



MINISTÈRE
DE LA TRANSFORMATION
ET DE LA FONCTION
PUBLIQUES

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Formation des agents publics à la transition écologique

CAHIER DES CHARGES

Groupe d'appui et d'expertise scientifique pour la formation à la transition écologique des agents de la fonction publique

Membres du groupe d'appui et rédacteurs

Luc Abbadie, Xavier Arnauld de Sartre, Christophe Cassou, Annette Charles,
Franck Courchamp, Karine Gavand, Céline Guivarch, Emma Haziza,
Hélène Soubelet, Laurence Tubiana, Robert Vautard, Olivier Vidal

Le cahier des charges de la formation a été élaboré par le Groupe d'appui et d'expertise scientifique et vise à fournir une recommandation de contenu à disposition des scientifiques qui tiendront les conférences et plus généralement des formateurs impliqués dans le grand programme de formation des fonctionnaires à la transition écologique. Il comprend les trois thématiques prévues dans la formation : climat, biodiversité, ressources. Pour chaque thématique sont présentés les enjeux, les concepts clés et les freins et leviers pour l'action. La formation s'inscrit dans le cadre de la transformation historique et mondiale « visant un monde habitable pour tous, durable, et résilient au changement climatique qui va impliquer des changements fondamentaux dans le fonctionnement de la société, y compris des changements dans les valeurs sous-jacentes, les visions du monde, les idéologies, les structures sociales, les systèmes politiques et économiques, et les relations de pouvoir. »

Par enjeu il faut entendre la description des dynamiques en cours et leurs ordres de grandeur, leurs origines anthropiques et leurs conséquences pour les sociétés humaines et les dynamiques planétaires. Les concepts clés permettent de comprendre les mécanismes impliqués et d'identifier les actions de transition à mettre en œuvre sur une base objective et rigoureuse. Les freins et leviers sont les dispositifs socio-techniques existants ou envisageables pour réduire l'ampleur des crises planétaires et s'y adapter. D'une manière générale, le Groupe d'appui recommande de souligner les liens et interactions existants entre les trois enjeux, notamment du point de vue des leviers d'action et de leurs co-bénéfices. Il invite à enrichir les conférences d'aspects particuliers aux territoires.

Sur le plan pratique, il est recommandé d'évoquer les concepts clés au moment où sont traités les enjeux ou les freins et leviers identifiés pour le passage à l'action. Le contenu de chacune des trois thématiques est conçu pour être abordé en trois heures, questions et discussions comprises. Il est recommandé aux formateurs d'intervenir sur le mode le plus interactif possible, notamment en faisant alterner les périodes d'exposé avec celles des échanges avec les personnes formées.

Formation à la transition écologique des agents publics

En octobre 2022, sous l'impulsion de la Première ministre, le ministre français de la Transformation et de la Fonction publiques, **Stanislas GUERINI**, a lancé un chantier inédit de formation des agents publics à la transition écologique. **La France est le premier pays à former tous ses agents publics aux enjeux environnementaux, pour inscrire la planification écologique au cœur des politiques publiques.** La formation est un préalable à l'action et par souci d'exemplarité, ce chantier a débuté par la formation des plus hauts responsables de l'État. Elle sera déployée à l'ensemble des agents grâce à la mobilisation d'une communauté de plusieurs milliers d'agents formés pour animer des ateliers.



« Pour engager un tournant écologique radical des services publics, chaque agent doit être conscient de l'impact de son action sur le terrain. Cela préfigure ce que nous devons réaliser à l'échelle de notre société pour réussir la planification écologique et préserver l'habitabilité de notre planète »

« La transition écologique implique des changements fondamentaux et systémiques qui nécessitent, pour les mettre en œuvre, une connaissance des enjeux, des concepts clés, des freins mais aussi des leviers qui soient basés sur la science. Un grand merci à tous les scientifiques et leurs établissements qui s'engagent pour porter cette dynamique auprès des agents publics »



STANISLAS GUERINI

Ministre de la
Transformation
et de la Fonction
publiques



SYLVIE RETAILLEAU

Ministre de
l'Enseignement
supérieur et
de la Recherche

» Une formation en 3 étapes

La formation est ambitieuse tant par son contenu scientifique que par sa durée inédite, rassemblant les agents publics autour de **28 heures d'ateliers, de conférences scientifiques et d'ateliers de terrain**. Elle se structure autour de trois modules :

1 Comprendre

Appréhender les enjeux environnementaux et systémiques des 3 grandes crises écologiques : climat, biodiversité et ressources naturelles.

La formation se concentre sur **des ateliers participatifs et des conférences animées par des experts scientifiques**.

2 Se projeter sur le terrain

Aller à la rencontre des acteurs qui déploient des solutions concrètes pour répondre aux enjeux écologiques.

Ces ateliers de terrain sont réalisés avec les parties prenantes de l'écosystème territorial (associations, instituts scientifiques, services de l'État spécialisés sur la biodiversité etc..).

3 Passer à l'action

S'outiller pour réussir le passage à l'action : savoir prioriser les efforts et mobiliser le collectif de son organisation. En atelier participatif, **les agents partagent leurs cas pratiques de réussite et formalisent leur planification écologique**.

» La connaissance scientifique au cœur de l'action publique

La formation insiste sur le caractère systémique des enjeux environnementaux et sur **l'appropriation des grands leviers d'action sur lesquels prioriser les efforts**. En mobilisant l'ensemble des communautés scientifiques, il s'agit de placer la connaissance scientifique au cœur de l'action publique.

Un Groupe d'appui et d'expertise scientifique co-présidé par **Laurence TUBIANA et Luc ABBADIE** accompagne le Ministre GUERINI dans le déploiement. **Ces scientifiques jouent un rôle important dans l'élaboration de la formation** mais également dans la mobilisation de milliers de scientifiques volontaires pour réaliser des conférences dans tout le pays.



**Laurence
TUBIANA**



**Luc
ABBADIE**

Le changement climatique

Enjeux

Le réchauffement global depuis 1900 se produit à une vitesse sans précédent depuis au moins 2000 ans; il est dû intégralement aux activités humaines

Les températures moyennes de surface ont augmenté de 1.15°C depuis l'ère préindustrielle. Ce réchauffement est intégralement attribuable aux activités humaines et principalement aux émissions de gaz à effet de serre dont l'effet réchauffant n'est que partiellement "masqué" par l'effet refroidissant de la pollution particulaire (aérosols). Ce résultat sans équivoque est obtenu à partir de l'analyse croisée d'un ensemble d'éléments probants indépendants (observations instrumentales de diverses natures, paléoclimat, théories et compréhension de processus, modélisation numérique). Le réchauffement en un siècle est le plus rapide depuis au moins 2000 ans. Les températures globales actuelles n'ont probablement pas été dépassées depuis au moins 120 000 ans, le dernier interglaciaire. Le niveau de CO₂ dans l'atmosphère est le plus élevé depuis au moins 2 millions d'années. Nous vivons une rupture par rapport à la variabilité naturelle passée. Ce réchauffement entraîne de nombreuses autres conséquences physiques globales comme la montée du niveau marin, l'acidification des océans, une fonte généralisée de la cryosphère, un cycle de l'eau intensifié et un cycle du carbone perturbé.

Aucune région du monde n'est épargnée par les conséquences du changement climatique, notamment via les événements extrêmes

Les chaleurs extrêmes ont augmenté en intensité et en fréquence dans toutes les régions du globe; ces changements dans leur statistique, leur localisation et leur saisonnalité sont attribuables aux activités humaines. Les pluies extrêmes sont aussi en augmentation dans de nombreuses régions du monde, de même que les sécheresses agro-écologiques, mais l'attribution de ces changements aux activités humaines reste difficile dans de nombreuses régions par manque d'observations de qualité et avec une profondeur temporelle suffisamment longue. La méthodologie d'attribution (pourquoi on peut affirmer une influence significative des activités humaines sur un événement singulier) pourra être abordée, au travers de quelques exemples marquants récents dans le monde et en France. Les exemples pourront porter sur les extrêmes chauds, froids et précipitations.

Le réchauffement actuel produit déjà des impacts très marqués dans de nombreux domaines

Selon le rapport de synthèse du GIEC, les dommages économiques du climat sont avérés par exemple dans les secteurs agricole et forestier, la pêche, l'énergie et le tourisme. Le changement climatique a occasionné des dommages matériels sur des biens et des infrastructures, sur la santé humaine et la sécurité alimentaire, avec des effets négatifs inégaux selon le genre et la condition sociale. Les communautés vulnérables qui ont contribué le moins au changement climatique sont impactées de façon disproportionnée. Environ la moitié de la population terrestre se trouve actuellement confrontée à une rareté saisonnière de la ressource en eau, en raison du changement climatique en partie et d'autres facteurs. Environ 1 milliard d'habitants seront exposés au risque de submersion marine à l'horizon 2050. Les présentations donneront quelques exemples d'impacts manifestes du changement climatique, dans plusieurs régions du monde, sur la France, et dans plusieurs secteurs.

Le réchauffement global est irréversible, mais le réchauffement additionnel dans le futur dépend des émissions présentes et futures de gaz à effet de serre

Le cycle du carbone, qui sera décrit dans son fonctionnement et ses échelles temporelles, ne permet pas un retour rapide des émissions de carbone fossile dans un compartiment terrestre qui n'échange pas avec l'atmosphère, et donc ne permet pas aux teneurs en CO₂ de baisser rapidement même si les émissions sont stoppées. Le réchauffement planétaire est proportionnel au cumul des émissions fossiles depuis le début de l'ère industrielle. Stabiliser le niveau de température global nécessite dès lors d'atteindre la neutralité carbone. Le réchauffement additionnel des prochaines décennies est dû à l'inertie des sociétés humaines et non à une contrainte géophysique car si l'on arrête d'émettre du CO₂, le niveau de température global et les extrêmes associés se stabilisent quasi-immédiatement; cette propriété émergente du système climatique peut être présentée comme un véritable plaidoyer pour l'action. En revanche, quel que soit le scénario d'émission, la hausse du niveau de la mer se poursuivra sur des millénaires.

En France métropolitaine, le réchauffement actuel est de 1,7°C par rapport à l'ère préindustrielle, et il se poursuivra si les émissions globales continuent

Les projections climatiques montrent que le territoire subira davantage de vagues de chaleur, plus intenses et plus longues, pouvant atteindre des valeurs au-dessus de 45°C, voire 50°C de manière ponctuelle dans certaines régions. Des vagues de froid moins intenses, des pluies extrêmes plus fortes, avec une intensité qui peut augmenter en moyenne jusqu'à 15 % par degré de réchauffement global. Des incertitudes subsistent sur les cumuls moyens de pluies, sauf sur le sud de la France métropolitaine où ils pourraient baisser en toutes saisons. Sur le Nord, une augmentation moyenne est attendue mais uniquement de façon robuste en cas de réchauffement élevé. Les sécheresses sont attendues en augmentation du fait de l'intensification du cycle de l'eau dû à l'élévation des températures (évapotranspiration accrue, etc.) avec un risque croissant de pénurie d'eau et de baisse significative des rendements agricoles. La saison de croissance des plantes démarrant plus tôt, certaines cultures seront probablement davantage exposées aux gels printaniers. L'enneigement en moyenne montagne menace la viabilité de certaines stations de sports d'hiver. Ces changements ont aussi des conséquences sur de nombreux secteurs, sur les écosystèmes et la biodiversité. Le niveau marin augmente de façon irréversible, obligeant les régions côtières à se prémunir contre les submersions. Des événements extrêmes passés et l'évolution de leur probabilité dans un climat qui change peuvent être utilisés pour mieux incarner les projections climatiques futures (tempête Xynthia en 2010, événement méditerranéen de La Roya en 2021, etc.). À titre illustratif, la canicule de Juin 2019 qui détient le record de température de 46°C en France avait environ 1 chance sur 50 de se produire au niveau de réchauffement global de 1.1°C en 2019. La probabilité passe à 1 chance sur 10 environ à 1.5°C de réchauffement (avant 2040) et à une chance sur 4 à 2°C. Il est important de souligner que l'amplitude des impacts dépend du niveau de réchauffement. Par exemple, environ la moitié des stations de ski européennes ont un risque très fort de pénurie de neige pour un niveau de réchauffement global de +2°C (soit vers 2050 selon les trajectoires d'émissions qui correspondent aux politiques climatiques actuelles), mais toutes dans un monde à +4°C.

Concepts clés

Adaptation¹

Dans les systèmes humains, l'adaptation est le processus d'ajustement aux effets d'un climat qui change au climat actuel ou prévu et à ses effets, afin de limiter les dommages ou d'exploiter les opportunités bénéfiques. Il existe différents types d'adaptation, incrémentale ou transformationnelle. L'adaptation incrémentale maintient l'essence et l'intégrité d'un système ou d'un processus à une échelle donnée. Elle est considérée comme des prolongements des actions et des comportements qui réduisent déjà les pertes ou renforcent les avantages des variations naturelles des événements météorologiques/climatiques extrêmes. L'adaptation transformationnelle modifie les attributs fondamentaux d'un système socio-écologique en prévision du changement climatique et de ses incidences. Il existe des limites à l'adaptation, c'est-à-dire des cas où les objectifs d'un acteur (ou les besoins d'un système) ne peuvent être protégés des risques intolérables par des mesures d'adaptation. Par exemple, au-dessus de 1,5°C de réchauffement global, certaines mesures d'adaptation basées sur les écosystèmes perdront leur efficacité, car ces écosystèmes atteindront leurs limites d'adaptation aux sens biologique et écologique du terme.

Atténuation

L'atténuation vise à réduire l'ampleur du changement climatique pour en éviter les effets les plus graves. Elle s'adresse aux causes du changement climatique par la réduction des émissions de gaz à effet de serre et le renforcement des puits (ou absorptions) de carbone.

Effet de serre

Selon le Glossaire du WGI du Rapport du groupe 1 du GIEC AR52, l'effet de serre est l'effet radiatif de tous les constituants de l'atmosphère qui absorbent le rayonnement infrarouge. Les gaz à effet de serre, les nuages et, dans une moindre mesure, les aérosols absorbent le rayonnement terrestre émis à la surface de la Terre et dans l'atmosphère. "La terre et son atmosphère reçoivent le rayonnement solaire et ré-émettent vers l'espace un rayonnement infra-rouge d'autant plus fort que sa température est élevée. Les gaz à effet de serre piègent une partie de ce rayonnement infra-rouge dans l'atmosphère, et leur augmentation induit un réchauffement à l'équilibre.

Émissions territoriales et empreinte carbone

Pour comptabiliser les émissions d'un territoire ou d'une population, on peut suivre deux approches. Les émissions territoriales correspondent aux émissions qui sont émises sur le territoire en question. L'empreinte carbone mesure les émissions liées à la consommation des biens et services d'une population, en comptabilisant les importations et les exportations. En 2022, la France a émis sur son territoire environ 387 millions de tonnes « équivalent CO₂ » (Mt éqCO₂), c'est-à-dire du dioxyde de carbone (CO₂) et d'autres GES, contribuant au réchauffement planétaire. Au total, ces émissions nationales représentent environ 6 tonnes d'équivalent CO₂ (t éqCO₂) par habitant. L'empreinte carbone de la France, qui inclut les émissions générées dans d'autres pays pour produire les biens qui sont importés et consommés en France, est 1,5fois plus élevée que les émissions produites sur le territoire français,

1 Pour la définition de l'adaptation au sens biologique du terme, voir la partie « Effondrement de la biodiversité

2 GIEC, 2013 : Glossaire [Planton, S. (coord.)]. In : Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (dir. publ.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis d'Amérique.»

soit 8,9 tonnes d'équivalent CO₂ par habitant (en 2021). Il sera indispensable à ce stade de comparer les émissions territoriales et empreintes carbone entre les différents pays, en émissions brutes et par habitant afin d'opposer des faits aux arguments fallacieux les plus répandus (rôle dominant de la démographie, etc.), introduire la notion de responsabilité historique et le caractère différencié des pays dans leur capacité d'action.

Pertes et dommages

Les pertes et dommages font référence aux préjudices causés par les impacts (observés) et les risques (projetés) et peuvent être économiques ou non. Le changement climatique induit par les humains, notamment les phénomènes extrêmes plus fréquents et plus intenses, a déjà des effets néfastes généralisés et a entraîné des pertes et des dommages pour la nature et les populations. L'état des connaissances scientifiques montre que l'ampleur et le rythme du changement climatique et des risques associés dépendent fortement des mesures d'atténuation et d'adaptation prises à court terme, et les effets néfastes prévus ainsi que les pertes et dommages augmentent avec chaque incrément de réchauffement du globe. Les pertes et dommages touchent de plein fouet les écosystèmes et les populations les plus vulnérables. Une utilisation plus spécifique du terme « pertes et dommages » fait référence aux débats dans le cadre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) suite à l'établissement du Mécanisme international de Varsovie pour les pertes et dommages en 2013, qui doit « traiter les pertes et dommages associés aux impacts du changement climatique, y compris les événements extrêmes et les événements à évolution lente, dans les pays en développement qui sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes du changement climatique ».

Risques liés au changement climatique

Selon le Glossaire du 6^e rapport du GIEC, Groupe 1, le risque climatique est le potentiel de conséquences néfastes pour les humains et les écosystèmes. Les risques peuvent découler des impacts du changement climatique mais aussi des réponses apportées par les sociétés humaines pour lutter contre ces impacts. Les risques liés à ces impacts sont associés à trois facteurs principaux : les facteurs climatiques générateurs d'impacts (augmentations des extrêmes, tendances multi-décennales, etc), l'exposition aux aléas et la vulnérabilité des populations ou des écosystèmes. La réduction des facteurs climatiques générateurs d'impacts nécessite des actions d'atténuation (baisse des émissions des gaz à effet de serre), alors que la réduction des autres facteurs nécessite des actions d'adaptation.

Variabilité climatique naturelle

Le climat subit des variations "naturelles" sur une grande gamme d'échelles de temps. Cette variabilité peut être d'origine externe, c'est à dire due à des variations dans les activités volcanique ou solaire, avec des effets dont l'amplitude est estimée inférieure à quelques dixièmes de degrés en moyenne globale, ou due aux variations des paramètres de l'orbite terrestre, agissant sur des milliers ou dizaines de milliers d'années et expliquant l'alternance de périodes glaciaires (environ 5-6 degrés plus froid qu'aujourd'hui) et interglaciaires. La variabilité est aussi d'origine "interne"; le système climatique étant intrinsèquement instable, il génère des fluctuations spontanées sur des échelles de temps allant de la saison à plusieurs décennies. Ces modes lents de variabilité se traduisent par des phénomènes comme "El Niño", qui ont des effets globaux ou régionaux comme pour l'Oscillation Nord Atlantique pour l'Europe. Les effets anthropiques viennent se superposer à la variabilité naturelle.

Freins et leviers pour le passage à l'action

Trajectoires d'émissions « compatibles » 2°C, 1,5°C

En 2015, l'Accord de Paris sur le changement climatique a acté l'objectif de contenir « l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les effets des changements climatiques ». La trajectoire résultant d'une poursuite des politiques et mesures actuelles, sans renforcement, conduirait à un réchauffement global de l'ordre de +3°C à la fin du siècle, et de l'ordre de +4°C en France. Pour se placer sur une trajectoire compatible avec cet objectif, les émissions mondiales doivent être réduites de 20 à 30% d'ici 2030 par rapport à leur niveau de 2019. Pour 1,5°C, c'est une division par 2. Dans les trajectoires compatibles avec 1,5°C, la neutralité CO2 doit être atteinte vers 2050 ; et vers 2070 pour 2°C. Cela implique des transformations, inédites par leur ampleur, de tous les systèmes : les systèmes énergétiques, les systèmes d'usages des sols et alimentaires, les systèmes industriels, les infrastructures de transports, les bâtiments et les villes, mais aussi des modes de vie. Toute émission supplémentaire dans un secteur impose une réduction plus grande dans un autre secteur, ou davantage d'absorption par les puits de carbone.

Cadre national

La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) constitue la réponse nationale aux enjeux d'atténuation du changement climatique. Elle définit un objectif et une trajectoire de réduction des émissions territoriales de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 et fixe des objectifs à court-moyen termes sous forme de budgets carbone. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable. Le Haut Conseil pour le Climat est un organisme indépendant chargé d'évaluer la stratégie du gouvernement en matière de climat, et sa cohérence avec les engagements européens et internationaux de la France, en particulier l'Accord de Paris, l'atteinte de la neutralité carbone en 2050, et le respect des budgets carbone de la France. Dans son dernier rapport de 2023, il souligne que les rythmes de baisse des émissions actuels sont insuffisants pour atteindre les objectifs de 2030 de la SNBC et doivent presque être multipliés par 2. Il liste les nombreux blocages (par exemple : augmentation du poids des voitures qui conduit à une hausse de la consommation de carburant, augmentation des énergies renouvelables trop faible, mortalité des arbres trop forte, croissance des forêts trop faible).

Options de réduction des émissions de GES

Il existe des options de réduction des émissions, dont le coût est inférieur à 100\$ la tonne de CO2, et qui, cumulées, pourraient réduire les émissions mondiales de GES de moitié d'ici 2030. Elles se basent sur le triptyque : "éviter/réduire, remplacer/transformer, améliorer". Elles incluent des technologies de production d'électricité renouvelable (solaire, éolien) ou nucléaire, des solutions pour réduire les fuites de méthane et de gaz fluorés, du stockage de carbone dans les sols agricoles, de la restauration des écosystèmes et des forêts, du changement des régimes alimentaires vers des régimes moins carnés, et de la réduction du gaspillage alimentaire, de la sobriété et l'efficacité énergétique dans les bâtiments, du développement des transports en commun et des mobilités dites « actives » : le vélo et la marche, de l'électrification des véhicules, de l'efficacité énergétique et matière et l'électrification des procédés dans l'industrie, de l'augmentation du recyclage des matériaux et des biens, pour les principaux. Les options d'atténuation dépendent de chaque pays à la fois de par leur développement technologique passé et organisations sociétales. Décliner les postes les plus émetteurs en France et

les enjeux associés (transport, agriculture, industrie, logement etc.) sera nécessaire à ce stade. De même, l'analyse critique (échelle de temps, passage à l'échelle, effet rebond, etc.) des potentiels de déploiement des différents leviers technologiques et sociétaux est importante à exposer (stade prototype des techniques de capture et séquestration de carbone, etc.) en insistant aussi sur la nécessité de ne plus ouvrir des nouvelles extractions fossiles sachant que les infrastructures actuelles consomment déjà le budget carbone restant pour respecter l'Accord de Paris, et qu'elles nécessitent d'être fermées dès maintenant. De même, les risques associés aux diverses solutions doivent être mentionnés comme par exemple l'efficacité des puits de carbone naturel qui diminue avec chaque dixième de réchauffement additionnel et qui s'effondre d'ailleurs déjà en France (mortalité forestière, etc.) d'après les évaluations du Haut Conseil pour le Climat.

Actions portant sur la maîtrise des demandes

Les actions portant sur la maîtrise des demandes (d'énergie, de matériaux, de biens, de terres, d'eau), ont un potentiel, très important, de 40 à 70% de réduction des émissions mondiales à l'horizon 2050. Certaines de ces actions reposent sur l'adoption de technologies, d'autres relèvent de l'efficacité ou encore de la sobriété. Des exemples de ce triptyque dans le secteur des bâtiments sont l'installation de panneaux solaires sur les toits (technologie), l'isolation (efficacité) et le réglage du chauffage à 19°C plutôt que 20°C, etc. (sobriété). Ces actions sur les demandes ne sont pas la seule responsabilité des consommateurs finaux, mais nécessitent des actions collectives et des politiques publiques pour transformer les infrastructures, construire et permettre l'accès aux alternatives décarbonées pour tous. Les aborder ensemble, de manière coordonnée et cohérente et non pas en silo, optimise les réductions d'émissions.

Cadre des Objectifs de Développement Durable (ODD)

Activer les solutions d'atténuation nécessite de penser les synergies et risques d'antagonismes avec les Objectifs de Développement Durable (éradication de la pauvreté, amélioration de la santé, de l'éducation, réduction des inégalités, protection de la biodiversité...). Sur la santé par exemple, les synergies sont multiples. Limiter la combustion d'énergies fossiles, en plus de réduire les émissions de gaz à effet de serre, diminue les polluants locaux néfastes pour la santé. Développer les mobilités actives réduit les émissions et lutte contre la sédentarité. Adopter des régimes alimentaires moins carnés est bon pour la santé et réduit indirectement les émissions de méthane et la déforestation. Mais l'atténuation fait à l'inverse peser des risques pour certains enjeux de développement si les politiques et mesures d'atténuation sont conçues sans prendre en compte explicitement ces objectifs. C'est notamment le cas avec les objectifs relatifs à l'éradication de la pauvreté et de la faim, ou à l'accès à l'énergie pour tous. De même, une alerte forte a été émise par l'IPBES sur les scénarios d'atténuation reposant sur le développement à large échelle de biomasse-énergie qui auraient des conséquences très néfastes sur la biodiversité. Un des points clés est que l'alignement entre atténuation et développement durable dépend des choix de trajectoire et options d'atténuation et de la conception et mise en œuvre des politiques climatiques. Les conséquences distributives et sociales des trajectoires d'atténuation, par exemple, dépendent surtout des politiques spécifiques mobilisées. Par exemple, les conséquences sociales de l'introduction d'une fiscalité sur le carbone dépendent surtout de l'usage fait des revenus de cette fiscalité. De manière générale, les options d'atténuation qui maximisent les synergies sont celles qui agissent sur la demande – d'énergie, de matériaux, de biens – et qui impliquent une modération de la consommation de ressources à l'échelle mondiale.

L'effondrement de la biodiversité

Enjeux

La dynamique de la biodiversité est le résultat d'un processus de long terme qui contribue à rendre la Terre habitable par les humains

La biodiversité est l'ensemble des êtres vivants, micro-organismes, plantes, champignons et animaux. Ce sont aussi les interactions qui les relient entre eux et avec le milieu où ils vivent. La biodiversité actuelle est le produit de 4 milliards d'années d'évolution, elle est dynamique du fait des processus écologiques et évolutifs. Elle change et se réorganise aussi sur des temps courts. Ce sont les interactions entre les êtres vivants, les grands cycles biogéochimiques (carbone, azote) et le climat (cycle de l'eau) qui déterminent en grande partie les conditions de vie des humains.

Les humains dépendent de la biodiversité

Nous sommes des êtres vivants, des animaux, et interagissons dans le temps et dans l'espace avec les autres composantes du vivant, notre dépendance à la biodiversité est totale, profonde et complexe. Les interactions entre la biodiversité et d'autres enjeux humains, comme le climat, la santé, l'alimentation, l'eau, sont nombreuses. Les services que les humains retirent des écosystèmes (services écosystémiques ou contributions de la nature aux humains) sont essentiels à une bonne qualité de vie sur terre : par exemple la fertilité des sols et la pollinisation sont indispensables à la sécurité alimentaire, et la préservation des habitats naturels (haies, forêts, zones humides, littoraux, milieux marins) favorise le stockage du carbone, l'épuration de l'air, la régulation des ravageurs et des pathogènes et augmente la capacité des écosystèmes à atténuer l'érosion, les crues et les événements climatiques extrêmes.

La biodiversité s'effondre à un rythme de 100 à 1000 fois plus rapide que dans les grandes extinctions précédentes

La biodiversité est modifiée par les activités humaines, a) certaines espèces (grands carnivores, coraux, mammifères marins) et certains espaces (récifs coralliens, mangroves, forêts tropicales, prairies permanentes) disparaissent, b) les écosystèmes et les contributions de la nature aux humains ou services écosystémiques, sont aussi transformés. Aujourd'hui 1 million d'espèces sont menacées, 75 % de la surface terrestre et marine a été transformée par les humains. Dans tous les groupes d'êtres vivants, les données scientifiques documentent des diminutions d'abondance. Par exemple, 80 % de la biomasse des insectes a disparu depuis une trentaine d'années dans les aires protégées allemandes ; en France, environ 35 % des oiseaux communs ont disparu des campagnes et des zones urbaines (en nombre d'individus toutes espèces confondues).

Les activités humaines non durables exercent des pressions trop fortes sur la biodiversité

Les principales pressions directes sur la biodiversité sont au nombre de 5 : changement d'usage des terres (ex, déforestation), surexploitation des ressources, changement climatique, pollution, invasions biologiques. Certaines activités humaines sont particulièrement impactantes pour la biodiversité : celles qui transforment les écosystèmes, les appauvrissent, les fragmentent comme l'agriculture intensive, la multiplication des infrastructures linéaires de transports (autoroutes etc.); celles qui prélèvent massivement la biomasse vivante comme

la pêche industrielle, l'exploitation des forêts naturelles; celles qui aggravent le changement climatique comme le transport routier; celles qui polluent, comme les industries chimiques, celles qui favorisent les invasions biologiques comme le commerce international.

Concepts clés

Adaptation³

L'adaptation est le plus souvent le résultat du processus de sélection naturelle: l'environnement physique et biologique des ancêtres de l'organisme considéré, stable ou changeant, a favorisé le maintien des mutations favorables survenues dans le passé qui ont modelé la morphologie, la physiologie ou le comportement de la lignée dont est issu aujourd'hui l'organisme considéré. Dans un environnement changeant, un organisme n'est donc jamais totalement adapté (c'est-à-dire au maximum de sa survie et de sa reproduction potentielles) aux conditions du moment. Le processus d'adaptation est fondamentalement un changement génétique qui ne peut apparaître qu'au moment de la reproduction. La capacité d'adaptation est donc fonction du temps de génération de l'organisme, c'est-à-dire le plus souvent de l'ordre de milliers, centaines de milliers ou millions d'années.

Compromis

Chaque organisme dispose d'une certaine quantité d'énergie qu'il alloue à son métabolisme, à son entretien, à l'acquisition des ressources, etc. et à sa reproduction, aspect crucial pour le maintien à long terme de l'espèce. Le principe de compromis (ou trade off en anglais) stipule que si un organisme maximise une fonction, cela se fera nécessairement au détriment d'une autre fonction. Par exemple, en augmentant par sélection la production de grain chez le blé, il est possible que cela entraîne la réduction de la production de racines. Dans une situation environnementale donnée, beaucoup de compromis sont possibles: les espèces peuvent être vues en partie comme différents compromis viables issus de la sélection naturelle.

Diversité du vivant

Au cours de ses 4 milliards d'années d'existence, la vie n'a pas cessé de se diversifier. Tous les organismes vivants se distinguent les uns des autres par leur morphologie, leur physiologie, leur comportement, leur mode de reproduction, leur habitat, etc. pour atteindre aujourd'hui environ 10 millions d'espèces (diversité spécifique), dont seuls 2 millions sont connus, notamment dans les groupes les plus visibles. Toutes les espèces diffèrent du point de vue de leur génétique (diversité spécifique) et, dans l'immense majorité des cas, tous les individus d'une même espèce diffèrent légèrement les uns des autres par certaines de leurs caractéristiques et par leur génétique (diversité génétique). Les espèces coexistent dans des groupes, des communautés, en interaction avec leur environnement physique et biologique, constituant ainsi des écosystèmes répartis sur toute la surface du globe (diversité des écosystèmes).

3 Pour la définition de l'adaptation des systèmes humains, voir la partie sur le changement climatique

Dynamique non linéaire

En cas de modification de l'environnement, extérieur ou parfois généré par les communautés vivantes elles-mêmes, la fréquence des espèces et des groupes génétiques au sein des espèces varie, ainsi que la nature, le nombre et la force des interactions vivant-vivant et vivant-non vivant. Le système écologique change. Cela peut se faire proportionnellement et linéairement au changement de l'environnement, mais, puisque les populations, les communautés et les écosystèmes sont des systèmes, il y a peu de chances pour que ce changement soit linéaire, des accélérations et des points de rupture, c'est-à-dire des changements irréversibles (à une certaine échelle temporelle), sont probables.

Extinction

Au cours de l'histoire de la Terre, au moins 98% des espèces auraient disparu, se seraient éteintes. Parfois, en raison d'un changement brutal de l'environnement qui aurait pris de court le processus d'adaptation, trop lent, ne permettant pas à certaines espèces de produire une descendance viable dans ces nouvelles conditions. Mais, dans la plupart des cas, cette « disparition » est en réalité une transformation : une espèce s'est progressivement changée en une autre, et souvent en plusieurs autres qui ont fini par prendre sa place, probablement parce qu'elles étaient plus compétitives que l'espèce initiale. Aujourd'hui, ce n'est pas du tout comme cela que ça se passe. Les conditions nouvelles imposées aux espèces, localement ou à l'échelle planétaire, engendrent une diminution très rapide de leurs effectifs jusqu'à zéro : ce sont des branches de l'arbre du vivant qui sont coupées, ce qui affecte le potentiel évolutif du monde vivant. Les processus - lents - d'évolution ne permettent pas à l'apparition de nouvelles espèces de compenser les extinctions, et la biodiversité est donc en perte nette.

Intégrité écologique

Un écosystème est généralement considéré comme étant intègre lorsque ses caractéristiques écologiques dominantes (par exemple la composition, la structure, la fonction et les processus écologiques) surviennent dans des gammes de variations naturelles et pouvant réagir et récupérer de la plupart des perturbations. Les indicateurs d'intégrité peuvent inclure la structure, la fonction et la composition d'un écosystème relativement à la gamme de variation pré-industrielle de ces caractéristiques. On estime que globalement environ 40% des forêts mondiales ont des paysages de haut niveau d'intégrité. On estime que les paysages forestiers intacts du monde sont passés de 12,8 millions de km² en 2000 à 11,61 millions de km² en 2017 et seuls 17,4 millions de km² de forêts conservent une intégrité élevée au niveau du paysage.

Interaction

Deux éléments A et B sont en interaction signifie que A agit sur B et que B agit sur A. Par conséquent, si A change, B change à son tour, mais si B change, A change à nouveau. On dit que B rétroagit sur A, et ainsi de suite. Dans les systèmes écologiques, il y a un grand nombre d'éléments, organismes et facteurs physico-chimiques, qui sont en interaction, qui agissent et rétroagissent les uns sur les autres : on parle de systèmes complexes. Les écosystèmes simples peuvent compter des centaines voire des milliers d'espèces en interaction. Les systèmes écologiques sont donc par nature des systèmes complexes. Du fait des interactions qui les structurent, ils sont en perpétuel changement : dès qu'une modification se produit sur un élément ou sur une interaction, il y a toutes les chances pour que d'autres modifications se produisent en aval. Une population, une communauté ou un écosystème figé est par conséquent inconcevable.

Sélection naturelle

Les mutations, modifications accidentelles et rares des gènes, engendrent des changements de la morphologie, de la physiologie etc., d'un caractère de l'organisme. Si ces changements sont avantageux en termes de survie et de reproduction dans un environnement donné, ils se maintiennent dans la population, augmentant du même coup la diversité des formes (diversité phénotypique) et de l'information génétique (diversité génétique) au sein de la population. Il y a sélection naturelle du caractère modifié et de l'information génétique modifiée qui lui est liée. A long terme, cette nouvelle information génétique tend à se substituer à la précédente : une forme peut disparaître au profit d'une autre. Mais l'hétérogénéité spatiale et temporelle de l'environnement permet souvent la coexistence de formes différentes de l'espèce au sein de la population (diversité intraspécifique). En cas de changement brutal de l'environnement, une forme désavantageuse peut devenir avantageuse et réciproquement : la diversité des formes et la diversité génétique dont elle est issue est une condition du maintien à long terme de l'espèce. Au contraire, le manque de diversité d'une espèce présente le risque qu'un changement de l'environnement (biotique, comme un pathogène, ou physico-chimique) affecte la quasi-totalité de la population.

Système écologique

Un système est un ensemble d'éléments en interaction. En écologie, on distingue trois types de systèmes : la population, système d'individus appartenant à la même espèce et occupant un espace délimité (la population de mésanges charbonnière de la forêt de Fontainebleau); la communauté, système d'individus appartenant à des espèces différentes dans un espace donné (la communauté des oiseaux insectivores de la forêt de Fontainebleau) ; l'écosystème, système formé par des communautés et le milieu physico-chimique environnant dans un espace donné (l'écosystème forêt de feuillus de Fontainebleau).

Types d'interactions

Les interactions entre organismes vivants concernent les ressources alimentaires et/ou la dispersion dans l'espace et le temps : compétition, prédation, phytophagie, parasitisme, mutualisme (pollinisation, frugivorie). Par exemple, une abeille se nourrit du nectar d'une fleur et assure la dispersion du pollen : insectes et plantes en interaction sont gagnants ; ce n'est le cas du rapace qui consomme un mulot, le premier est gagnant le second est perdant. Dès qu'un organisme est présent quelque part, il modifie le milieu physique qui l'entoure par interception ou consommation de ressources, ou par activités de construction. Par exemple, le castor construit un barrage sur une rivière, un plan d'eau se constitue qui permet de protéger le nid où sont élevés les jeunes. Une zone d'eau stagnante a été créée, de nombreuses espèces s'installent qui ne seraient pas présentes sans le barrage du castor.

Freins et leviers pour le passage à l'action

Face à l'urgence, un changement transformateur de nos sociétés est nécessaire

Pour éviter une trajectoire vers un monde pauvre en biodiversité, il faut un changement se déclinant en 4 types de changements transformateurs qui font système :

1. Protéger et restaurer la biodiversité
2. Réduire les pressions sur la biodiversité
3. Réorganiser l'économie et les systèmes de production
4. Adopter des styles de vie plus sobres, plus équitables.

Ces changements transformateurs conduisent à se préoccuper des facteurs indirects qui aggravent les pressions directes : en particulier la technologie (qui facilite la destruction des écosystèmes, par exemple la déforestation), la consommation par les humains (qui augmente plus vite que le nombre d'humains), la gouvernance (qui peut bloquer les processus de changement, s'opposer aux bouleversement des équilibres, maintenir le statu quo), la démographie (qui accentue la pression sur les ressources naturelles), les marchés (qui favorisent la maximisation des profits financiers par un usage non durable de la biodiversité).

Premier changement transformateur : protéger, restaurer la biodiversité et les services écosystémiques

Cela consiste à retrouver l'intégrité écologique dans tous les écosystèmes, c'est-à-dire que leur composition en espèces, leur structure et leur fonctionnement permettent leur résilience. La prévention des effondrements (points de bascule), le renforcement de la résilience des socio-écosystèmes est toujours moins coûteuse que la restauration, surtout si la perte de diversité est irréversible. Ceci peut se faire en développant des solutions fondées sur la nature (agroécologie, forêts littorales, reboisement des villes, restauration des zones humides, aires protégées...), en établissant une planification écologique permettant de retrouver la diversité dans les paysages, de stopper les extinctions, de protéger les écosystèmes, de restaurer la connectivité des trames vertes, bleues, brunes, noires. Globalement à la fois l'étendue, la connectivité et l'intégrité de la plupart des écosystèmes naturels continuent de décliner et ces tendances se poursuivront dans un scénario business-as-usual. Certains scénarios démontrent qu'il est possible de renverser ces tendances et d'atteindre une augmentation substantielle dans l'étendue globale, la connectivité et l'intégrité des écosystèmes naturels d'ici 2050. La récupération de l'intégrité des écosystèmes (incluant la diversité et l'abondance des communautés d'espèces interagissant dans les écosystèmes, leurs structures et leurs fonctions écologiques) présente une inertie par rapport à la récupération surfacique des écosystèmes. La restauration peut comprendre :

- A. La restauration des zones converties en habitats naturels;
- B. L'amélioration de l'intégrité écologique des zones naturelles dégradées;
- C. La réhabilitation des zones converties et dégradées (par exemple, les terres agricoles dégradées) pour améliorer à la fois la productivité et l'intégrité;
- D. La connectivité entre les habitats naturels dans les zones anthropisées.

Un réseau efficace de zones protégées et d'autres mesures de conservation basées sur les surfaces est un outil important dans le maintien de la surface et de l'intégrité des écosystèmes. Suivre les progrès nécessite des informations à la fois sur l'étendue et l'intégrité des écosystèmes. Les surfaces sont assez bien connues alors que, comparativement, les informations sur l'intégrité des écosystèmes sont plus rares.

Second changement transformateur : réduire les pressions sur la biodiversité

Toutes les activités humaines (notamment celles directement liées aux systèmes de production, très impactantes, agriculture, pêche, foresterie, mines, énergie), mais aussi l'urbanisme et le tourisme doivent devenir soutenables et minimiser leurs impacts en particulier en termes de destruction des habitats naturels (y compris dans les pays du sud), de surexploitation de la biomasse ou des ressources naturelles, d'émissions de gaz à effet de serre et de pollution... La nécessité d'abandonner certaines pratiques incompatibles avec les objectifs (ex. agriculture intensive, pêche intensive, tourisme de masse, etc.) doit être abordée.

Troisième changement transformateur : réorganiser l'économie et les systèmes de production

Pour ce faire, il est nécessaire d'intégrer la biodiversité dans toutes les politiques, supprimer les subventions néfastes, impliquer les acteurs économiques dans l'action par le rapportage de leurs impacts, de leurs interactions avec les styles de vie, notamment en fixant des accords internationaux, des lois et réglementation nationales, des normes.

Il y a des compromis à mettre en évidence entre les enjeux sociétaux, face à la possibilité de gagnants et de perdants.

Quatrième changement transformateur : réduire l'empreinte de la consommation

À elle seule la consommation explique environ la moitié des impacts locaux ou importés (c'est-à-dire qui se manifestent à l'étranger) sur la biodiversité. Les actions peuvent porter en particulier sur le gaspillage, la surconsommation, les indicateurs d'une bonne qualité de vie, les futurs désirables. On peut s'appuyer sur des exemples évoquant les liens entre consommation de viande bovine en France et déforestation en Amérique du sud, ou la consommation d'huile de palme et la déforestation en Asie du sud-est.

Pour que le changement soit acceptable, il faut qu'il soit co-construit et basé sur la science

Le consensus local est fondamental et doit s'appuyer sur les connaissances scientifiques en interaction avec d'autres systèmes de savoir et de connaissances. Il demande de mobiliser différents systèmes de valeurs attribuées à la biodiversité : valeur intrinsèque, instrumentale et relationnelle. Concernant les services écosystémiques, qui relèvent de la valeur instrumentale de la biodiversité, ceux-ci nécessitent un accès et un partage équitables de la biodiversité.

Les ressources

Enjeux

La terre est composée **d'éléments présents sous forme de stocks ou de flux** qui permettent son fonctionnement et dont dépendent les humains. Les changements critiques dans la disponibilité ou le fonctionnement de ces stocks et flux fondent les changements globaux. Lorsque ces composés ou flux sont utilisés par les humains, on les qualifie de ressources. Outre la diversité biologique et les cycles du carbone considérés dans les autres chapitres, on évoquera parmi les principaux stocks la disponibilité en matériaux (que l'on pourra appréhender à partir de ceux recensés dans le tableau périodique des éléments) et parmi les principaux flux ceux de l'eau, de l'azote et du phosphore.

Le métabolisme socio-économique est l'ensemble de flux de matériaux et d'énergie qui s'échangent à l'intérieur d'un système, notamment d'un système socio-écologique. Il repose sur l'existence d'une infrastructure (dont le déploiement augmente avec les niveaux économiques) et de l'énergie nécessaire pour la rendre opérationnelle. La construction et le fonctionnement de cette infrastructure demandent de nombreuses ressources (matières premières fossiles et renouvelables, énergie, eau, air, sol). Au taux de croissance actuel de la consommation, il faudra produire dans les trente prochaines années autant de métaux que l'humanité en a produit depuis l'antiquité. Le lien énergie-ressources minérales est très fort. Au niveau mondial, 35 % de l'énergie consommée par l'industrie est utilisée pour produire les ressources minérales. La transition énergétique, qui est une des clefs de la réduction de GES, passe par la construction d'une nouvelle infrastructure plus gourmande en métaux de toute la chaîne de l'énergie, depuis sa production jusqu'à son utilisation.

Le cycle de l'eau et sa qualité sont profondément affectés par le changement climatique, la pollution et son usage intensif par les humains. Désertification, crises agricoles, manques de disponibilité en eau potable, salinisation des nappes, sont quelques-uns des effets induits par la mise en système de ces trois éléments. Or la raréfaction de l'eau (stocks) ou les modifications profondes dans les régimes pluviométriques (flux), déjà largement amorcés, sont constitutifs d'enjeux inédits très insuffisamment pris en compte.

Les énergies renouvelables sont fondées sur une ressource inépuisable (vent, soleil, chaleur terrestre), mais elles nécessitent pour être mobilisées par les humains des technologies de production, stockage, transport et utilisation d'énergie très demandeuses en ressources minérales (sable, granulats, minéraux industriels et métaux). La disponibilité future de ces ressources et des tensions politiques qu'elle peut engendrer est questionnée dans un contexte de demande mondiale croissante tirée par l'émergence économique rapide de pays peuplés comme la Chine, l'Inde, l'Asie du SE ou l'Afrique. Les compétitions d'usage avec d'autres secteurs de consommation peuvent également induire des tensions. En outre, la production des ressources minérales consomme d'autres ressources comme l'eau, elle est énergivore et induit de nombreux impacts environnementaux.

Le progrès technologique permet d'améliorer l'efficacité énergétique et de remplacer des ressources minérales de haute qualité par des ressources de moins bonne qualité mais généralement plus abondantes. Tant que l'amélioration technologique compense la baisse de qualité, ce remplacement donne l'illusion d'une abondance croissante. Mais une amélioration infinie est impossible car il existe des limites physiques (thermodynamiques) qui ne peuvent pas être franchies. Quand elles sont atteintes, les impacts ainsi que les coûts de production augmentent irrémédiablement. Au-delà de la présence géologique des ressources, c'est ces

impacts et coûts qui limitent l'accessibilité. Les conséquences économiques sont sérieuses, et viennent s'ajouter aux conséquences environnementales.

Dimension internationale. Les ressources minérales sont souvent consommées ailleurs que sur le lieu de leur production. Cela a des implications géostratégiques fortes et pose des questions de souveraineté nationale et de sécurisation des approvisionnements. Ces questions deviendront de plus en plus cruciales avec la raréfaction de ces ressources. En outre, les impacts environnementaux de la production, la transformation, la consommation et la fin de vie des matériaux doivent être estimés pour les pays consommateurs sur le lieu de prélèvement de la ressource (approche empreinte différente de l'approche directe). Différentes approches sont possibles, l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est un outil incontournable mais avec des limites.

Concepts clés

Analyse du cycle de vie

C'est un outil d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux. Cette méthode normalisée permet de mesurer les effets quantifiables de produits ou de services sur l'environnement. L'ACV recense et quantifie, tout au long de la vie des produits, les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines. Elle en évalue les impacts potentiels puis interprète les résultats obtenus en fonction de ses objectifs initiaux (définition ADEME).

Biomimétisme

Il consiste à s'inspirer des propriétés essentielles (par exemple des formes, compositions, processus, interactions) d'un ou plusieurs systèmes biologiques, pour mettre au point des procédés et des organisations permettant de réduire et d'optimiser l'utilisation et la production des ressources, et de valoriser certains déchets.

Demande vs. production

La demande en matériaux dépend d'aspects technologiques (quels besoins pour les technologies disponibles), économiques (les prix) et sociaux (quelles préférences et quels usages). Les capacités de production dépendent d'aspects géologiques (disponibilité géologique), technologiques (technologies d'extraction et de transformation) et environnementaux (impacts de la production). Ces variables influent très fortement sur la disponibilité et l'accessibilité des ressources. L'économie d'usage, le recyclage et le ré-usage renvoient à trois manières de prolonger la vie d'un matériel, et donc de limiter le besoin en matériaux.

Efficacité d'usage des ressources

C'est un moyen de maximiser l'utilisation d'une ressource en en tirant un meilleur parti. Cette efficacité connaît cependant des limites liées aux lois physiques.

Efficiences énergétique

Ce concept renvoie 1) à l'amélioration de l'efficacité énergétique des technologies, qui est souvent compensée par un effet rebond d'augmentation de l'utilisation, et 2) de la quantité d'énergie qu'il est nécessaire de dépenser pour obtenir une ressource d'une qualité donnée. Cette efficacité baisse quand la ressource se raréfie car elle devient plus difficile à produire et elle est souvent de moins bonne qualité.

Innovation technologique et effet rebond

L'innovation technologique permet l'amélioration de l'efficacité énergétique d'une part, mais aussi la création de nouveaux services et besoins (exemple des énergies renouvelables, électrification, numérique et connectivité). Elle permet d'agrèger différentes fonctions réalisées par différents appareils en un seul (exemple smartphone), ce qui peut réduire les besoins matière et le coût des technologies, mais cela est compensé par un effet rebond d'utilisation. L'innovation permet également de repousser temporairement les limites de disponibilité des ressources en substituant une ressource de haute qualité raréfiée par une autre de moins bonne qualité.

Limites planétaires

Cette notion anthropocentrée fait référence à la délimitation entre une utilisation non problématique d'une ressource naturelle, parce qu'abondante ou non modifiée par les humains, et sa raréfaction (seuil d'utilisation), voire son effondrement. Telles que caractérisées dans la littérature scientifique, les limites planétaires renvoient à la biodiversité, au changement climatique, à l'usage des sols, aux cycles de différents composants (azote, phosphore, eau), à l'introduction de composés nouveaux, à l'acidification de l'océan. Les ressources minérales ne sont pas incluses dans ces limites, mais cela doit être fait car leur surutilisation devient critique.

Sobriété

Le résumé à l'intention des décideurs du GIEC donne une définition, approuvée par l'ensemble des Etats, de la sobriété: "Ensemble de politiques, mesures et pratiques quotidiennes qui permettent d'éviter des demandes d'énergie, de matériaux, de terres et d'eau, tout en assurant le bien-être de tous les êtres humains dans les limites planétaires". Elle consiste à éliminer des technologies et des services gadgets et à optimiser les rapports coût/bénéfice énergétique et de consommation de ressource pour les services fondamentaux (nourriture, transport, logement, loisir, etc), ainsi que la durée de vie des produits consommés, leur réparabilité, réutilisation et recyclage vrai (différence par rapport au "décyclage"). La notion de sobriété pose des questions économiques et sociales de premier ordre.

Freins et leviers pour le passage à l'action

Agir sur l'offre de ressources

Quatre leviers principaux existent: éviter la consommation de ressources, l'optimiser, substituer certaines ressources ou réduire leur consommation. Il faut par conséquent:

1. Anticiper la demande future en ressources. Bâtir des scénarios de demande et d'infléchissement de la demande qui soient liés aux infrastructures et au style de vie qui conditionnent l'intensité d'utilisation. Cela suppose de bien identifier les couplages et rétroactions entre les secteurs de consommation.
2. Anticiper les capacités de stockage ou de production à la fois locales - et si la ressource locale n'existe pas, anticiper les flux d'importation nécessaires (quand cela est possible). Anticiper les impacts environnementaux et sociaux de l'exploitation et de leurs flux.
3. Bâtir des scénarios de développement s'écartant des évolutions tendanciennes pour limiter les impacts négatifs sur les court et long termes et identifier les ressources pour lesquelles la demande doit être réduite.

Agir sur les impacts

Évaluer les impacts des activités humaines permet de définir les compromis. Par exemple, bâtir une nouvelle infrastructure de l'énergie plus vertueuse augmente la consommation de ressources sur le court terme. Pour être gagnant sur le long terme, il faut définir le meilleur compromis entre vitesse et ambition, entre émissions de GES et autres impacts environnementaux et sociaux et quantifier le type de ressources consommées (eau, ressources minérales, ressources renouvelables, etc.).

Agir sur la substitution de ressources

L'innovation technologique doit permettre de substituer certains composants. Tout un ensemble de recherches sur le biomimétisme, notamment, se développent. Si dans certains domaines la capacité de substitution est avérée, les modalités de son passage à l'échelle, son coût et son efficacité doivent être démontrées.

Agir sur la réutilisation des ressources

Le triptyque "réutilisation, réparation, recyclage" permet de limiter la demande en ressources. Mais il se heurte à des problèmes de coûts et de modèles économiques (par exemple, la construction de nouveaux bâtiments sur des terres non urbanisées coûte souvent moins cher que la réhabilitation de l'ancien), politiques et légaux.

Changer les modèles économiques

Intégrer les contraintes naturelles dans les modèles économiques en explicitant les dimensions ressources et environnementales, avec des fonctions de dommage réalistes. Imaginer des modèles économiques durables pour les pays riches, qui pourraient fonctionner dans un monde à croissance nette, positive mais limitée, nulle ou négative et sans import massif de ressources énergétiques et minérales produites ailleurs. La notion de sobriété et ses conséquences économiques et sociales doivent être discutées et planifiées sur le long terme. Elle pose des questions de premier ordre sur la notion de valeur ajoutée.

Hiérarchiser les besoins

Cette hiérarchie ne doit pas être définie uniquement sur des bases économiques, mais aussi en identifiant les possibilités de diminution de l'usage des ressources. Trois leviers sont à activer :

1. L'information des citoyens, la facilitation des initiatives locales,
2. Les reports modaux des usages,
3. La possibilité d'interdire des innovations dont la plus-value n'est pas avérée, ou les coûts environnementaux trop élevés. Ce point est essentiel pour éviter la mise en place de technologies avec un mauvais rapport coût/bénéfice dont on ne parvient plus à se passer quand elles sont en place.

**Le personnel scientifique des établissements
d'enseignement supérieur et de recherche
peut se porter volontaire pour donner
des conférences à destination des cadres
et agents publics à l'adresse suivante :**

<http://bit.ly/FormationTransitionEcologique>

**Pour toutes questions,
vous pouvez vous adresser à
michel.eddi@recherche.gouv.fr**

Ministère de la Transformation
et de la Fonction publiques

101 rue de Grenelle
75007 Paris

www.transformation.gouv.fr