

Quelles interactions entre les modèles et les scénarios de la biodiversité et du climat ?

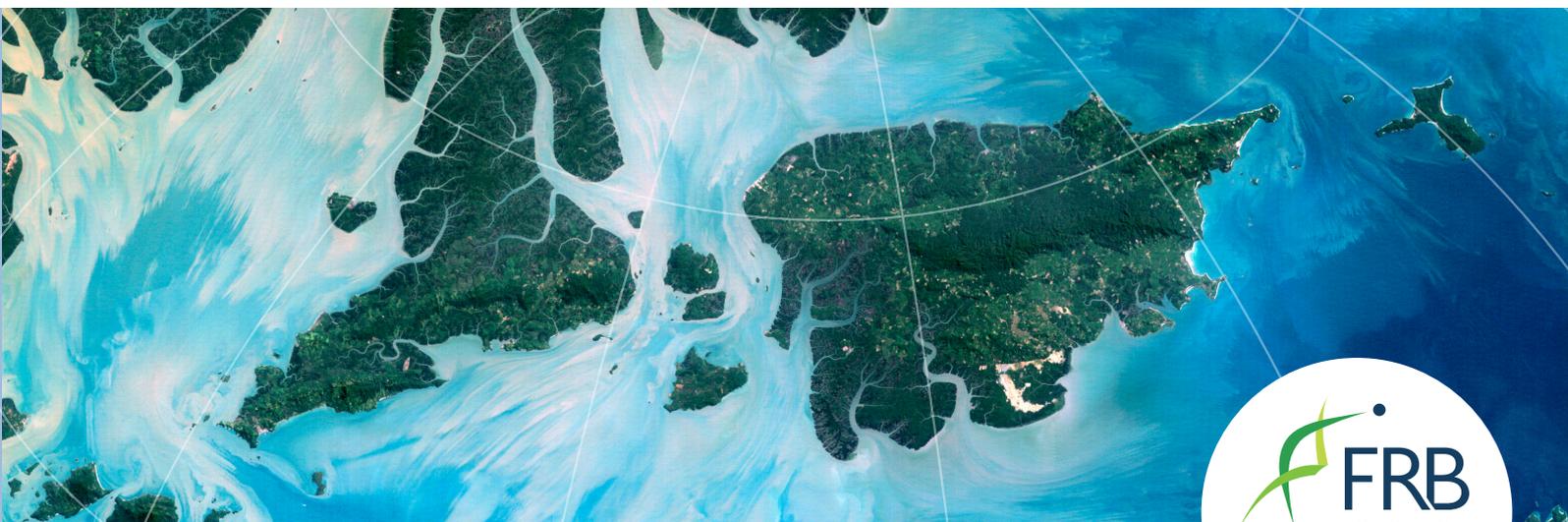
Conférence scientifique

Introduction

Les scénarios rendent compte de la complexité de processus globaux tels que les changements climatiques, le déclin mondial de la biodiversité et la dégradation des écosystèmes, thèmes au cœur des travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). La présentation des scénarios permet de mieux informer les sociétés et de les faire évoluer vers des pratiques plus durables.

Environ 140 personnes ont participé à la conférence « Les scénarios de la biodiversité à l'heure du changement climatique », organisée dans le cadre des Journées FRB. La conférence s'est tenue le jeudi 1^{er} octobre 2015, dans l'amphithéâtre Poincaré du Ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. L'objectif de cette conférence était de regrouper des experts français issus de disciplines variées et travaillant sur des modèles et des scénarios du climat et de la biodiversité, afin d'échanger leurs expériences de travail et d'explorer les contributions que

chaque champ d'étude peut apporter à l'autre. Les chercheurs ont notamment remarqué que les scénarios permettent de faire dialoguer plusieurs disciplines différentes (par exemple, écologie et économie). Le besoin de cohérence entre les modèles sur le climat et ceux sur la biodiversité a été souligné, pour renforcer la crédibilité des résultats, mais également pour faciliter l'intégration de paramètres climatiques dans les modèles de biodiversité et réciproquement. Cette intégration permet d'envisager les rétroactions biodiversité-climat, qui sont absolument à prendre en compte lors de l'élaboration des politiques, mais qui sont encore peu comprises. Les experts ont souligné que les scénarios sont des représentations simplifiées du monde comportant des incertitudes, malgré les progrès constants en la matière au cours des dernières décennies. La communication des résultats de modélisation doit être claire à ce sujet, car les résultats suscitent des débats passionnés au sein de la société.



Scénarios et modèles : définitions

Les scénarios sont des représentations de futurs possibles pour un ou plusieurs éléments d'un système, en l'occurrence, les déterminants du changement de la biodiversité et des services écosystémiques, y compris les options alternatives de politique ou de gestion.

Les modèles sont des descriptions qualitatives ou quantitatives des éléments principaux d'un système et de la relation entre ces éléments, soit : les relations entre les déterminants du changement directs et indirects, les relations entre les déterminants du changement directs et la biodiversité et les relations entre la biodiversité et les services écosystémiques.

D'après IPBES (2016) Summary for policymakers of the assessment report of the methodological assessment of scenarios and models of biodiversity and ecosystem services by the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Ferrier, K. N. Ninan, P. Leadley, R. Alkemade, L. Acosta-Michlik, H.R. Akçakaya, L. Brotons, W. Cheung, V. Christensen, K. H. Harhash, J. Kabulo-Mariara, C. Lundquist, M. Obersteiner, H. Pereira, G. Peterson, R. Pichs-Madruga, N. H. Ravindranath, C. Rondinini, B. Wintle (eds.).

Ouverture par Thierry Mandon, Secrétaire d'Etat chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

En introduction, Thierry Mandon, secrétaire d'Etat à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, a souligné l'intérêt porté à cette manifestation qui répond à sa **volonté d'ouverture du ministère aux échanges entre scientifiques sur la science, mais également entre les scientifiques et les acteurs de la société civile**. Le secrétaire d'Etat a rappelé l'importance, pour les décideurs, de disposer sur des questions complexes d'analyses robustes, factuelles et intégratives, répondant aux exigences de la démarche scientifique, telles que celles du GIEC et bientôt de l'IPBES, pour fonder la décision publique. Il entend les promouvoir dans la conduite des politiques nationales pour accompagner le changement, et notamment celui qu'imposent à notre société l'évolution climatique et l'érosion de la biodiversité.

Thierry Mandon s'est félicité de la **mobilisation des nombreux scientifiques français qui permet le développement d'une recherche interdisciplinaire de très grande qualité** et contribue directement au rayonnement de notre pays. L'action de ces scientifiques au sein des plateformes d'expertise traduit la qualité et la structuration de notre recherche, tant sur le climat que sur la biodiversité. Elle récompense l'investissement consenti par le ministère chargé de la recherche sur ces thématiques, et notamment le soutien à l'IPBES depuis la conférence sur la biodiversité qui s'est tenue à Paris en janvier 2005. **Cet investissement doit se poursuivre et ces questions sociétales majeures sont largement prises en compte par la stratégie nationale de la recherche (S.N.R)** remise officiellement au Premier ministre le 23 octobre 2015. Ce document définit les priorités de la recherche française pour les cinq prochaines années. Référence pour les acteurs de la recherche, il soutiendra les communautés scientifiques engagées dans les défis majeurs que doit relever notre société.

Modélisation du climat et scénarios climatiques : évolutions depuis l'AR4

par Jean-Louis Dufresne (CNRS)

Jean-Louis Dufresne a souligné **l'importante amélioration des modèles climatiques depuis les premiers travaux du GIEC**, et leur évolution vers davantage de couplage, pour intégrer l'ensemble des phénomènes impliqués dans la dynamique du climat (modèles du « système terre »). Les modèles ont beaucoup gagné en cohérence et intègrent davantage de variables, ce qui permet de poser de nouvelles questions. Jean-Louis Dufresne a décrit certains **résultats majeurs issus des modèles et scénarios climatiques** :

- Au moins 80% du réchauffement climatique est dû au CO₂, le reste étant dû essentiellement au méthane. Dans tous les scénarios, le CO₂ augmente, mais les autres gaz peuvent diminuer fortement.
- La concentration des aérosols (régulés pour des raisons liées à la santé humaine), qui jouent un rôle refroidissant, a tendance à diminuer, ce qui contribue aussi au réchauffement.
- La stabilisation des concentrations ne suffira pas à stabiliser la température, du fait d'inerties importantes dans le système : pour cela il faut une légère baisse des concentrations et donc une forte réduction des émissions de gaz à effet de serre.
- Dans les simulations, la température augmente partout, mais les changements des précipitations varient géographiquement, avec des niveaux de confiance différents selon les régions (concordance plus ou moins forte entre les modèles).
- La plupart des scénarios s'arrêtent en 2100, mais certaines projections jusqu'en 2300 ont mis en évidence des effets très importants sur le long terme, notamment pour les océans et niveau de la mer.



Une très bonne articulation existe entre la communauté scientifique du climat et les travaux du GIEC. Celle-ci s'organise sous l'égide du programme mondial de recherche sur le climat pour conduire à intervalles des exercices coordonnés par lesquels les modèles climatiques développés à travers le monde sont soumis au même exercice, afin de comparer leurs résultats et d'évaluer leur fiabilité. Les modèles n'en restent pas moins des représentations simplifiées, qui comportent de nombreux défauts et biais. Ils ne peuvent être considérés comme révélateurs d'un futur certain. Par exemple, **les moyens scientifiques actuels ne permettent pas de bien simuler la variabilité naturelle du climat, dont les effets sont d'autant plus importants qu'on s'intéresse à des phénomènes locaux. Cela représente un défi méthodologique majeur sur la voie de la modélisation des climats régionaux et locaux (très attendue par la communauté de la biodiversité).** Des difficultés demeurent aussi pour intégrer des observations in situ dans les modèles, mais certains groupes commencent à confronter les modèles à des données d'observation (satellitaires par exemple) avec un regard critique très utile. Pour prendre en compte les éléments d'incertitude des modèles climatiques, Jean-Louis Dufresne recommande aux écologues qui modélisent les impacts du changement climatique sur la biodiversité d'éviter d'utiliser la moyenne des modèles, mais de tester plusieurs modèles pour leurs simulations.

Les avancées de l'évaluation « scénarios et modèles pour l'aide à la décision » de l'IPBES : les liens avec les modèles climatiques

par Olivier Maury (IRD, IPBES) ; Philippe Cury (IRD, IPBES) et Paul Leadley (Université Paris-Sud, membre du GEM IPBES)

Le groupe d'experts de l'IPBES finalise son rapport d'évaluation méthodologique sur l'utilisation des modèles et des scénarios de la biodiversité et des services écosystémiques pour l'aide à la décision, qui informera également les évaluations régionales et globales¹. Quatre recommandations principales ont été formulées par les intervenants. Premièrement, il est important de **mobiliser une large gamme de modèles et de scénarios** pour pouvoir comparer et comprendre les différences de résultats. Le groupe d'experts s'est intéressé non seulement aux scénarios exploratoires (projections), mais aussi aux scénarios normatifs, qui décrivent les trajectoires possibles vers un objectif fixé. Parmi les scénarios exploratoires, ceux qui s'intéressent aux effets sur la biodiversité d'une mesure ou d'une intervention

donnée sont particulièrement utiles pour l'aide à la décision. Deuxièmement, **développer des modèles couplés est un enjeu majeur pour mieux évaluer les rétroactions croisées entre le climat et la biodiversité.** Pour les scénarios globaux, l'utilisation des scénarios socio-économiques « SSP » est un élément clé pour favoriser le rapprochement entre les travaux des communautés du climat et de la biodiversité. Un exemple de scénarisation des interactions climat-biodiversité-services écosystémiques dans les écosystèmes océaniques a été présenté par Olivier Maury. Troisièmement, à la différence du GIEC, l'IPBES doit s'intéresser à des **scénarios à des échelles multiples, notamment régionales et sous-régionales**, ce qui nécessite une focalisation forte sur les méthodes de changement d'échelle. Enfin, corollaire de cette question d'échelle, il est essentiel **d'intégrer les décideurs et les parties prenantes lors de l'élaboration des scénarios**, afin qu'ils identifient les objectifs et les risques qui sont à prendre en compte. Une telle démarche participative a été adoptée dans l'exemple présenté par Philippe Cury sur la conception de scénarios sur la gestion des pêcheries d'Afrique australe avec une approche écosystémique.

Scénarios du changement climatique, de la biodiversité et de l'agriculture. Comment raisonner les interactions ?

par Jean-François Soussana (INRA)

Le changement d'utilisation des terres est un point commun aux modèles agronomiques et ceux de biodiversité : la conversion en terres agricoles est accélérée du fait de la dégradation des terres, ce qui en fait une des causes principales de la perte de la biodiversité. On a par ailleurs pu constater que les systèmes agricoles riches en biodiversité ont été plus résilients face aux événements extrêmes, les systèmes d'exploitation en terrasse ayant ainsi mieux résisté que ceux en champs ouverts lors du passage de l'ouragan Mitch. Il serait bénéfique d'intégrer des modélisations agronomiques aux scénarios visant des objectifs pour la biodiversité. Il ne faut pas négliger la prise en compte de la santé végétale et animale. Il faut également prendre en compte les interactions socio-économiques dans les modèles, notamment les marchés qui évoluent en fonction de la demande alimentaire et ont des effets en retour sur l'utilisation des terres. Tout ceci génère des niveaux élevés d'incertitude. Un des meilleurs exemples de modèle d'évaluation intégré est le modèle GLOBIOM développé par IIASA, mais il a des lacunes en matière de biodiversité. Ce modèle montre par exemple que le développement des bioénergies dans le cadre d'une atténuation rapide des émissions de CO₂ a un impact

¹ Le résumé pour décideurs de l'évaluation IPBES des scénarios et modèles de la biodiversité a été approuvé par la Plénière de l'IPBES lors de sa 4^e session en février 2016. [Voir le résumé](#) (version anglaise)



important sur le prix des denrées et donc sur la sécurité alimentaire. Une stratégie d'atténuation reposant sur la restauration des pâturages pour augmenter les stocks de carbone a apparemment un effet moindre sur les prix. Une des pistes pour l'avenir serait de promouvoir une modélisation orientée sur des objectifs, par exemple : comment faire face à une année avec -10% de production alimentaire mondiale ou comment atteindre de fortes réductions d'émissions de gaz à effets de serre ?

Mesures et modélisation de la captation du carbone : rétroactions de la biodiversité sur le climat

par Jérôme Chave (CNRS)

Le *Global Carbon Project* étudie le cycle du carbone et les services de stockage de carbone rendus par les forêts. Des enjeux socio-économiques très importants sont apparus vis-à-vis de l'occupation des terres en raison du développement de la bioénergie et des conflits d'usages qui peuvent émerger dans ce contexte entre acteurs socio-économiques et acteurs de la conservation. Les forêts tropicales sont celles qui stockent le plus de biomasse, mais ce sont celles pour lesquelles nous avons le moins de mesures sur le terrain, du fait d'un déficit important de suivis de long terme. Des données cartographiques pour le stockage du carbone sont disponibles à une échelle globale (voir Saatchi par exemple) mais elles contiennent de telles incertitudes qu'il est difficile de les utiliser dans des modèles. L'objectif est de développer des modèles pour passer de la mesure biométrique des arbres coupés à une mesure de la biomasse pour une parcelle donnée. Ces estimations sont complétées par la télédétection, qui permet de passer de l'échelle de la parcelle à l'échelle globale et dont les progrès actuels et attendus dans les prochaines années vont permettre d'obtenir des données toujours plus précises. Les modèles pour coupler les données de télédétection avec les modèles de surface sont très complexes, mais l'enjeu en vaut la peine car la télédétection permet de créer des modèles beaucoup plus fins et robustes pour les écosystèmes forestiers. Les modèles de biomasse forestière permettent de faire le lien entre climat et biodiversité, étant tous deux impactés par la déforestation et la dégradation des forêts. Une nouvelle génération de modèles qui intègrent mieux l'écologie est en cours de développement avec des paramétrages de plus en plus fins. Ils pourront permettre de mieux prendre en compte la dynamique des communautés, mais aussi de discriminer l'effet du climat sur les pertes de biodiversité, en prenant en compte la variabilité naturelle de ces systèmes.

Evaluation de la biodiversité et des services écosystémiques pour les politiques dans le contexte du changement climatique

par Unai Pascual (Basque Centre for Climate Change, membre du GEM IPBES)

L'IPBES travaille sur la valeur pratique de la biodiversité, c'est-à-dire l'évolution de la contribution de la nature au bien-être humain. Ces valeurs ont une signification différente selon les acteurs et les régions du monde. Les économistes environnementaux cherchent à dépasser une vision utilitariste de la nature, afin que les décisions politiques soient plus favorables à la conservation de la biodiversité. Dans un contexte politique où la croissance économique prévaut, la monétarisation de la nature peut permettre de sensibiliser sur ces questions. L'évaluation économique répond ainsi à trois objectifs principaux : identifier les compromis entre différents enjeux, mieux communiquer et développer des outils de politique publique pour une utilisation optimale des ressources. On a pu le constater lors de l'évaluation nationale des écosystèmes au Royaume-Uni (l'évaluation française, EFESE, est en cours). La biodiversité n'avait jusqu'alors jamais été évaluée par des économistes environnementaux à cette échelle. On peut prendre l'exemple d'espèces d'oiseaux charismatiques, auxquelles les populations sont très attachées. Au lieu d'en déterminer la valeur monétaire, les économistes ont utilisé un objectif politique de conservation de ces oiseaux en tant que contrainte dans leurs modèles économiques, qui ont alors donné des résultats très proches de ceux maximisant toutes les valeurs monétaires. Le coût d'opportunité d'introduire une contrainte de préservation de la biodiversité n'est pas nécessairement coûteux dans le scénario de préservation de la nature. Les résultats **soulignent également l'importance de politiques adaptées aux contextes locaux**, ce qui sous-entend de pouvoir décliner à des **échelles spatiales pertinentes** les scénarios de biodiversité prenant en compte des trajectoires socio-économiques pouvant être différentes selon la localisation.



Prospective scientifique FRB : « Réponses et adaptation aux changements globaux »

par Ophélie Ronce (CNRS, ISEM)

La FRB a lancé un groupe de travail sur l'adaptation aux changements globaux en 2011. Il se proposait de dresser un état des lieux des connaissances sur les capacités de réponse d'adaptation des composantes de la biodiversité et des sociétés aux changements globaux, d'identifier les verrous pour une meilleure compréhension des processus en jeu et les enjeux futurs pour la recherche, par une approche multidisciplinaire. Le problème des scénarios utilisés pour évaluer les réponses de la biodiversité aux changements climatiques est que les modèles sont construits selon une relation fixe entre la biodiversité et les points de forçage (par exemple, la variation de température). Or, la réponse des espèces aux changements est flexible, du fait de leur diversité intra et interspécifique. En s'appuyant sur des exemples issus de la recherche, la prospective s'est donc penchée sur ces différentes flexibilités, que sont la plasticité phénotypique, l'évolution génétique, les migrations, le réarrangement des communautés et la dynamique des stratégies, savoirs et pratiques.

Présentation des projets Belmont Forum en cours sur les scénarios

La journée s'est achevée sur la présentation de projets qui contribuent à l'amélioration de scénarios, financés dans le cadre du « Belmont Forum Call on Scenarios of Biodiversity and Ecosystem Services ». Le projet [ScenNet](#) vise à renforcer la communauté scientifique mondiale travaillant sur des scénarios, en créant un réseau capable de se mobiliser très rapidement. Il œuvre également à une meilleure intégration des scénarios dans les politiques, notamment en améliorant la communication autour des scénarios. Le réseau [SEAVIEW](#) vise à renforcer les interactions entre différents scientifiques spécialisés sur la biodiversité marine, des biologistes aux économistes, en animant un site web, en organisant des conférences, en publiant des articles sur l'interdisciplinarité scientifique et en soumettant des propositions de recherche sur ces thèmes. Le projet [IHDBS](#) porte sur les impacts des activités humaines sur la biodiversité dans les savanes. Par rapport aux autres modélisations d'écosystèmes terrestres, les modélisations sur les savanes doivent prendre en compte deux éléments supplémentaires que sont les régimes de feu et la prédominance des herbivores.

Conclusion

Les interventions de chercheurs issus de disciplines variées ont révélé que la modélisation était un exercice essentiel pour faire communiquer entre elles des sciences aussi différentes que l'écologie, l'économie, et d'autres sciences sociales. Les scénarios et modèles climatiques ont gagné en complexité et en précision au fil du temps, et les progrès technologiques tels que la télédétection vont permettre de grandes avancées au cours des prochaines années. Les scénarios du futur de la biodiversité développés dans le cadre de l'IPBES peuvent s'appuyer en partie sur l'expérience du GIEC, et la communauté scientifique travaillant tant sur les modèles du climat que ceux de la biodiversité est sensiblement la même. Cependant, les modèles de biodiversité ont besoin d'intégrer des variables encore plus nombreuses, la biodiversité pouvant se mesurer par la répartition des espèces, l'abondance de groupes d'espèces ou encore la distribution de traits au sein d'une même espèce. Les modèles de biodiversité vont aussi devoir être adaptés à des échelles différentes. Les présentations faites au cours de la journée ont souligné l'importance de coupler les modèles climatiques et ceux de biodiversité, afin de pouvoir envisager les rétroactions et d'assurer une cohérence dans la recherche et les résultats générés. C'est pour cela aussi que les démarches de modélisation et les scénarios du climat et de la biodiversité doivent prendre en compte les trajectoires socio-économiques partagées (SSP) en cours de développement en amont des travaux du GIEC. L'incertitude des modèles est à garder à l'esprit et doit être indiquée de manière rigoureuse afin d'éviter que les résultats soient déformés dans le débat public. Le GIEC caractérise systématiquement son niveau de certitude par une évaluation de degré de consensus et de confiance. L'IPBES envisage de fonctionner de la même manière.

Liste des acronymes

CNRS : Centre national de la recherche scientifique
FRB : Fondation pour la recherche sur la biodiversité
GEM : (IPBES) Groupe d'experts multidisciplinaire
GES : Gaz à effet de serre
GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IIASA : International Institute for Applied System Analysis
INRA : Institut national de la recherche agronomique
IPBES : Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques
IRD : Institut de recherche pour le développement
ISEM : Institut des sciences de l'évolution de Montpellier
PSE : Paiement pour services écosystémiques
RCP : Representative concentration pathway
SSP : Shared socio-economic pathway