

Rapport de Prospective

Conseil Scientifique de l'Institut Ecologie et Environnement

Comité National de la Recherche Scientifique

Centre National de la Recherche Scientifique

Novembre 2018

Membres du conseil scientifique de l'Institut Ecologie et Environnement du CNRS, mandature 2015-2018 :

- M. Luc ABBADIE, Membre du bureau
- Mme Ilhem BENTALEB, secrétaire scientifique 2015
- Mme Helene BUDZINSKI
- M. Pierre CAPY
- M. Wolfgang CRAMER
- M. Christophe DOUADY
- Mme Sylvie DUFOUR
- Mme Catherine FERNANDEZ
- Mme Sophie GACHET, secrétaire scientifique 2016-2017
- M. Didier GALOP, membre du bureau
- Mme Katell GUIZIEN
- M. Franck GUY
- M. Jean Nicolas HAAS
- M. Thierry HEULIN
- M. Philippe JARNE
- M. Alain QUEFFELEC
- Mme Sylvie REBUFFAT
- M. Jose Miguel SANCHEZ-PEREZ, président
- Mme Sabine SAUVAGE, secrétaire scientifique 2017-2018
- M. Marc-André SELOSSE
- Mme Patricia SOURROUILLE
- M. Christophe THEBAULT
- Mme Anne TRESSET
- Mme Frédérique VIARD LEVEQUE
- M. Yann VOITURON

Avant-propos

Les changements planétaires affectent toutes les composantes de la biosphère à toutes les échelles spatiales et constituent un des défis les plus importants auxquels sont confrontées les sociétés humaines. La croissance de la population humaine amène une augmentation rapide de l'utilisation des terres et des ressources, affectant fortement la biodiversité et les cycles climatiques / biogéochimiques, ce qui conduit en retour à une forte dégradation des services écosystémiques et donc du fonctionnement des sociétés humaines.

La reconnaissance de ces urgences est à la base d'initiatives internationales depuis une trentaine d'années (par ex., le lancement de l'IPBES - Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services en 2012, le lancement du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en 1988). Si une partie des solutions est de nature politique, elles doivent cependant être basées sur des connaissances scientifiques, en particulier celles issues des sciences de la biodiversité et de l'environnement (évolution, écologie, paléontologie, anthropologie, archéologie). Cela suppose des recherches fondamentales visant à comprendre la structure et la dynamique de la biodiversité dans un contexte de changements à diverses échelles spatiales et temporelles. Il est aussi nécessaire de construire des scénarios et des prédictions, en particulier pour informer les citoyens et les décideurs. Si les mécanismes et scénarios climatiques ont été largement explorés (voir les rapports du GIEC), la construction de scénarios sur la biodiversité et les fonctions écosystémiques reste un défi en raison d'une très forte complexité inhérente à ce système.

Enfin, proposer des scénarios ou des solutions réalistes pour éviter ou réduire les effets des changements planétaires suppose une bonne capacité à transférer ces résultats de la recherche vers la société civile. Cela requiert à la fois de former les chercheurs et les gestionnaires de la biodiversité, mais aussi de mettre en place de nouvelles activités de transfert. Répondre à ces attentes suppose des développements sur de nombreux fronts pour les sciences en écologie et environnement et une vraie prise en compte de l'homme comme faisant partie intégrante de la biodiversité : l'humain est un élément de la biodiversité et est en constante interaction avec les autres êtres vivants. Cela suppose aussi des approches interdisciplinaires et intégratives, basées sur l'expérimentation, l'observation (en particulier, à long terme), la modélisation et la synthèse de données, sur une large gamme d'espèces et d'écosystèmes, afin de développer une écologie (*sensu lato*) prédictive.

SOMMAIRE

1. Les grands défis en écologie et environnement pour les années à venir

Biodiversité et santé

Biodiversité et écosystèmes aquatiques

Ressources et transition vers une agro/aqua-écologie durable

La biodiversité des sols

La vie dans des conditions extrêmes

Les socio-écosystèmes en transition vers un développement durable

2. Comment répondre aux grands défis ?

Les grands outils

Le traitement de l'information scientifique et technique

De la recherche à l'action

3. Les grands messages scientifique et politique

Le financement de la recherche

L'emploi scientifique

Valorisation et innovation

 La valorisation de la recherche dans les politiques publiques

 L'innovation

La formation par la recherche

Conclusion

1. Les grands défis en écologie et environnement pour les années à venir

Dans le contexte d'un changement global marqué par une intensification rapide du dérèglement climatique et des empreintes anthropiques, les grands défis concerneront tout autant la biodiversité (évolution, interaction, rétroaction) dans ses différentes composantes (du gène à l'écosystème) que la dynamique des socio-écosystèmes et leurs possibilités de résilience, ainsi que le développement de concepts et/ou de pistes pour la limitation des impacts anthropiques.

Biodiversité et santé

Les interactions entre l'homme et les autres composantes des écosystèmes sont déterminantes dans l'émergence et l'évolution d'agents pathogènes. Comprendre l'émergence et la réémergence de maladies chroniques et infectieuses d'une part, et créer des stratégies de contrôle innovantes d'autre part, suppose des approches transdisciplinaires dans les domaines de l'écologie et des sciences de l'évolution – une approche « One Health ». Cela suppose aussi de supprimer les obstacles tels que ceux qui séparent ces domaines de la médecine humaine et vétérinaire. En outre, cette approche doit dépasser les domaines des sciences de la nature pour intégrer des questions de droit et d'éthique, mais aussi de politique et d'économie. Cette approche globale fournira un cadre pour des initiatives opérationnelles visant à obtenir un équilibre entre développement humain et santé des écosystèmes.

Biodiversité et écosystèmes aquatiques

L'océan et les zones côtières sont particulièrement illustratifs des multiples pressions (acidifications, pollutions, invasions etc.), longtemps considérées plus indirectes ou diffuses qu'à terre, pesant sur les écosystèmes aquatiques. Ces écosystèmes comprennent par ailleurs des socio-écosystèmes complexes et très fortement anthropisés en milieu littoral et continental. Face aux défis relatifs à la compréhension et à la gestion des risques pesant sur les océans comme sur les ressources en eau, il est nécessaire de mieux comprendre le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes aquatiques dans toute leur diversité et interconnexions : écosystèmes marins, écosystèmes de transition comme les estuaires, écosystèmes d'eaux continentales, notamment les systèmes "discrets" comme les mares, marais, les eaux souterraines, les cours d'eau intermittents. De même, les services écosystémiques associés devront être mieux formalisés et évalués.

Ressources et transition vers une agro/aqua-écologie durable

La population humaine devrait atteindre les 10 milliards d'individus d'ici quelques décennies, ce qui implique, dans le mode de fonctionnement actuel, une production agricole et aquacole accrue. Si des solutions sont largement politiques (par ex., partage des ressources, consommation moindre), la recherche en écologie peut apporter des solutions pour tendre vers une agro-écologie et la durabilité des écosystèmes. Il s'agit notamment de concevoir des systèmes de cultures à bas intrants et s'appuyant sur / favorisant la biodiversité (incluant les interactions entre espèces), en s'inspirant notamment des organisations et mécanismes mis en œuvre dans les écosystèmes naturels. En d'autres termes, il s'agit de penser en termes de résilience, de durabilité et d'efficacité de l'usage des ressources, de façon à réduire les prélèvements sur l'environnement et la biodiversité à un niveau compatible avec les processus naturels.

La biodiversité des sols

La biodiversité des sols englobe celle des organismes eucaryotes (plantes, macrofaune, champignons, micro-eucaryotes) et celle des procaryotes qui leurs sont plus ou moins associés. Ces organismes sont des acteurs majeurs des grands cycles biogéochimiques, en particulier ceux du carbone et de l'azote. L'étude de la biodiversité des sols, en particulier celle des micro-organismes, bénéficie des progrès de séquençage à haut-débit pour espérer décrire leur diversité au niveau des espèces (ce qui n'est pas encore le cas pour les microorganismes) et au niveau fonctionnel. Les techniques de metagénomique et de barcoding permettent d'envisager également des progrès rapides de notre connaissance de la faune, flore et des microorganismes du sol. Par ailleurs, le lien entre la biodiversité, le fonctionnement et la dynamique des sols est une question qui demeure insuffisamment travaillée. Des avancées rapides dans ce domaine sont requises dans le contexte d'une demande croissante de restauration des sols dégradés et d'utilisation des sols comme puits de carbone comme cela est préconisé par les accords de Paris.

La vie dans des conditions extrêmes

Les milieux dits « extrêmes » tels les déserts chauds et froids, les grands fonds océaniques, la haute altitude ... forment des laboratoires naturels de l'évolution biologique où les facteurs environnementaux (e.g. température, pH, pression, salinité, . . .) conditionnent fortement la croissance, la survie et la reproduction des organismes. Ces milieux, par ailleurs, ont été souvent colonisés de façon répétée par des organismes différents fournissant ainsi des répliques d'un même processus d'évolution sélectionnant des capacités physiologiques uniques. Les espèces extrémophiles constituent donc une source potentielle d'innovation biologique et de bio-inspiration (e.g. nouvelles molécules, stratégies adaptatives, vie sur les exo-planètes, passage d'un milieu aquatique à un milieu aérien,...). Une des difficultés reste cependant de développer des approches et équipements permettant de les étudier dans leurs conditions physiologiques naturelles.

Les socio-écosystèmes en transition vers un développement durable

Un enjeu majeur est d'aller vers des sociétés durables, capables de limiter leurs impacts négatifs sur la biodiversité et l'environnement (e.g. érosion, pollutions, réchauffement climatique...) et de préserver/restaurer les services écosystémiques – en écho aux objectifs de développement durable définis par l'ONU. Ceci implique une évolution des systèmes économiques privilégiant par exemple l'économie circulaire qui limite ou valorise les déchets, la réduction des besoins énergétiques et le développement de nouvelles énergies durables. Cela nécessite d'accorder plus d'importance à l'environnement et à la conservation de la biodiversité en intégrant la diversité bioculturelle par des politiques vigoureuses, s'appuyant sur la recherche dans un cadre de construction avec les différentes parties prenantes.

2. Comment répondre aux grands défis ?

Une vision intégrative et dynamique des systèmes écologiques et socio-écologiques est nécessaire pour faire face aux défis du changement climatique et de l'effondrement de la biodiversité, condition nécessaire à la transition écologique, économique et sociale.

Une politique scientifique propre à faire de la recherche scientifique publique une composante clé des stratégies de transition vers un développement durable devra comporter trois axes essentiels :

- (i) accélérer la recherche observationnelle, expérimentale et modélisatrice sur les systèmes écologiques et socio-écologiques complexes ;
- (ii) améliorer la continuité entre la recherche, l'action et l'innovation ;
- (iii) garantir les conditions nécessaires au travail inter/transdisciplinaire, aux collaborations internationales mais aussi à l'indépendance et à la créativité scientifique.

Pour accompagner ces axes et créer les innovations opérationnelles nécessaires à la réconciliation entre l'humanité et la biosphère, il conviendra (i) d'apporter des innovations conceptuelles et théoriques relatives aux systèmes complexes et (ii) d'optimiser les capacités observationnelles, expérimentales et de modélisation.

Les grands outils

La variété des outils d'observation et d'expérimentation dont dispose l'InEE (e.g. Zones Ateliers, Observatoires Hommes-Milieus, écotrons, Sites d'Etude en Ecologie Globale,...) et leur dimension multiscalaire sont nécessaires pour aborder les questions fondamentales à différentes échelles d'analyse (du local au global). Certains de ses dispositifs comme les Zones Ateliers et les Observatoires Hommes-Milieus sont des terrains favorables à l'implication des acteurs du territoire sur des enjeux de société. Ces types de dispositif fédèrent de nombreuses compétences interdisciplinaires et permettent d'appuyer les politiques publiques territoriales.

La modélisation comme outil d'intégration des connaissances, de scénarisation et de développement théorique, s'avère être un outil pertinent dans le domaine des sciences de l'environnement. Ceci a été mis en évidence lors des dernières prospectives de l'InEE et de la prospective Surface et Interfaces Continentales (SIC).

Ces outils doivent être pérennisés et développés, à l'échelle nationale et internationale.

Le traitement de l'information scientifique et technique

L'information scientifique est au cœur de la communication scientifique, c'est-à-dire au cœur de l'échange et du partage des savoirs. L'environnement numérique croissant devrait permettre un meilleur accès et traitement de cette information. Quatre niveaux de transfert de l'information scientifique et technique nous paraissent importants via des échanges: (i) entre scientifiques d'un même domaine, (ii) entre scientifiques de domaines différents, (iii) en direction des acteurs des politiques publiques, et (iv) vers le grand public.

Les deux premiers niveaux de transfert nécessitent un partage de l'information de manière brute alors que pour les niveaux trois et quatre il est nécessaire de traduire l'information scientifique et technique pour le monde socio-économique et le grand public.

Les questions que nous devons aborder sont (i) comment « traduire, digérer » toutes ces informations scientifiques et techniques pour qu'elles soient utilisables et opérationnelles dans l'action concrète sur le terrain ? (ii) Quelle est la place de nos structures dans le processus de passage entre la connaissance à l'action ? (iii) Comment travailler et mieux interagir avec les acteurs sociaux et politiques ? Le maillon entre recherche et action doit se faire par une communication et un traitement de l'information en adéquation avec les enjeux sociétaux et environnementaux et non pas uniquement de manière unilatérale.

De la recherche à l'action

L'action dans le domaine de l'environnement, c'est-à-dire l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation de réponses, voire de solutions aux défis que représentent les changements environnementaux, requiert une vision pluridimensionnelle des processus et des acteurs impliqués. Pour cela, un nouveau terme a été proposé : la transition environnementale. Cette transition passe en amont par un dialogue approfondi avec les instances locales, nationales et internationales concernées, notamment en ce qui concerne les conventions sur le climat et la biodiversité afin de mieux valoriser socialement les recherches menées (au CNRS et au-delà), d'influencer la programmation de la recherche soutenue par ces instances et de faire en sorte que la connaissance scientifique soit réellement prise en compte par les décideurs. L'InEE a déjà engagé de nombreuses actions internationales en ce sens, mais cet institut devrait être soutenu plus vigoureusement afin d'accroître son impact dans d'autres sphères politiques et socio-économiques. Ses laboratoires détiennent en effet une expertise considérable, parfois exclusive, dans de très nombreux domaines de la transition écologique de la société, mais aussi en termes de démarches, par leur capacité à analyser et à modéliser la complexité des systèmes socio-écologiques. Agir sur l'environnement revient en effet à agir sur des systèmes complexes. L'absence de prise en compte de cette complexité peut conduire à la mise en œuvre de fausses bonnes idées qui engendrent des effets collatéraux indésirables pouvant déclencher de nouveaux problèmes environnementaux.

L'InEE étant dépositaire des compétences du CNRS sur la dynamique des systèmes écologiques et socio-écologiques, il dispose des ressources intellectuelles nécessaires pour se positionner en tant que pourvoyeur majeur de scénarios et d'outils pour la transition écologique. Il peut jouer un rôle de premier plan dans la scénarisation des systèmes écologiques et socio-écologiques dans le contexte du changement climatique, de la crise de la biodiversité et de la raréfaction des ressources, ainsi que dans l'identification et la quantification des processus de rétroaction du vivant sur son environnement et le climat. Il peut contribuer à la mise au point de stratégies d'adaptation des zones urbaines au changement climatique et de leur transition vers des villes à bas carbone, et jouer le rôle de référent national et international dans l'identification des politiques pertinentes de reconquête de la biodiversité en milieu continental et océanique. L'InEE est enfin l'institut du CNRS qui peut se positionner en tant que leader et coordinateur au niveau national pour, d'une part, l'évaluation des potentiels et des risques des solutions basées sur la nature dans le cadre du déploiement de l'ingénierie écologique, de la géo-ingénierie et de la compensation écologique et, d'autre part, dans l'utilisation des écosystèmes et des sols en tant qu'outils de séquestration durable du carbone tel qu'elle est envisagée dans l'accord de Paris.

3. Les grands messages de politique scientifique

Le financement de la recherche

Le financement de la recherche a largement changé, incluant une diminution des crédits récurrents, une diversification des sources de crédits, le recours quasi-systématique à des appels à projets compétitifs, et une allocation de temps excessive à la gestion et la soumission de projets. Ceci a un impact direct sur l'efficacité et la créativité dans la recherche. Il en résulte aussi une forte variance des moyens disponibles, entre chercheurs et entre thématiques, sans que cette variance soit vraiment liée à la qualité et l'intérêt des recherches menées. Par ailleurs, ce fonctionnement ainsi que le faible taux de succès pour un grand nombre de projets entraîne une perte de temps et un découragement et amène une fraction des chercheurs à ne plus répondre aux appels à projets. La situation est particulièrement préoccupante pour les jeunes chercheurs recrutés au CNRS qui, pour la plupart, ne disposent pas des moyens nécessaires pour mener le programme de recherche pour lequel ils ont été recrutés.

Le financement des recherches en écologie n'est pas à la hauteur des enjeux. Il est nécessaire d'atteindre un niveau de financement, en particulier sous forme récurrente pour les unités de recherche et les outils collectifs, qui permettent de mener à bien les politiques scientifiques en appui notamment aux grands défis. De façon générale, le taux de succès aux appels à projets doit aller vers des valeurs plus élevées (environ 30-40%). Les financements à des niveaux « moyens » (10 à 50 K€ / an) sont très productifs scientifiquement et sont fortement appréciés par les chercheurs, en particulier lorsqu'ils permettent de mener des recherches exploratoires, et les actions en ce sens (e.g. PEPS) doivent être amplifiées. Il serait aussi judicieux que les appels à projets diminuent en nombre et soient remplacés par des actions collectives entre bailleurs, selon des calendriers stables pour éviter une veille permanente des chercheurs et équipes. Une meilleure coordination entre les tutelles au niveau des sites en rassemblant les efforts financiers et les moyens affectés dans des appels structurants et ciblés coordonnés (du type de l'Action structurante EC2CO, comme exemple de financement multi-institutions) apparaît indispensable. Les processus d'évaluation doivent être transparents et des commentaires explicatifs doivent être fournis aux porteurs de projet en cas de refus. Il paraît aussi important d'évaluer les coûts marginaux liés à la gestion de projets (suivi administratif, pression psychologique ...).

Les trois sections du comité national de la recherche scientifique relevant de l'InEE (29, 30 et 31) ont établi un bilan des moyens financiers dont disposent les chercheurs dans leurs sections. Une conclusion unanime est de fournir aux nouveaux entrants un niveau minimum de financement pendant 4 ans de façon à pouvoir développer le projet pour lequel ils ont été recrutés, et se positionner ensuite sur des demandes de financement plus ambitieuses. Ils doivent aussi être encouragés à utiliser les grands outils (e.g. OHM, ZA).

L'emploi scientifique

La technicité des métiers de l'écologie et des métiers de l'environnement implique un investissement fort des agents dans les méthodes, les techniques, la maîtrise et le développement de celles-ci. En tant que science fondamentalement interdisciplinaire, l'écologie requiert des connaissances et des compétences très diversifiées. Afin de répondre à ce besoin, il est nécessaire de parvenir à améliorer le ratio IT/Chercheurs des unités de l'InEE

afin de rendre aux chercheurs leur temps de recherche et de redonner aux personnels d'appui à la recherche toute leur place dans le maillage complexe qui crée une chaîne de travail efficace.

Dans le cadre du rétablissement d'un équilibre plus fonctionnel entre ingénieurs, techniciens et chercheurs, il est nécessaire de se poser la question de la pérennité des besoins et des recrutements. Si la recherche sur projet est désormais la norme, le recrutement en contrats courts de personnels hautement qualifiés, formés à des techniques de pointe et disposant de compétences rares ne peut pas être le fondement du fonctionnement des unités de recherche. Il est impensable que la recherche dans les sciences environnementales ne puisse se baser sur un socle pérenne d'agents qualifiés. Ces personnels existent, ils sont le fruit d'un investissement important en formation initiale et continue de la part de l'état français et des organismes de recherche et ils ont une place primordiale dans le bon fonctionnement de tout projet de recherche. La recherche à l'InEE doit pouvoir s'appuyer sur des compétences fortes et pérennes, base de tout projet de recherche à long terme, ainsi le recrutement statutaire de ces personnels est une nécessité absolue.

Valorisation et innovation

La valorisation de la recherche dans les politiques publiques

L'InEE a fait beaucoup d'efforts ces dernières années pour être présent dans un certain nombre de grands événements internationaux comme les COP consacrées au climat et à la biodiversité, des conférences de l'ONU (habitat, innovation...), etc. Cette démarche a pour objectif que la connaissance scientifique soit mieux prise en compte dans l'élaboration de la décision politique au même niveau que l'économie ou les questions sociales. Elle est cruciale pour la valorisation de la recherche libre menée dans les unités du CNRS et pour sa légitimation sociale. Elle doit être poursuivie et peut être renforcée par une implication plus grande des laboratoires.

Laisser libres les actions locales et favoriser leur émergence pour en faire des sites de démonstration autour de l'écologie et l'environnement est une voie à emprunter. Pour cela il faut donner la place à la co-construction entre la formation universitaire, la recherche et l'innovation vers des actions interdisciplinaires pour le développement durable de notre société au sein de son environnement.

L'innovation

L'innovation, en tant qu'indicateur de progrès et moteur de croissance, est au cœur des logiques économiques modernes. L'innovation occupe également une place prépondérante dans nos logiques scientifiques, c'est par exemple un élément de décision important dans le cadre du pilotage de la recherche au point où, à l'heure actuelle, recherche et innovation sont rarement dissociées. La recherche n'est pas nécessairement pourvoyeuse d'innovation à court, moyen ou long terme, l'innovation en tant que telle ne faisant pas partie de ses objectifs fondamentaux. A contrario, l'innovation se nourrit très largement des avancées et des résultats produits par la recherche fondamentale. La relation d'interdépendance entre recherche et innovation n'est donc pas à l'équilibre. Pour que la recherche soit une source d'innovation, il faut permettre à la recherche fondamentale de se développer hors des contingences matérielles et économiques. Les chercheurs efficaces sont des chercheurs libres. Il faut ainsi simplifier l'organisation de la recherche : actuellement énormément de temps est consacré à

la recherche de financement, à la gestion de projets et à leur justification financière. Cette lourdeur administrative impacte l'activité de recherche à proprement parler.

La formation par la recherche

Afin de favoriser le passage de la recherche à l'action, un des leviers est la formation par la recherche. En plus des formations initiales, il est nécessaire de développer les formations vers le grand public et multiplier les formations professionnelles de type formation continue, afin que chercheurs, décideurs et simples citoyens puissent communiquer plus efficacement.

Conclusion

Le grand défi scientifique, technique, social et éthique de la transition écologique de la société est de redonner sa place au vivant, c'est-à-dire à la logique du vivant, dans le socio-écosystème planétaire, par la promotion d'une vision évolutive et systémique de la biodiversité. Cette vision est consubstantielle à l'écologie et aux sciences de l'évolution portées par l'InEE.