'une « preuve » (par exemple, l'observation d'un comportement de basculement) n'est pas en soi une preuve de l'existence d'un mécanisme (par exemple, la transgression d'un seuil).
- **La faible diversité d'hypothèses :** Le simplisme du tout ou rien du test d'hypothèses est problématique, car il signifie qu'une hypothèse donnée ne concerne probablement qu'un sous-ensemble limité de mécanismes et de contextes causaux. Cela fournit un terrain fertile pour les débats verrouillés, car il est souvent tentant de gonfler les généralités d'un résultat significatif pour augmenter l'impact d'une publication ou pour attirer des financements.

Étant donné la spécificité du contexte des résultats écologiques, même des théories directement concurrentes peuvent continuer à être soutenues dans différents groupes de chercheurs. Les débats verrouillés ne concernent pas tant la méthode scientifique elle-même, que la réticence des chercheurs à clarifier les contextes limités auxquels leurs résultats s'appliquent.

- 💡 Ainsi, reconnaître dans quel contexte une théorie prédit avec succès un phénomène observable est un pas important vers le développement et la maturation de la théorie.



## L'urgence dans l'élaboration des politiques

L'élaboration des politiques se positionne dans un pas de temps qui n'est pas celui de la recherche, ce qui peut contribuer à la formation et la persistance d'un **débat verrouillé**. Trois raisons principales peuvent être avancées (dans un contexte potentiellement beaucoup plus complexe) :

- **Le calendrier.** Les décisions politiques doivent souvent être prises de toute urgence, avant que les scientifiques aient pu consolider leurs débats. L'écologie en tant que science gagne en importance politique face aux changements environnementaux mondiaux actuels, d'où la pression exercée pour transmettre des messages scientifiques rapidement aux utilisateurs de la recherche.
- **La complexité du vivant.** Du point de vue écologique, cette caractéristique est un atout de la biosphère et potentiellement un mécanisme causal permettant des réponses adaptatives aux pressions humaines cumulatives croissantes. Malheureusement, il est difficile d'inclure cette complexité dans les propositions de gestion, ce qui conduit souvent à des solutions trop simplistes pour résoudre les problèmes environnementaux.
- **La communication des résultats** est plus facile et a souvent plus d'impact si le message est simple, clair et fort, ce qui augmente également la probabilité que ces positions soient transformées en recommandations de gestion. Ces éléments peuvent orienter les communications scientifiques vers des scientifiques charismatiques aux messages simples.

**Les débats verrouillés résultent donc souvent d'une vision simplifiée de dynamiques multidimensionnelles et non linéaires par la généralisation avec peu de variables**, par exemple :

- la simplification de la dynamique des points de bascule n'est pas en mesure de rendre compte du rôle de l'hétérogénéité spatiale, des décalages temporels, des rétroactions multidimensionnelles et des réponses adaptatives des organismes (cf. exemple 1) ;
- le débat sur la relation productivité-diversité simplifie de nombreux processus complexes sur l'axe unique de la production de biomasse (cf. exemple 2) ;
- le débat sur les dynamiques *top-down* ou *bottom-up* des chaînes trophiques linéaires ignore la diversité des modes d'alimentation de nombreuses espèces ayant un intermédiaire (omnivores, mixotrophes, etc.) (cf. exemple 4).

Sans le développement d'une théorie adaptative, les décideurs ne sont pas informés de la validité des preuves scientifiques et toute décision peut être motivée par le choix de résultats conformes aux intentions initiales de la politique. Lorsque les parties prenantes ont des objectifs opposés ou orthogonaux, l'absence de *consensus* réduit l'impact des preuves scientifiques disponibles.

## Les préjugés et biais humains

Les limitations et préjugés, les vertus et biais humains orientent les débats. Une idée, sa validité et son importance, se mêlent ainsi facilement avec l'identité et la personnalité d'un chercheur.

Les dynamiques sociales et individuelles humaines nous incitent à être plus enclins à accepter les preuves qui vont dans le sens de nos croyances, et moins susceptibles d'accepter des preuves qui les contredisent (Loehle, 1987), surtout si elles sont liées à un statut et une reconnaissance, et à adhérer plus facilement à une croyance dominante que de nous y opposer, créant ainsi les mécanismes d'auto-renforcement ou de verrouillage (McPherson *et al.*, 2001 ; Durrett & Levin, 2005). De plus, la communication, les médias favorisent les débats profondément

polarisés, acrimonieux, et impliquant des personnalités en conflit, en ignorant les distributions moyennes des opinions dont le récit fait moins recette dans le public. Adhérer à l'opposition catégorique est cognitivement beaucoup plus simple que de définir son opinion sur un axe graduel (Vasconcelos, 2019) ou comme une position dans un espace multidimensionnel.

Il semble probable que ces préjugés et ces erreurs interagissent avec les mécanismes de verrouillage des débats présentés plus haut, pour multiplier considérablement ce risque en écologie. Loehle (1987) a souligné que le biais de confirmation (la tendance, consciente ou non, à rechercher des preuves qui confirment celles que l'on a déjà, et à ne pas tenir compte des preuves contradictoires) et la ténacité théorique (la croyance persistante en une théorie malgré des preuves contraires) affectent la résolution des problèmes et la vérification correcte des hypothèses en écologie. Le fait de privilégier les hypothèses personnelles est souvent lié à un investissement émotionnel et à une implication personnelle dans les idées, ce qui est certainement une composante importante des débats passionnés.

Cela permet de comprendre que si les chercheurs arrivent avec des perspectives différentes, les conclusions qu'ils tirent des mêmes preuves seront différentes, surtout si une partie de leur perspective est également influencée par le système écologique (le contexte) qu'ils connaissent le mieux. Pour illustrer ce point, on peut se demander si Steve Hubbell aurait proposé la théorie neutre de la biodiversité s'il n'avait pas travaillé sur des forêts, mais sur un système très influencé par des niches environnementales telles que les marais salants.

4 exemples de débats verrouillés illustrent ces différents mécanismes de maintien de positions polarisées (voir annexe).

## RECOMMANDATIONS POUR UN ÉCHEC DU DÉSACCORD

Les auteurs de l'article soutiennent que l'écologie scientifique, et plus largement les sciences de l'environnement, peuvent contribuer aux processus de décision politique tout en subissant leur dynamique interne, y compris la gestion des conflits et des controverses. Pour cela, ils présentent des recommandations pour permettre l'élaboration effective, efficace et accessible de théories environnementales utiles pour les politiques. Ces recommandations s'adressent aux différentes étapes (de la conception à la consolidation d'une idée écologique) et aux différents acteurs de la diffusion de la théorie, à savoir les chercheurs, les agences de financement et les éditeurs ainsi que les décideurs politiques.

### Recommandations aux chercheurs

De façon générale, pour les communautés de recherche confrontées au *dissensus*, les chances d'une absence de désaccord augmenteront si :

- **le dialogue est possible.** Les scientifiques - individuellement et en groupe - se permettent de baisser leur garde, d'élargir les contextes et les perspectives de leur travail en acceptant de collaborer avec, et comprendre les points de vue d'un groupe ayant des opinions très opposées. Des médiateurs, tierces personnes acceptées par les deux camps, peuvent réunir des scientifiques pour rédiger un document qui définira les différentes positions, les arguments et les principaux désaccords, plutôt que d'écrire des articles qui renforcent les perspectives individuelles.
- **les questions sont similaires.** Un effort est fait afin de s'assurer que les différentes études, objets du *dissensus*, sont comparables pour permettre

un débat significatif et productif. Par ailleurs, lorsque les questions sont différentes les parties ne devraient pas considérer comme acquis que leur question est nécessairement la plus importante.

- **les travaux s'inscrivent dans la science ouverte et reproductible** (Fraser *et al.*, 2018 ; Powers & Hampton, 2019). En particulier, les hypothèses et études devraient être pré-enregistrées pour éviter qu'elles ne soient établies après l'obtention des résultats. En effet, les phases de démonstration et d'investigation sont particulièrement sujettes aux biais de confirmation et de publication des seuls résultats significatifs. On ne peut guère surestimer à quel point les politiques d'ouverture des données ont révolutionné le paysage scientifique au cours des dernières décennies, les données n'étant plus consignées dans les cahiers de laboratoire ou sur des disques durs locaux, mais sont partagées dans des publications et couvertes par leurs propres identifiants d'objets numériques.

 Promouvoir l'engagement aux principes de données FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*, Wilkinson *et al.*, 2016) et l'enregistrement (<https://www.cos.io/initiatives/prereg>, <https://aspredicted.org/>).

- **la réanalyse des questions scientifiques est promue.** Les outils de science ouverte et les données ouvertes sont des conditions préalables à la consolidation, car ils permettent et facilitent la réanalyse de questions scientifiques d'un point de vue différent en fusionnant de multiples sources de données dans une synthèse quantitative. L'essor des méta-analyses dans les sciences de l'environnement (Gurevitch *et al.*, 2018) permet d'identifier des tendances générales dans un large éventail de cas spécifiques au contexte (des critères de qualité appropriés sont essentiels pour mener une synthèse d'examen et une méta-analyse (Koricheva & Gurevitch, 2014 ; Nakagawa *et al.*, 2017)).

- **des approches à hypothèses multiples sont utilisées.** Les chercheurs qui étudient des systèmes complexes très dépendants du contexte, tels que les systèmes écologiques, peuvent éviter de tomber dans le piège de la recherche d'une explication causale particulière et utiliser un ensemble de scénarios sur la façon dont le système d'étude pourrait fonctionner, ce qui permet de mieux le comprendre (approches à hypothèses multiples axées sur l'établissement d'estimations de différents modèles explicatifs probabilistes). Tester plusieurs hypothèses dans plusieurs expériences et évaluer comment les preuves pour chacune d'elles varient en fonction du contexte est intéressant (Platt, 1964). D'autres approches telles que l'analyse causale (Larsen *et al.*, 2019 ; Laughlin & Grace, 2019) et la hiérarchie des hypothèses (Heger *et al.*, 2021) sont également des idées prometteuses pour améliorer l'élaboration de théories en écologie et au-delà.

- **les biais cognitifs sont compris et évités.** Betini *et al.* (2017) plaident en faveur d'hypothèses multiples de travail (plus de deux) pour éviter le biais de confirmation et deux autres biais cognitifs : le biais de modèle (le cerveau humain est efficace pour trouver des modèles même lorsqu'il n'y en a pas) et le biais de croyance (lorsque les données sont fausses, mais désirables, l'humain a tendance à être moins rigoureux dans l'évaluation de la preuve). Ces trois biais cognitifs incitent à inclure les hypothèses alternatives qui pourraient générer des modèles similaires, plutôt que d'essayer de confirmer une seule hypothèse. En pratique, si les auteurs qui proposent un nouveau mécanisme, un nouveau modèle ou une nouvelle théorie prennent cette habitude, le sentiment de vulnérabilité lorsque l'idée principale est remise en question peut être émotionnellement moins sensible. Rendre les positions explicites dans la formulation d'une idée aide également les autres scientifiques à comprendre sur quels fondements un nouveau concept a été développé.



- **les études modulaires offrent une voie de recherche multi-perspectives.** La reproduction d'observations et d'expériences dans différents endroits offre une puissance statistique sans précédent pour dépasser les effets du contexte des résultats (Borer *et al.*, 2014 ; Duffy *et al.*, 2015 ; Kemppinen *et al.*, 2021). En outre, cette méthode internalise les débats verrouillés, en intégrant différents points de vue sur les questions à poser, les priorités et la manière d'analyser les résultats. Toute recherche environnementale ne doit pas nécessairement être « générale » et orientée vers la synthèse. À l'inverse, les meilleures informations pour répondre à une question spécifique peuvent être détaillées et spécifiques au système. Placer les données locales dans un contexte plus large réduit le biais induit par une perspective unique. À ce titre, les sciences de l'environnement pourraient même aller un peu plus loin et sélectionner des questions d'importance internationale à investiguer.

### **Recommandations pour les organismes de financement et les éditeurs**

Les agences de financement peuvent contribuer activement à éviter les débats verrouillés en soutenant des assemblées diversifiées de chercheurs, en permettant le travail en réseau, en appliquant des formats de science ouverte et en fournissant explicitement des fonds pour refaire des études. En effet, en plus de l'excellence des chercheurs, la nouveauté et la faisabilité d'un projet sont deux autres caractéristiques des propositions actuellement financées. Or, bien que la nouveauté encourage la prise de risque et la faisabilité encourage l'aversion au risque, les deux peuvent contribuer à l'enfermement des débats. L'argument de la nouveauté empêche souvent de refaire une étude dans un cadre différent, pour des organismes différents et à des échelles temporelles et spatiales différentes. L'argument de la faisabilité favorise la concentration sur une seule hypothèse testable plutôt que sur un panel d'hypothèses contrastées.

Les organismes de financement et les éditeurs sont les deux principaux facilitateurs de la production de connaissances scientifiques, car ils permettent la recherche et publient les résultats pour un public de plus en plus diversifié. À ce titre, ils peuvent favoriser une plus grande diversité de perspectives ou permettre la recherche dans des contextes multiples en :

- imposant l'enregistrement préalable des études et la publication FAIR des données et du code. Alors que la publication des données est déjà souvent obligatoire pour recevoir des fonds et publier des manuscrits, elle n'est souvent pas assortie d'une analyse de l'aspect FAIR des données (Roche *et al.*, 2015), ce qui limite souvent l'évaluation de la reproductibilité de l'étude.
- réduisant la tendance croissante à l'hypercompétition qui utilise des récits d'« excellence » pour concentrer de grandes masses de financement sur peu de chercheurs ou peu d'institutions (Moore *et al.*, 2017). Ces systèmes de financement centralisateurs ouvrent la voie à l'enfermement des débats, car ils favorisent la prédominance de perspectives uniques au détriment de la diversité des positions, des approches et des idées.
- modifiant les critères d'évaluation de l'excellence scientifique en passant des facteurs d'impact des revues dans lesquelles les candidats ont publié à des processus qui prennent en compte des critères plus holistiques (comme l'encourage le programme Dora), y compris l'incorporation d'activités de science ouverte (comme Hi-Frame).
- fournissant des idées et des critiques à l'égard d'idées existantes (voir par exemple le Forum *Oikos and Ideas & Perspectives* d'Ecology Letters) ou en jouant le rôle de modérateur pour empêcher des critiques et réfutations improductives qui apparaissent parfois dans la littérature.

- étiquetant les manuscrits pour indiquer leur statut en termes de conceptualisation, démonstration d'investigation ou de consolidation d'hypothèse pour aider les lecteurs à comprendre la motivation des chercheurs de l'étude. Les articles novateurs soumis pourraient être fortement encouragés à présenter des explications alternatives à leurs modèles. De plus, les éditeurs pourraient encourager l'investigation théorique plutôt que la démonstration. Ils pourraient promouvoir des formats ciblés pour les méta-analyses et la reproduction d'études existantes.

### **Recommandations pour les décideurs politiques**

L'irréversibilité induit une complexité supplémentaire dans la prise de décision (Levin *et al.*, 2013), ce qui nécessite :

- une réduction des bénéfices attendus d'une décision irréversible pour prendre en compte les coûts et les externalités qu'elle induit (Arrow & Fisher, 1974). Ceci permet d'intégrer la perte d'options qu'entraîne la décision politique.
- l'appel au processus scientifique pour appuyer la décision, car ce processus a la capacité d'estimer l'incertitude dans les risques (notamment en phase d'investigation scientifique), en termes de probabilités et d'impacts. La phase de démonstration scientifique permet une prise de conscience capable de changer fondamentalement la décision (Arrow & Fisher, 1974).
- la connaissance par les parties prenantes que le développement de la théorie scientifique peut réduire la capacité du système scientifique dans son ensemble à évoluer efficacement vers une meilleure adéquation entre les modèles d'explication proposés et le monde réel (Biggs *et al.*, 2009 ; Brittan & Bandyopadhyay, 2019). Autrement dit, si les parties prenantes comprennent les phases de développement d'une théorie, elles sont plus à même de comprendre la façon dont la science répond aux enjeux du monde « réel » par des modèles théoriques.

## **CONCLUSIONS**

L'impact de la science est, peut-être malheureusement, lié à la clarté et à la consolidation du message fourni. Parfois, les discours scientifiques occultent le fait que même des camps opposés qui défendent des points de vue différents peuvent, en fin de compte, déduire la même recommandation politique (par exemple réduire les émissions de combustibles fossiles ou préserver la biodiversité), même si les raisons de leurs conclusions peuvent différer largement.

Les débats scientifiques, les controverses et même les conflits sont nécessaires à la démarche scientifique et à l'acquisition de connaissances, mais le verrouillage des débats peut non seulement bloquer le progrès scientifique mais également réduire de manière significative l'utilité de la science pour la prise de décision.

Trois aspects principaux peuvent changer les interactions des scientifiques dans les sciences de l'environnement et limiter le verrouillage des débats, menant *au statu quo* :

- prendre conscience des différentes perspectives utilisées et des contextes dans lesquels les chercheurs travaillent,
- comprendre la séquence du développement de la théorie et son propre rôle dans ce processus,
- être conscient des conséquences politiques de l'incertitude des prédictions et estimations scientifiques.

L'humanité est à la croisée des chemins et la science doit jouer son rôle d'appui et de guide à la décision en réduisant de manière transparente les biais humains. Le rôle de la science dans la prise de décision est souvent fondamental mais la science n'est ni infaillible ni rapide pour atteindre un *consensus*. Il est donc nécessaire de prendre en compte les conséquences des erreurs et de l'incertitude, c'est-à-dire les conséquences du processus scientifique dans le contexte de la prise de décision. Le fait de réunir les camps opposés pour parvenir à une compréhension commune et diversifiée des questions, contextes et perspectives, plutôt que de fortifier un seul point de vue, fût-il dominant, est en capacité de débloquent les débats. Ne pas être en désaccord, comme cela s'est produit pour Kahneman et Klein, crée non seulement un processus scientifique plus efficace et plus solide, mais il permet aussi des collaborations scientifiques fructueuses.

synthèse Hélène Soubelet,  
directrice de la FRB

## ANNEXE - EXEMPLES DE DÉBATS VERROUILLÉS

### 1. Le débat sur le point de bascule, ou la théorie des transitions critiques

Le concept de points de bascule a été proposé au début des années 1990 (Holland, 1992 ; Holling, 1992 ; Scheffer *et al.*, 1993) pour expliquer théoriquement le changement de système en termes de seuils, d'effondrement, de transitions critiques et de passage d'un régime à l'autre.

Lorsqu'un écosystème avec des interactions non linéaires, des rétroactions, passe d'un attracteur à l'autre, ces transitions critiques conduisent à un nouveau système, avec des conséquences qui peuvent être bénéfiques ou néfastes (Jeppe-*sen et al.*, 2012 ; Nyström *et al.*, 2012 ; Olsson *et al.*, 2008 ; Vandvik *et al.*, 2005). Le concept de seuils et de rétroaction de renforcement a également été utilisé pour alerter sur les dimensions planétaires des enjeux, à travers le concept de limites planétaires, ainsi que l'hétérogénéité des interactions et de la dynamique régionale des principaux composants du système terrestre (Steffen *et al.*, 2015).

La théorie des transitions critiques crée un potentiel de complexité supplémentaire dans les processus de décision : en raison de l'absence de réversibilité (hystérésis). Une fois que les activités entraînent une transition critique vers un état écologique qui est perçu comme nuisible pour la société, la réduction de ces activités ne permet pas de rétablir facilement l'état antérieur, car le système peut rester bloqué dans la nouvelle tendance. Or, la réversibilité a souvent été une hypothèse implicite dans le domaine de la gestion de l'environnement tant à l'échelle locale que mondiale. La plupart des pays ont construit leur richesse par le biais d'activités ayant des impacts sociaux et environnementaux négatifs importants, avec au moins l'hypothèse implicite que les dommages peuvent être inversés si on le souhaite.

Deux conséquences peuvent être listées :

- Si les transitions critiques se produisent, leur non prise en compte aura des conséquences pour les générations futures qui en payeront le prix (Brock *et al.*, 2008 ; Levin *et al.*, 2013), de plus un faux sentiment de sécurité à l'égard d'un changement graduel pourrait émerger lorsque les changements de

base passent inaperçus (Knowlton & Jackson, 2008 ; Lotze *et al.*, 2006).

- Si les transitions critiques ne se produisent pas, l'invocation récurrente de changements d'état imminents peut conduire au pessimisme et à l'inactivité en matière de questions environnementales (Duarte *et al.*, 2014).

### Dans quelle mesure le débat a-t-il été verrouillé ?

La notion selon laquelle les écosystèmes peuvent basculer brusquement vers un autre état alternatif stable a émergé du travail sur les modèles théoriques et ce défi scientifique a été clairement énoncé dans un des premiers articles (Scheffer *et al.*, 2001).

Bien que la théorie des changements soit inspirante, les premières expérimentations de sa mise en œuvre vers des états stables alternatifs ont été fortement critiquées. Plus tard, des études de démonstration sont progressivement venues apporter des preuves de l'existence de points de basculement et d'états stables alternatifs dans les systèmes naturels (Bestelmeyer *et al.*, 2011 ; Folke *et al.*, 2004) :

- changements abrupts entre les états d'eau claire et turbide dans les lacs peu profonds (Scheffer *et al.*, 1993 ; Scheffer & van Nes, 2007),
- changement entre les régimes climatiques secs et humides (Claussen *et coll.*, 1999 ; Foley *et al.*, 2003),
- changement d'états des océans et des récifs coralliens (Beaugrand, 2004 ; deYoung *et al.*, 2008 ; Hare et Mantua, 2000 ; Mumby *et al.*, 2013),
- changement dans un lac entier (Seekell *et al.*, 2013).

Les indicateurs de la présence de régimes stables alternatifs sont par exemple des sauts dans des séries temporelles, des distributions multimodales de variables d'état et des relations entre des facteurs environnementaux et un changement dans l'écosystème (Bestelmeyer *et al.*, 2013 ; Collie *et al.*, 2004 ; Litzow & Hunsicker, 2016 ; Scheffer & Carpenter, 2003).

Les processus dans ces écosystèmes, y compris les démonstrations de rétroactions positives et les modèles couplés environnement-biologie, sont cohérents avec le rôle prédit de l'équilibre des rétroactions (Barkai & McQuaid, 1988 ; Chase, 1999 ; Claussen *et al.*, 1999 ; Muthukrishnan *et al.*, 2016 ; Scheffer *et al.*, 1993).

Pendant cette phase de développement du concept de point de bascule, les implications pour les politiques sont apparues évidentes avec un message puissant, qui a trouvé un écho auprès des décideurs, sur l'irréversibilité des conséquences des actions (Hughes *et al.*, 2007 ; Lubchenco *et al.*, 2019 ; Olsson *et al.*, 2008). La théorie a fait l'objet d'un foisonnement de publications scientifiques et a eu un impact sur les accords politiques de haut niveau, comme l'accord de Paris et l'encyclique *Laudato si'* du pape François (François, 2015).

Néanmoins, d'autres études explorant les changements d'état apparents dans les écosystèmes naturels se sont révélées peu concluantes (Connell & Sousa, 1983 ; Chavez *et al.*, 2003 ; Peterson, 1984 ; Ratajczak *et al.*, 2018 ; Scheffer *et al.*, 2001 ; Schröder *et al.*, 2005).

C'est à cette période que les éléments suivants ont été apportés au débat :

- la seule démonstration d'un retour positif est une preuve insuffisante (Petraitis & Hoffman, 2010 ; Scheffer *et al.*, 2001 ; Schröder *et al.*, 2005),
- le contexte, tel que la diversité ou l'échelle spatiale, s'avère modifier et masquer ces phénomènes (Dakos *et al.*, 2019 ; Jouffray *et al.*, 2015 ; van Nes & Scheffer, 2005).

Les échanges se sont durcis autour des différences et non pas des synergies :

- « Nous montrons que les notions de frontières planétaires n'apportent aucun éclairage à notre compréhension des menaces sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes, qu'aucune preuve ne vient à l'appui de ce concept et qu'il est trop vague pour être utilisé par ceux qui gèrent la

biodiversité et pourrait encourager des politiques pernicieuses » (Montoya *et al.*, 2018a).

- « Un article récent de Montoya *et al.* [1] dans Trends in Ecology and Evolution présente une critique au vitriol et très argumentée du cadre des frontières planétaire (PBs), basée sur une représentation erronée du cadre et une répétition de précédentes désinformations. Dans ce document, nous remettons les pendules à l'heure et indiquons des moyens plus positifs d'aller de l'avant. » (Rockström *et al.*, 2018).
- « Rien ne valide plus nos préoccupations concernant les travaux de Rockström *et al.* que leur réponse à la critique que nous en avons faite ». (Montoya *et al.*, 2018b).

La théorie des points de bascule, des changements de régime et des limites planétaires a déjà influencé un large éventail de récits politiques actuels, avec l'idée que les seuils seront prédominants dans les systèmes complexes avec de la rétroaction et de la non-linéarité.

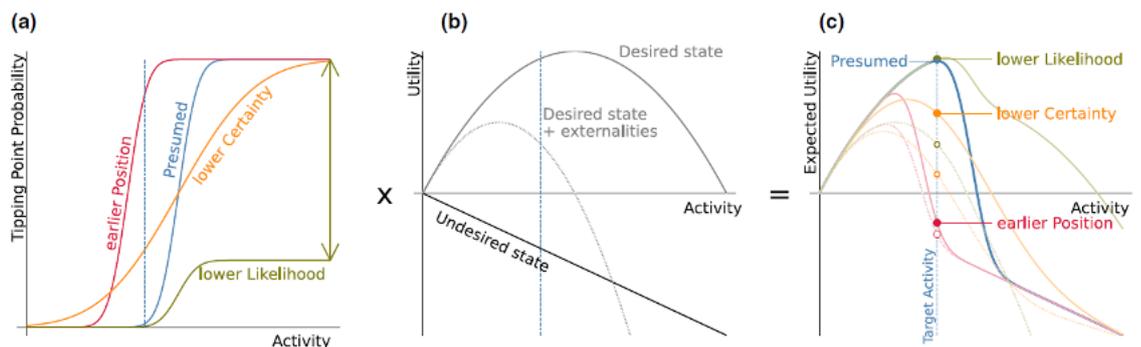
Des échanges plus récents sont revenus sur les fondements théoriques du concept, invitant à retourner vers l'investigation (Kéfi *et al.*, 2019), ce qui a donné lieu à un ton beaucoup plus objectif (Hillebrand *et al.*, 2020, 2021 ; Lade *et al.*, 2021). Hillebrand *et al.* (2020) en particulier ont réalisé un important travail de synthèse de 36 méta-analyses portant sur 4 600 études sur les changements environnementaux. Les chercheurs ont trouvé peu de preuves statistiques de réponses de type *seuil* le long des gradients de pressions environnementales, sur la base d'études de terrain et expérimentales.

Trois éléments majeurs peuvent expliquer ces résultats divergents entre cette synthèse et les nombreuses études individuelles mentionnées précédemment qui rapportent des preuves que les réponses de type *seuil* sont communes et importantes :

- Le manque de preuve peut résulter d'une faible détectabilité des seuils dans les données empiriques.
- Les résultats dépendent des contextes (échelle planétaire, régionale vs échelle locale, systèmes spécifiques tels que les récifs coralliens ; les savanes, les forêts tempérées vs système globalisé ; étude de terrain vs expérimentation).
- Les résultats dépendent des perspectives utilisées par les différents scientifiques (recherche de schémas vs compréhension mécaniste, raisonnement basé sur un modèle par rapport aux preuves expérimentales et aux études de terrain).

### La prise en compte dans le contexte politique

Inspirés de Dasgupta (2021) et Lenton *et al.* (2019), les auteurs ont estimé le coût social et les risques de la sous-estimation ou de la surestimation de la prévalence et de l'incertitude des points de bascule potentiels (cf. figure 1 avec trois graphiques (a), (b) et (c) ci-dessous).



*Figure 1, graphique (a)*

L'incertitude scientifique joue d'abord dans les estimations de la relation entre l'augmentation de l'activité humaine et la probabilité d'apparition d'un point de bascule.

*Figure 1, graphique (b)*

La science contribue également aux estimations des bénéfices retirés pour chaque état. Ces estimations des bénéfices devraient inclure les conséquences indirectes de l'activité humaine et les externalités, mais c'est en réalité rarement le cas. Par exemple, la gestion du secteur agricole est basée sur les prévisions d'émissions de gaz à effet de serre et sur la production agricole attendue (ligne grise pleine).

Dans cet état, plus on intensifie l'activité, plus les bénéfices augmentent jusqu'à ce que les émissions compensent négativement les gains de rendement et que l'activité ne soit plus soutenable. Mais les externalités en termes de perte de biodiversité et d'eutrophisation ne sont pas internalisées dans ce processus de décision. S'ils l'étaient (ligne grise en pointillés), les bénéfices seraient beaucoup plus faibles et l'activité visée ne serait rapidement pas soutenable. La ligne noire pleine représente un état non désiré (transition critique après le point de bascule) où les processus de rétroaction maintiennent le système dans un état où les coûts augmentent avec l'activité.

*Figure 1, graphique (c)*

Au cours du processus de développement scientifique, la compréhension est par définition incomplète, d'où les erreurs d'appréciation dans la position, la certitude et la probabilité d'un point de bascule. Les conséquences potentielles de l'incertitude et des erreurs d'appréciation scientifiques peuvent être étudiées sur la base des bénéfices optimaux attendus du scénario présumé.

La principale difficulté pour les systèmes soumis aux points de bascule se produit lorsque le niveau d'activité cible optimal est mal évalué et conduit en réalité à un risque élevé de transition critique vers un état indésirable (lignes et cercles rouges), ce qui revient à croire et à agir comme si le bord d'une falaise était plus éloigné qu'il ne l'est en réalité et risquer ainsi de tomber de la falaise. Les scientifiques appellent souvent à appliquer le principe de précaution en soulignant la possibilité d'une transition critique et les conséquences désastreuses de l'état non désiré. Si, toutefois, l'estimation scientifique est trop précautionneuse, les bénéfices provenant de niveaux d'activité plus élevés représentent des coûts d'opportunité.

Un autre danger est d'être trop confiant (par rapport à l'incertitude réelle) sur la position du point de bascule. La ligne bleue illustre la certitude présumée, mais en réalité les probabilités de bascule d'un système particulier sont beaucoup plus variables (lignes orange), cette fausse certitude déplace le niveau d'activité cible dans une région où la probabilité de transition augmente rapidement et entraînerait plus probablement une perte de bénéfices.

Si la probabilité d'un point de bascule est beaucoup plus faible que prévu (lignes et cercles verts), le coût d'opportunité est négligeable par rapport aux bénéfices. Dans ce cas, le coût de l'approche de précaution est faible.

Les coûts peuvent augmenter de façon importante lorsque les seuils (i) deviennent des « objectifs » et que les activités augmentent plus qu'elles ne l'auraient fait si ce seuil n'avait pas été reconnu, ou (ii) deviennent des instruments statiques dans un contexte dynamique (étant donné le temps nécessaire pour changer une fois mis en œuvre).

Si le bénéfice escompté de l'activité cible est surestimé, par exemple si ses externalités négatives ne sont pas prises en compte (lignes en pointillés), le niveau d'activité cible peut être fixé trop haut. C'est le cas par exemple de l'utilisation d'engrais dans l'agriculture pour favoriser les revenus

agricoles, mais sans tenir compte de l'impact de l'eutrophisation, comme les efflorescences toxiques et la réduction des bénéfices pour les loisirs côtiers qui représente un coût beaucoup plus réparti par rapport aux revenus de l'agriculture et donc moins facile à prendre en compte. Dans ce cas, proportionnellement, cet effet est plus important pour le scénario où le risque de bascule est, en réalité, plus faible que prévu (distance entre les cercles verts remplis et ouverts). Il existe également un risque à se concentrer trop sur les points de bascule, autrement dit, que les scientifiques et les décideurs politiques accordent moins d'attention aux externalités qui peuvent être potentiellement plus graves que le risque de franchir un point de bascule (modéré dans le scénario vert).

Même s'il existe des débats scientifiques sur la position, l'incertitude et la probabilité des points de bascule, dans la très grande majorité des contextes, la conséquence pour la gestion semble être similaire : pêcher par excès de précaution est moins coûteux que d'essayer d'obtenir le meilleur résultat possible sur la base d'une compréhension incertaine des mécanismes (Hassler *et al.*, 2018).

## 2. Le débat sur la relation productivité - diversité

Le débat sur la relation entre la diversité et la productivité est un excellent exemple des mécanismes qui mènent à un débat verrouillé en écologie.

La productivité des plantes a été proposée comme un indicateur simple du fonctionnement des écosystèmes et de la biodiversité pour établir des priorités en matière de conservation (Keddy, 2005), avec des implications importantes pour les politiques de gestion (Huston, 1993 ; Tilman *et al.*, 2006). La proposition selon laquelle la richesse des espèces suit une relation en forme de bosse avec la productivité (Rosenzweig & Abramsky, 1993) découle de l'idée qu'aux deux extrêmes d'un gradient de productivité, la coexistence des espèces est réduite par le stress et la force de la compétition (Grime, 1973 ; Huston, 1979). Les preuves empiriques contre (Adler *et al.*, 2011) et pour (Fraser *et al.*, 2015) ont conduit à des échanges d'arguments répétitifs (Fridley *et al.*, 2012 ; Grace *et al.*, 2012 ; Huston, 2014 ; Pan *et al.*, 2012 ; Tredennick *et al.*, 2016). Le débat est toujours en cours (Grace *et al.*, 2014, 2016 ; Fraser *et al.*, 2015), et les arguments pour et contre la relation en forme de bosse ont été reformulés à de multiples reprises depuis la genèse de cette théorie (cf. le résumé historique du concept dans les matériaux supplémentaires de Grace *et al.*, 2016).

L'un des mécanismes manifestes dans les débats verrouillés est d'éviter de considérer l'opinion opposée en trouvant des raisons de l'exclure ou de la rejeter.

Par exemple, l'étude mondialement répliquée dans les prairies remettant en question la généralité du modèle productivité-diversité (Adler *et al.*, 2011) a suscité deux commentaires critiquant l'étude pour ne pas avoir utilisé les bonnes données. Pan *et al.* (2012) ont fait valoir que la courbe « correcte », en forme de bosse, apparaîtrait si l'ensemble de données était réduit à un sous-ensemble de données plus homogènes. De leur côté, Fridley *et al.* (2012) ont fait valoir que certains types de prairies (par exemple, celles gérées par l'humain) étaient sous-représentés, en supposant que le modèle correct émergerait si la base de données était étendue.

Ces deux critiques permettent de mettre en évidence un deuxième mécanisme : éviter de considérer le contenu complet de l'article de « l'autre camp ». Dans ce cas, les deux critiques n'ont pas reconnu que l'étude originale n'excluait pas du tout l'existence de « bosses » dans la richesse des espèces à une productivité intermédiaire, mais concluait à un pouvoir de prédiction et à un fondement mécaniste limités de la productivité. Un engagement partiel a ouvert la voie à des arguments qui tournaient autour des aspects techniques des analyses plutôt que de solliciter une compréhension approfondie des interactions écologiques sous-jacentes qui façonnent la relation.

### 3. Le débat sur la richesse en espèces locales

Un exemple similaire est le débat récent sur le déclin de la richesse des espèces locales dans le cadre du changement global.

Si le déclin général de la biodiversité mondiale est bien documenté (Díaz *et al.*, 2019), une série de méta-analyses a montré des conséquences moins évidentes sur le nombre d'espèces rencontrées localement (Dornelas *et al.*, 2014 ; Elahi *et al.*, 2015 ; Vellend *et al.*, 2013). Ces résultats ont été critiqués pour avoir utilisé un ensemble biaisé de séries temporelles trop courtes (Cardinale *et al.*, 2018 ; Gonzalez *et al.*, 2016), c'est-à-dire que les critiques étaient à nouveau axées sur l'inadéquation technique des données, ce qui est un argument facile à défendre étant donné les complexités autour des données fiables sur la biodiversité. La réfutation de cette critique a été sans compromis (Vellend, 2017 ; Vellend *et al.*, 2017) et a alimenté d'autres arguments qui s'étendent aux échanges récents sur le déclin des insectes (Daskalova *et al.*, 2021 ; Kunin, 2019 ; Seibold *et al.*, 2019 ; van Klink *et al.*, 2020).

Ce débat verrouillé réitère les deux mécanismes détaillés ci-dessus : il présente des discussions élaborées contre les preuves de l'autre « camp » et l'analyse partielle du contenu des articles opposés.

Un troisième mécanisme est évident dans ce cas : l'extension des conclusions à un domaine lié mais différent. En concluant qu'il n'y a pas de changement net de la richesse des espèces locales dans les séries chronologiques de surveillance, Vellend *et al.* (2013) suggèrent que l'ensemble du domaine de la recherche sur le fonctionnement d'écosystèmes était mal conçu, car il visait principalement à déterminer les conséquences fonctionnelles du déclin de la richesse. Cela a contribué à la fureur des échanges universitaires, une fureur pas vraiment fondée puisqu'elle ne tenait pas compte des raisons pour lesquelles la richesse est si souvent utilisée dans les expériences sur le fonctionnement des écosystèmes, des autres aspects de la diversité qui ont été (et sont) pris en compte, et de la façon dont la recherche sur le fonctionnement des écosystèmes est liée à la recherche sur l'accroissement de la diversité, par exemple par la propagation d'espèces exotiques.

Si les différentes positions étaient pleinement prises en compte, il apparaîtrait clairement qu'il existe un large *consensus* sur les faits suivants : la biodiversité change localement et mondialement, et les actions humaines jouent un rôle majeur dans ce changement.

Au lieu de rendre compte de la nature multidimensionnelle de la biodiversité (et de ses changements actuels) aux décideurs politiques, les écologues se perdent dans des débats techniques alimentés par les connaissances fragmentaires que l'on peut tirer de mesures comme la richesse spécifique, la biomasse totale. Cela offre aux décideurs toutes les options pour choisir des stratégies qui pourraient bénéficier à d'autres agendas, en évitant les mesures de grande envergure visant à minimiser les impacts humains.

### 4. Le débat sur le contrôle trophique ascendant ou descendant

Un autre exemple de débat verrouillé ayant des implications politiques est celui du contrôle trophique descendant par rapport à l'approche ascendante dans les écosystèmes (McQueen *et al.*, 1986). Il est né de l'idée que les prédateurs pouvaient limiter la biomasse de leurs proies (Hairston *et al.*, 1960). Ce débat a donné lieu à une multitude d'études expérimentales sur le rôle des ressources de base et des prédateurs supérieurs dans l'organisation des réseaux trophiques et des écosystèmes, à de nouvelles théories (Oksanen *et al.*, 1981) et à des efforts de synthèse inter-écosystèmes (Shurin *et al.*, 2006).



Alors que le débat écologique se poursuivait, la vision descendante a été largement mise en œuvre dans des situations nécessitant une gestion urgente de l'écosystème. Dans les lacs et les étangs eutrophes, cela a pris la forme d'une biomanipulation, modifiant les chaînes alimentaires dans l'intention de conduire à augmenter le zooplancton algivore et de réduire le phytoplancton pour augmenter la qualité de l'eau (Carpenter & Kitchell, 1988 ; With & Wright, 1984).

L'intervention humaine massive, telle que l'élimination et la mise à mort des poissons planctoniques ou l'introduction de poissons piscivores ou d'herbivores (tels que des moules) ont eu pour résultat des effets à court et à moyen termes de réduction de la turbidité, mais les résultats écologiques à long terme ont été moins positifs (Jeppesen *et al.*, 2012). La réduction d'efficacité provient souvent de réponses décalées dans le temps de la communauté autotrophe (résistance au broutage), des consommateurs (poissons piscivores se nourrissant de zooplancton lorsqu'ils sont jeunes) et de l'écosystème (rechargement interne de l'écosystème de nutriments provenant des sédiments). Le problème ici vient d'une discussion centrée autour d'une représentation simplifiée d'un système complexe. La résolution évidente de ce débat est que les approches ascendante et descendante interagissent, et que les réponses adaptatives fournies par la diversité « horizontale » sont tout aussi importantes que les interactions verticales. Le message approprié pour les décideurs politiques est le suivant : la gestion des écosystèmes ne doit pas être considérée comme une question de « contrôle » simple et direct, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de panacée pour la manipulation des écosystèmes.