

Énergie décarbonée, changement climatique, santé environnementale et biodiversité

Les cinq alliances de
recherche s'engagent



Sommaire

Fiches thématiques

- Fiche 1** - Changement climatique, transition énergétique, société et santé
- Fiche 2** - Émissions négatives de carbone, décarbonation (active et passive) et biodiversité
- Fiche 3** - Atouts et impacts du numérique sur l'énergie, le climat et la société
- Fiche 4** - Enjeux démocratiques et de souveraineté dans les transitions, pour une vision systémique et délibérative
- Fiche 5** - Énergie des territoires : énergie, société, numérique et santé
- Fiche 6** - Territoires en état de choc, crises et résilience : climat, énergie, santé et société

Fiches approches méthodologiques

- Fiche 7** - Questionner, perfectionner les modèles : vers de nouveaux cadres d'usage pour l'évaluation et l'aide à la décision
- Fiche 8** - Encourager la formation de collectifs chercheurs et acteurs et promouvoir les analyses de processus d'innovation et de développement
- Fiche 9** - Reconnaître les citoyens comme partenaires de la recherche sur les grandes transitions

Fiche évolution des dispositifs

- Fiche 10** - Propositions d'évolution des dispositifs de recherche et de formation

Exemples

Introduction

Les crises contemporaines se multiplient et parfois se superposent. Elles agissent sur la façon dont nous vivons, nous consommons, nous produisons. Ces périodes de tensions nous renseignent sur les dommages importants causés par les différents dérèglements climatiques tels que les crises sociales ou sanitaires, ou la perte de biodiversité. Elles nous rappellent la force des interdépendances, sous-jacentes à nos modes de vie, à l'œuvre à différentes échelles au sein de la société et l'importance des solidarités territoriales.

A cette perception des crises, s'ajoute l'urgence à réduire la dépendance aux produits carbonés d'origine fossile, afin de contribuer à construire un monde neutre en carbone. Respecter les engagements des accords de Paris pour 2030 et 2050 ainsi que la trajectoire tracée par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) et la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) supposent que cette urgence soit prise en compte aujourd'hui et plus systématiquement dans les arbitrages dans le champ de la recherche et de l'innovation et la définition des enjeux économiques et sociaux.

Nous disposons d'ores et déjà de suffisamment d'observations, de données, et d'outils pour comprendre et modéliser l'impact de ces changements, sur l'environnement, la santé, la biodiversité, la société.

Les avancées de la recherche et de l'innovation sont porteuses de réponses. En revanche, alors que les problèmes sont hautement systémiques, les approches restent souvent menées dans des silos sectoriels. Les innovations doivent être de plus en plus hybrides, associant une large palette de technologies et de compétences disciplinaires. Ainsi, travailler aux interfaces de différents domaines scientifiques, sciences de la vie, de la matière, du numérique, de l'ingénieur, sciences humaines et des sciences sociales permettra de contribuer à accélérer la transition vers une société plus neutre en carbone et plus résiliente.

Par exemple, dans le cadre de la pandémie actuelle, le déploiement massif du numérique a rendu un nombre d'activités plus résilientes en permettant leur maintien, car exploitant la connectivité et le partage des données, mais au prix d'une désolidarisation géographique des activités.

De même, le numérique est mobilisé pour une meilleure gestion des systèmes énergétiques, pour apporter par l'intelligence artificielle et la science des données des éclairages nouveaux sur les systèmes complexes. De plus, les technologies numériques doivent favoriser la durabilité et la sobriété, tout en ne se limitant pas à l'optimisation de l'existant. Enfin, pouvons-nous ignorer la pression qu'exercent les outils et les usages du numérique sur l'énergie, les ressources naturelles, l'environnement, les bénéfices et les risques sur la santé ou l'organisation du travail ?

Les transformations engagées doivent être étudiées à travers leurs effets systémiques, les inductions et les interactions qui conduisent chacun hors des territoires dont il a la maîtrise. Ce constat invite donc les communautés scientifiques à réfléchir au-delà des silos disciplinaires en adoptant une attitude d'anticipation raisonnée et de « résolution de problème » pour proposer des approches et des dispositifs adaptés à la complexité et à l'urgence des défis.

Ce glissement de paradigme invite les chercheurs à davantage d'ouverture dans les projets et les actions de recherche, en reconnaissant le citoyen comme un partenaire et en ouvrant le dialogue avec les décideurs publics.

Ainsi, sous l'égide du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, les cinq alliances nationales ont organisé le premier événement inter-alliances au service des

grandes transitions, en engageant une approche participative organisée autour de deux sessions (18 décembre 2020 et 29 janvier 2021).

Cette dynamique a regroupé plus de 200 participants, principalement des acteurs de la recherche, des responsables d'organismes publics et des ministères. La première session proposait des ateliers participatifs et des éclairages particuliers par des conférenciers, tandis que la deuxième était une restitution avec analyse des échanges de la première session puis une table ronde en présence des présidents des alliances.

Le document de positionnement, résultat d'un groupe de travail inter-alliances, propose de nouveaux axes et programmes de recherche, en renforçant leur coordination. Celui-ci a pour ambition de contribuer aux trajectoires de la programmation de la recherche, notamment en appui au plan de relance, et de participer à la construction de la position française vis-à-vis de la programmation européenne.

Ce document inter-alliances reflète une vision commune et partagée sur les nouvelles orientations de la recherche, au service des grandes transitions, dans le domaine émergent des sciences de la durabilité. Il est sous-tendu par les 17 objectifs de développement durable d'ici 2030, établis par les États membres des Nations unies.

Les propositions de ce document explorent, de façon interdisciplinaire, de nouvelles voies de recherche, en restant attentives aux approches systémiques. Celles-ci concernent notamment l'intégration des questions de santé publique et du numérique dans les grandes transitions ; l'analyse du potentiel d'émissions négatives et de décarbonation en lien avec la biodiversité ; le questionnement du rôle du citoyen vis-à-vis des enjeux démocratiques et de souveraineté ; la mise en avant du potentiel des territoires et du développement de *living labs* en tant que laboratoires apprenants et contributifs, centrés sur les systèmes en transition ; ou enfin la compréhension de la résilience aux crises. Les territoires sont les espaces de synthèse des problèmes et des solutions. Ils constituent, à des échelles variées, le référentiel pertinent pour concevoir et exploiter de nouvelles solutions et permettre une maturation collective des réponses.

Les recommandations, d'ordre méthodologique, portent sur le perfectionnement des modèles et leur cadre d'usage pour mieux anticiper les évolutions liées aux transitions ; l'appui de la recherche interdisciplinaire sur les collectifs de parties-prenantes ; l'action avec les citoyens.

Des évolutions des dispositifs de formation et de recherche sont proposées pour favoriser ces nouvelles approches comme le développement des formations interdisciplinaires (sciences, technologies et humanités) et le rapprochement des actions des chercheurs et des citoyens, par la mise en œuvre d'actions de recherche plus ouvertes sur la société.

Ce document comprend 10 éléments de propositions (sous forme de fiches), 6 fiches thématiques, 3 fiches proposant des approches méthodologiques, une dernière recommandant certaines évolutions des dispositifs de recherche et de formation, enfin quelques exemples sont donnés en illustration.

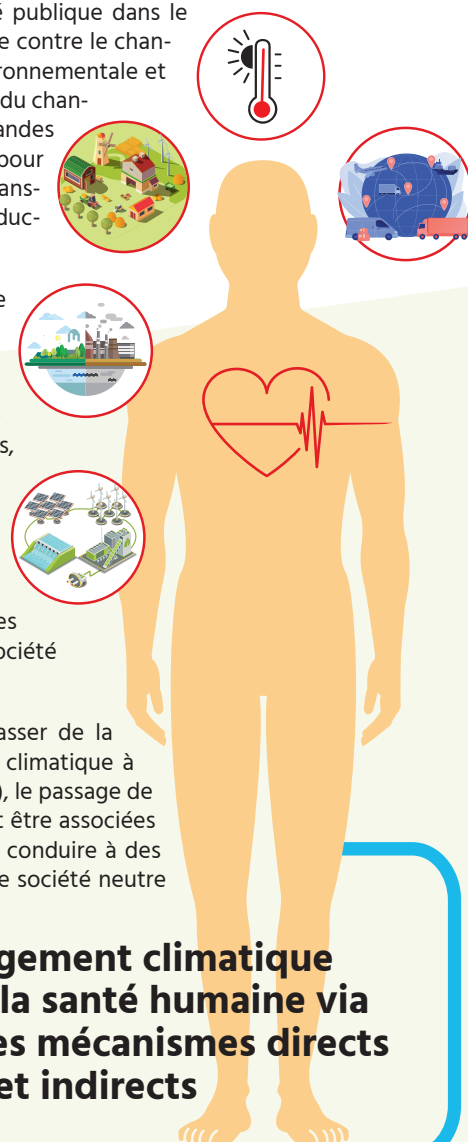
1

Changement climatique, transition énergétique, société et santé



Enjeux

- ▶ Le changement climatique et les modes de conversion de l'énergie influent sur la santé humaine via de multiples mécanismes directs (liés à la température ambiante) et indirects (liés à la biodiversité, aux événements climatiques extrêmes, aux polluants de l'air d'origines diverses, etc.). Les effets directs de la température opèrent eux-mêmes via de multiples mécanismes biologiques, comportementaux et environnementaux. Ainsi, la réalisation d'une cartographie des effets sanitaires du changement climatique et des modes de conversion de l'énergie et de son utilisation est une tâche complexe et éminemment multidisciplinaire.
- ▶ Il est nécessaire d'identifier les implications d'une politique neutre en carbone et de transition énergétique sur les politiques de santé publique. Ces implications sont encore insuffisamment théorisées et déclinées en actions concrètes, notamment en termes d'organisation du système de soin et d'actions de promotion de la santé. Le rôle de lanceur d'alerte promu par Richard Horton, rédacteur en chef du *Lancet*, où les informations sur les impacts sanitaires du changement climatique sont diffusées auprès des patients et des personnels de soins, en est un élément émergent.
- ▶ Il est par ailleurs nécessaire de mieux intégrer les critères de santé publique dans le développement et l'évaluation des stratégies d'adaptation et de lutte contre le changement climatique (transition agricole, alimentaire, écologique, environnementale et énergétique), en tenant compte à la fois des effets liés à l'atténuation du changement climatique et des co-bénéfices pour la santé. En effet, les grandes transitions mentionnées précédemment ouvrent des opportunités pour progresser sur des problèmes complexes de santé publique (liés au transport, à l'alimentation, au modes de conversion de l'énergie, à l'introduction de nouvelles technologies, etc.) jusqu'alors non résolus.
- ▶ Il convient de plus de mieux situer le rôle et l'impact d'une politique de santé publique pour contribuer à une société neutre en carbone par rapport à un ensemble d'acteurs et d'initiatives qui visent également cette finalité en adoptant des nouvelles manières de vivre, des pratiques de santé, des modes de production, de mobilité et de consommation nouveaux (initiatives citoyennes, politiques locales, choix politiques généraux qui ne relèvent pas des politiques de santé). De façon complémentaire, il est utile de comprendre en quoi certains contextes sociaux, économiques, politiques ou culturels rendent difficile voire impossible l'adoption de ces nouvelles manières de vivre, pratiques de santé et modes de production et de consommation (quelles que soient par ailleurs les perceptions et les représentations que les acteurs sociaux se font de l'objectif d'une société neutre en carbone).
- ▶ Enfin, il s'agit de comprendre les processus qui permettent de passer de la preuve, par la recherche, sur les impacts sanitaires du changement climatique à l'élaboration et à la mise en œuvre d'une politique (mesures, lois, etc.), le passage de l'une à l'autre n'étant pas automatique ; les controverses qui peuvent être associées à ces processus ; et les conflits entre plusieurs finalités qui peuvent conduire à des arbitrages favorables ou non à la poursuite d'une trajectoire vers une société neutre en carbone.



Le changement climatique influe sur la santé humaine via de multiples mécanismes directs et indirects

Différents verrous institutionnels et scientifiques limitent aujourd’hui le développement des programmes de recherche nécessaires sur les effets sanitaires du changement climatique ou des modes de conversion de l’énergie :

Verrous

- ▶ La communauté de santé publique en France est insuffisamment mobilisée et coordonnée sur la thématique des effets du changement climatique sur la santé. Les sciences humaines et sociales sont mobilisées par diverses entrées (de l’étude de la *green economy* à celle des mobilisations environnementales/climatiques) mais sans doute de façon insuffisamment coordonnées entre elles et avec les autres champs disciplinaires de la santé publique, notamment l’épidémiologie environnementale (*One Health*, etc.).
- ▶ Les nombreux mécanismes via lesquels le changement climatique est susceptible d’avoir une influence sur la santé sont très inégalement documentés, avec des disparités dans la qualité des preuves disponibles. Il semble à ce stade impossible de hiérarchiser de façon fiable les atteintes sanitaires liées au changement climatique en fonction du fardeau sanitaire qu’elles représentent. Des collectes de données pertinentes, des études interventionnelles et des travaux de modélisation prospective sont nécessaires, notamment sur des terrains français.
- ▶ Ainsi, les travaux de modélisation réalisant des projections fiables dans le futur font défaut, à l’échelle de plusieurs générations, comme l’étude de scénarios d’impact dans le contexte du changement climatique le requiert. Les impacts sanitaires de tels scénarios climatiques gagneraient à être évalués par comparaison à des scénarios climatiques contrefactuels, requérant la coopération active de climatologues, d’épidémiologistes et de chercheurs en santé publique.
- ▶ Les études permettant, à un niveau global mais aussi de façon comparative à différentes échelles spatiales (des territoires locaux à l’international), de comprendre les implications d’une politique tendant vers la neutralité carbone sur les politiques de santé publique font encore défaut.
- ▶ Il manque également des enquêtes permettant de recenser et d’analyser la manière dont les individus, les familles, les groupes sociaux et les sociétés dans leur ensemble se situent par rapport à l’objectif d’une société neutre en carbone. De telles études devraient aider à comprendre à quelles conditions de santé et de vie cet objectif peut être associé, quels conflits il est susceptible d’engendrer, quelle hiérarchie des valeurs il implique, quelles sont les initiatives déjà prises à cette fin (par des associations, les pouvoirs publics et le cas échéant, à quelles échelles ?), et le rôle que joue ou pourrait jouer le droit environnemental, national et européen.
- ▶ Les questions de santé publique ont été insuffisamment intégrées dans les réflexions sur les grandes transitions vers une société neutre en carbone. Il conviendrait d’analyser la place de la santé publique dans les politiques (urbaines) relatives au transport, à l’urbanisme, à la transition énergétique, à l’environnement, à l’agriculture et à l’alimentation. Il s’agira d’articuler les politiques de santé publique, de maîtrise de l’énergie et de préservation de la biodiversité.

Les actions décrites ci-dessous visent à faire émerger une communauté de recherche en santé publique dédiée aux effets sanitaires du changement climatique et aux implications sanitaires des stratégies de lutte contre et d’adaptation au changement climatique (incluant les grandes transitions associées).

Actions

Les actions suivantes doivent être envisagées à court terme :

- ▶ Recrutement de chargés de mission afin de cartographier les forces et faiblesses de la communauté nationale de santé publique et de sciences humaines et sociales sur ces thématiques de recherche et de mobiliser la communauté sur les questions liées aux implications sanitaires du changement climatique ;
- ▶ Identifier des observatoires existants sur lesquels les études mentionnées ci-dessus, pluridisciplinaires par nature, pourraient s’appuyer, ou créer si nécessaires de tels observatoires ;
- ▶ Mettre en place un premier appel d’offres « Jeunes talents Climat-santé » pour attirer des jeunes chercheurs avec un haut potentiel et leurs équipes d’accueil ;
- ▶ Mettre en place un appel à projet de recherche interdisciplinaire, encourageant les recherches sur le continuum allant des sciences du climat à celles de la santé publique, en mettant en perspective les transitions associées (écologique, énergétique, alimentaire...).

2 Émissions négatives de carbone, décarbonation (active et passive) et biodiversité

66 Voir exemple n° 2 99

Enjeux

Se placer sur la trajectoire de l'accord de Paris

Les émissions mondiales nettes de CO₂ (combustion des énergies fossiles, industries et changements d'usage de terre) sont actuellement de près de 30 Gt CO₂/an et la projection du scénario RCP6 du GIEC, qui n'est pas le plus pessimiste, prévoit plus de 50 Gt CO₂/an en 2050 se traduisant par une augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂ pouvant atteindre entre 700 et 1000 ppm et de celle de la température du globe comprise entre +2,0 et +3,7°C (AR5, IPCC¹). Seul un scénario prenant en compte des émissions négatives (RCP2.6) se traduirait par une augmentation de la température du globe comprise entre +0,9 et +2,3°C, compatible avec les objectifs de l'accord de Paris (COP21- 2015). Pour atteindre les objectifs de l'accord de Paris et la neutralité carbone, une réduction des émissions annuelles de l'ordre de 10 GtCO₂/an est impérative.

L'enjeu principal est l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050

Agir vite

Plus la mise en œuvre des mesures visant à faire baisser les émissions de CO₂ directement liées à l'activité humaine tarde, plus il sera difficile de les compenser. Cela impose non seulement de réduire les émissions (combustion des énergies fossiles et industries, agriculture/élevage) mais également de mettre en œuvre sans délais des technologies d'émissions négatives² (NET).

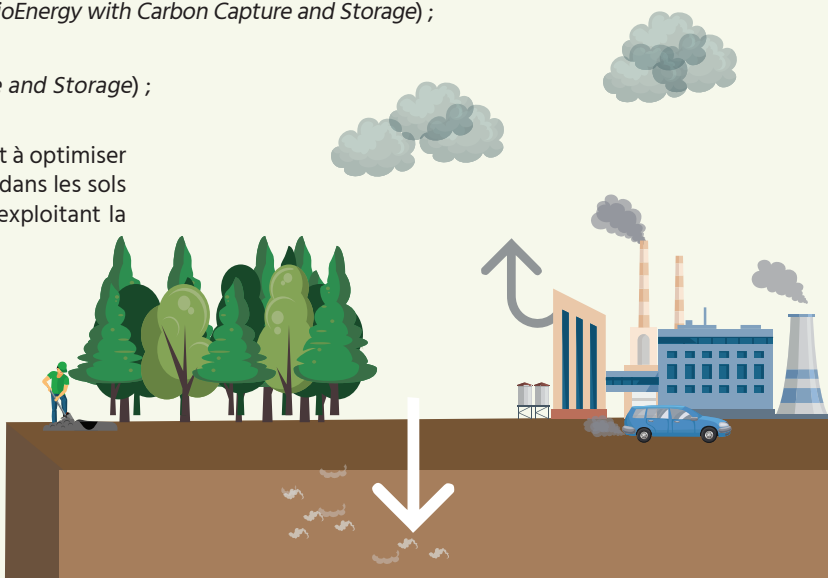
Plusieurs solutions d'émissions négatives (NET : *Negative Emission Technologies*) sont aujourd'hui connues (Minx et al., 2018³) et principalement :

- i l'association des bioénergies telles que les biocarburants de 3^{ème} génération (avec l'objectif de valoriser la biodiversité des microalgues), le biogaz obtenu par méthanisation, associées aux techniques de captage et stockage du carbone (CCS), connues sous la dénomination BECCS (*BioEnergy with Carbon Capture and Storage*) ;
- ii le DACCS (*Direct Air Carbon Capture and Storage*) ;
- iii le stockage de carbone dans les sols consistant à optimiser le transfert de la biomasse des agrosystèmes dans les sols sous forme de matière organique stable, en exploitant la biodiversité des sols ;
- iv la reforestation et l'afforestation.

1 - Fuss et al. (2014) Betting negative emissions et IPCC AR5 database, Global Carbon Project and Carbon Dioxide Information Analysis Center

2 - Définition des émissions négatives de C : ensemble de solutions qui permettent de capturer le surplus de dioxyde de carbone dans l'atmosphère

3 - Minx et al 2018 *Environ. Res. Lett.* **13** 063001



Verrous

Plusieurs verrous limitent le potentiel de déploiement de ces solutions technologiques d'émissions négatives :

- ▶ Il n'existe pas d'analyse interdisciplinaire des impacts des solutions d'émissions négatives permettant d'éclairer les politiques de mise en œuvre. Il faut comprendre les processus qui vont de la preuve de concept sur la mise en œuvre des NETs à l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique, le passage de l'une à l'autre n'étant pas automatique.
- ▶ Les solutions de NETs doivent prouver leur capacité à être déployées à grande échelle : en l'état actuel des connaissances, elles n'ont pas encore convaincu (Cf. GSDR⁴ 2019). Il faut noter la différence entre les défis pour les NETs technologiques (maturité des technologies) et ceux pour les NETs naturels (saturation des puits et compétition pour l'usage des terres).
- ▶ Outre l'amélioration des procédés et leur intégration dans les systèmes productifs, les analyses devraient porter sur leur compatibilité non seulement avec l'ODD 13 mais également avec les autres ODDs⁵, sur la préservation des services écosystémiques des sols et sur l'adaptation aux conditions spécifiques des territoires. Enfin, la perception des NETs par les citoyens et la société reste très insuffisante.
- ▶ S'agissant d'une thématique interdisciplinaire, il est nécessaire d'élaborer un langage commun et une sémantique partagée entre les chercheurs travaillant dans différentes disciplines et surtout entre le monde de la recherche, les citoyens et le milieu politique.

L'ensemble de ces actions visent à :

- 1 Disposer des outils permettant d'éclairer les politiques de déploiement des technologies d'émissions négatives de carbone ;
- 2 Préciser le cadre et les conditions pour leur déploiement massif ;
- 3 Créer les conditions pour leur appropriation par la société.

Actions

Plusieurs actions de recherche, à différentes échelles, sont proposées :

- ▶ Dédier des segments de la programmation de l'ANR pour soutenir des équipes pluridisciplinaires s'attachant à la question des NETs, notamment sur le plan conceptuel, le développement de modèles (proposition de création d'un inter-CPP science de la durabilité à l'ANR) (Cf. Fiche méthodologique 7)
- ▶ Élaborer un PEPR ambitieux visant à créer le cadre d'une évaluation interdisciplinaire de l'efficacité des différentes solutions d'émissions négatives, leurs co-bénéfices avec d'autres services (sécurité alimentaire, santé publique, restauration des écosystèmes, conservation de la biodiversité). Il s'agira en particulier de prendre compte le potentiel de stockage, les coûts, la consommation énergétique, l'efficacité sur la durée, la compétition pour l'eau, les nutriments, la compétition pour les terres, l'atteinte ou la préservation de la biodiversité⁶, les conséquences en termes de santé globale, d'alimentation, d'organisation des filières techniques et économiques et d'évolution sociale (Cf. Fiches méthodologiques 7 et 8).
- ▶ Mener des expérimentations à grande échelle en s'appuyant sur des actions de type « Territoires d'Innovation » (TI), quand l'entrée est territoriale, en lien avec les collectivités locales, des collectifs d'acteurs et par la mise en débats publics des différentes options (voir le *Special Report on Climate Change and Land* du GIEC⁷ (Cf. Fiches méthodologiques 7 et 8, thématiques 4 et 5).
- ▶ Élaborer des instruments spécifiques destinés et pilotés par des sites académiques, par exemple via des IDEX & I-SITE ou assimilés sur des thématiques de type « Observatoires » ou « Living labs » (Fiches méthodologiques 2 et 8, thématique 5).

4 - Global Sustainable Development Report, The Future is now https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR_report_2019.pdf

5 - La contribution à l'objectif ODD 13 « Lutte contre le changement climatique » peut avoir des effets indésirables sur les objectifs 2 – « Éradiquer la faim et la malnutrition », et 6 – « Accès universel et équitable à l'eau potable ».

6 - Ici la biodiversité doit être prise en compte non seulement en tant que composante impactée mais également en tant que ressource.

7 - <https://www.ipcc.ch/srccl/>

3

Atouts et impacts du numérique sur l'énergie, le climat et la société



Enjeux

Le numérique joue un rôle majeur dans les grandes transitions en cours.

Mais les impacts environnementaux des outils numériques (fabrication, utilisation, aptitude au recyclage) sont préoccupants. Les nombreux aspects de la transition numérique (santé, travail, consommation, loisirs) ne doivent pas s'opposer à la transition écologique.

Au fil des publications scientifiques, les modèles et les simulations numériques fournissent des informations quantitatives de plus en plus précises et fiables quant aux conséquences des changements climatiques, à la perte de biodiversité et aux conséquences des activités anthropiques. Les scénarios et les leviers d'action sont connus.

Alors que des engagements ambitieux sont pris (dans le cadre de traités internationaux, par les États et les entreprises), que les préoccupations environnementales grandissent dans les sociétés et que les défis scientifiques sont immenses, les acteurs de la recherche doivent se mobiliser massivement, concrètement et vite.

Les constats et les diagnostics sont souvent partagés.

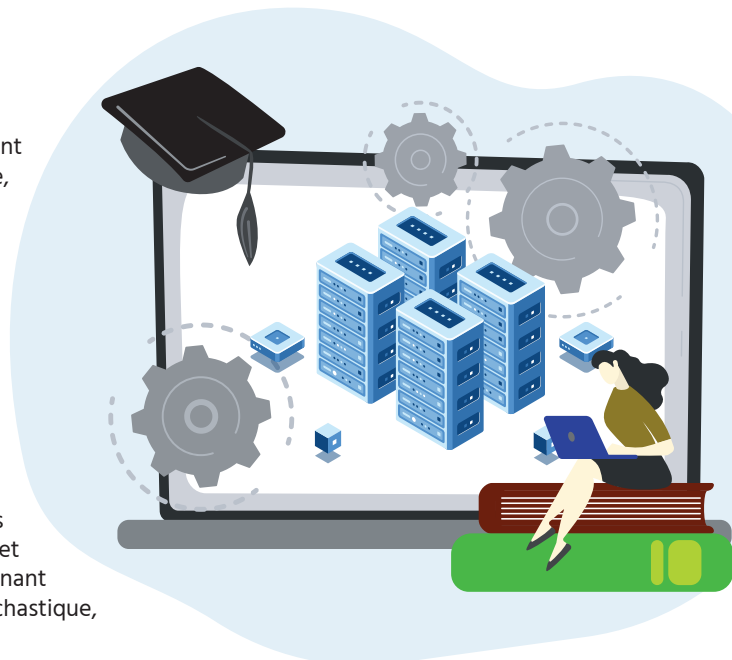
- ▶ La préservation de l'environnement est un nouveau paradigme pour assurer de façon durable les fonctions essentielles (nourriture, logement, déplacement, habillement...). Les secteurs énergétique et numérique (le numérique nécessitant de plus en plus d'énergie et offrant par ailleurs le potentiel d'une meilleure gestion énergétique) doivent s'inscrire dans ce cadre et y concourir en proposant des scénarios d'évolution sur le long terme.
- ▶ Les sciences du numérique doivent en même temps permettre de comprendre et de quantifier les impacts de nos choix et de nos activités et réduire leur propre impact énergétique et environnemental.
- ▶ La nécessité de concilier est de conjuguer l'innovation, l'efficacité et la sobriété. Le numérique a un rôle d'accélérateur, ses impacts doivent être qualifiés et quantifiés, de même que les effets rebonds directs et indirects.
- ▶ Face à la complexité des systèmes étudiés, il est nécessaire de développer des recherches interdisciplinaires combinant des compétences pointues et des visions globales et systémiques.
- ▶ La nécessité d'éclairer le débat public et d'appuyer les politiques publiques face aux mutations profondes et durables en cours, notamment du fait de la très forte pénétration du numérique, en rendant effectif le dialogue science-technologie-société.



La prise de conscience de l'importance des enjeux environnementaux dans le domaine du numérique est manifeste mais sa traduction dans les pratiques et les usages est encore parfois embryonnaire, car elle se heurte à plusieurs obstacles :

Verrous

- ▶ Écoconception des logiciels et des services numériques intégrant des objectifs, voire des contraintes de sobriété (énergétique, numérique, en ressources).
- ▶ Mise en place d'écosystèmes permettant la synergie entre la recherche académique, l'innovation, la société et les acteurs territoriaux, notamment pour le développement des usages du numérique.
- ▶ Attractivité pour de jeunes scientifiques prêts à s'engager sur les thématiques de modélisation de / pour l'environnement et de la sobriété numérique.
- ▶ Développement de modélisations intégrant les données disponibles et les techniques utilisant l'intelligence artificielle et aidant à la décision. Les approches doivent être holistiques menant à des modèles agiles, fiables, intégrant une forte dimension stochastique, multi-acteurs et multi-échelles.
- ▶ Mise en place de processus participatifs mettant en regard les approches qualitatives et la modélisation quantitative, qui permettraient de mettre en perspective les atouts et les impacts du numérique.



Actions

Plusieurs actions, à différentes échelles, sont proposées :

- ▶ Développer une dynamique de projets à l'interface entre sciences du numérique, de l'énergie, sciences humaines et sociales autour de la quantification et de la matérialisation des impacts environnementaux du numérique pour hiérarchiser les contraintes et amener au questionnement des usages.
- ▶ La recherche scientifique ne doit pas se limiter à la connaissance ou à l'analyse mais doit s'attacher à répondre aux défis posés (démarche de type « *problem solving* »).
- ▶ Rendre plus contraignants les objectifs de préservation de l'environnement et de la biodiversité, notamment pour la conception des outils et des services numériques (labellisation / certification).
- ▶ Les impacts environnementaux du numérique sont souvent indirects, lointains et donc peu visibles. L'enseignement (formation initiale et continue) du numérique et de ses nombreuses implications est capital et doit être développé.
- ▶ Adopter au sein de l'enseignement supérieur et de la recherche, une organisation collective capable de conduire des études prospectives, poser une stratégie globale au-delà du rythme posé par les appels à projets.
- ▶ Développer des modules de formation alliant sciences du numérique et humanités. Associer les sciences humaines et sociales afin de questionner le rôle des modèles et les assemblages de modèles dans les processus d'élaboration des politiques et leur acceptabilité. (Cf. Fiche méthodologique 7)
- ▶ Favoriser la Science Ouverte et accorder une plus grande importance à la reproductibilité des travaux scientifiques. (Cf. Fiche thématique 5)
- ▶ Rapprocher l'action des chercheurs et des citoyens, notamment dans le domaine des atouts et des impacts du numérique. Promouvoir une éthique de la responsabilité et encourager la participation des scientifiques au débat public en fondant leur implication sur une légitimité d'expertise. (Cf. Fiches thématique 4 et méthodologique 9)
- ▶ La crise sanitaire va inciter de nombreuses personnes à infléchir leurs activités de recherche en direction des questions liées à l'environnement. Cette mobilité thématique mérite d'être encouragée. C'est un levier majeur pour lancer de nouvelles recherches interdisciplinaires, notamment aux interfaces entre numérique, énergie, et société.

4

Enjeux démocratiques et de souveraineté dans les transitions, pour une vision systémique et délibérative

L'adaptation des sociétés humaines au changement climatique, leur engagement pour une neutralité carbone et une protection de la biodiversité supposent des bifurcations, des changements multiformes dans les modes de production et de consommation (biens, services, usages du numérique, alimentation, énergie), les pratiques sociales et les modes de vie qui reposent pour partie sur un accord, une implication et bien souvent sur des initiatives de citoyens.

Enjeux

Le premier enjeu est de créer les conditions d'une **compréhension systémique des enjeux climatiques, énergétiques, sanitaires et environnementaux**, des réponses pertinentes et des contraintes engendrées pour éclairer les arbitrages collectifs et les décisions publiques.

Le second enjeu est de **faire des grandes transitions** (liées aux enjeux climatiques, de santé, d'écologie, de maîtrise énergétique de l'usage du numérique, de dynamiques de production et de consommation d'énergie soutenable)

un exercice de démocratie et de souveraineté dans le cadre des institutions et du débat public, avec l'appui de dispositifs de recherche dédiés et d'un engagement citoyen.



Les deux modes classiques de diffusion des connaissances, *science push* et *problem-solving model* sont interrogés par la nature d'enjeux systémiques, multiscalaires et à longue portée qui suppose des cadres et des lieux d'échanges entre chercheurs, décideurs et citoyens sur l'état des savoirs, la pertinence des actions à conduire, leurs effets et leurs finalités.

Verrous

Plusieurs verrous limitent encore ces modes d'action :

- ▶ Produire des analyses permettant de dégager une vision systémique des transitions écologique, climatique et énergétique en développant les approches pluridisciplinaires et pluri-thématiques pour décrire et évaluer les effets induits par les mesures adoptées à différentes échelles de temps et d'espace.
- ▶ En fonction des objets de recherche, établir l'échelle ou l'articulation des échelles territoriales pertinentes pour rendre visible l'interdépendance des enjeux, dégager les conditions d'une délibération éclairée entre les parties prenantes, favoriser les initiatives et examiner les possibilités de subsidiarité et de souveraineté¹ dans les arbitrages.
- ▶ Comprendre et anticiper les mutations sociales, économiques et environnementales qui accompagnent les actions dédiées aux transitions écologique, climatique et énergétique, notamment en examinant les transferts de risques, de contraintes et de bénéfices et leurs traductions en termes de rapports sociaux, de justice et d'équité.
- ▶ Favoriser et analyser l'implication des citoyens et des collectifs dans les processus contributifs aux transitions écologiques, climatiques et énergétiques.

1 - Pris ici dans le sens d'une autonomie relative, d'une responsabilité revendiquée et exercée sous contrainte des interdépendances pratiques, du cadre juridique et des engagements conventionnels.

Les actions proposées s'attachent à :

- 1 Mettre en évidence le caractère systémique et multidimensionnel des enjeux ;
- 2 Comprendre les mutations profondes auxquelles les sociétés sont confrontées ;
- 3 Appréhender les formes d'engagement des citoyens, condition d'une recherche participative.

Actions

Elles se déclinent en propositions d'orientation pour la programmation de la recherche :

- ▶ Développer les analyses de cycle de vie (ACV) pour mettre en évidence, évaluer et soumettre à la comparaison les impacts d'un système ou d'un produit aux échelles territoriale, nationale et mondiale. De plus, les ACV permettent d'enrichir les analyses en termes de souveraineté, d'économie circulaire, de consommation des ressources et d'activités extractives. (Cf. Fiches thématique 5 et méthodologique 2).
- ▶ Privilégier les approches territoriales à dimension pluridisciplinaire pour questionner les formes de subsidiarité des politiques publiques et les dynamiques de coopération entre acteurs et la conduite du débat avec les parties prenantes. (Cf. Fiches thématique 6 et méthodologique 8).
- ▶ Développer des recherches comparatives combinant des approches de sciences de la terre, de sciences de la vie ou de sciences humaines et sociales pour observer et analyser les implications sociales, économiques et environnementales des politiques et des dispositifs techniques mis en œuvre pour accompagner les transitions écologiques, énergétiques et de protection de la biodiversité en Europe et dans le monde. (Cf. Fiches thématiques 1, 2, 3 et 5).



Elles peuvent porter sur l'analyse et l'impact des politiques publiques ou des acteurs économiques afin :

- ▶ De comprendre la perception et la réaction des citoyens – consommateurs lorsqu'ils sont sollicités à titre individuel ou collectif pour participer de façon responsable et active aux transitions écologiques, climatiques et énergétiques et constituer une société résiliente. (Cf. Fiches thématique 5 et méthodologique 9).
- ▶ D'étudier les dispositifs d'information visant à réduire la portée des résultats scientifiques, les facteurs d'adhésion et leur portée critique envers le monde de la recherche². (Cf. Fiche méthodologique 9).
- ▶ De créer les conditions d'un examen cumulatif des formes d'engagements citoyens, qu'ils correspondent à des pratiques individuelles ou se traduisent par des formes collectives pour répondre aux conséquences du changement climatique, pour contribuer à la préservation des ressources (établissement de circuits courts pour les besoins en alimentation ou en énergie, réutilisation des objets, création d'ateliers partagés) ou s'adapter à une dégradation de l'environnement, pour mettre en œuvre des solutions alternatives ou créer de nouvelles activités³. (Cf. Fiches thématiques 2, 3, 5 et méthodologiques 8 et 9).

2 - Cette action s'inscrit dans les mêmes préoccupations que l'appel à manifestation d'intérêt baptisé « Science avec et pour la société » de l'ANR, sans s'interdire une analyse des modalités organisées de production du désordre informationnel.

3 - La proposition pourrait s'inspirer des perspectives tracées par l'appel à projet « Transition écologique et économique et sociale (TEES) » de l'ADEME qui pourrait être élargi dans une autre cadre vers des comparaisons internationales afin d'examiner le domaine des possibles.

5 Énergie des territoires : énergie, société, numérique et santé

66 Voir
exemples n°
5-6-7-8 99

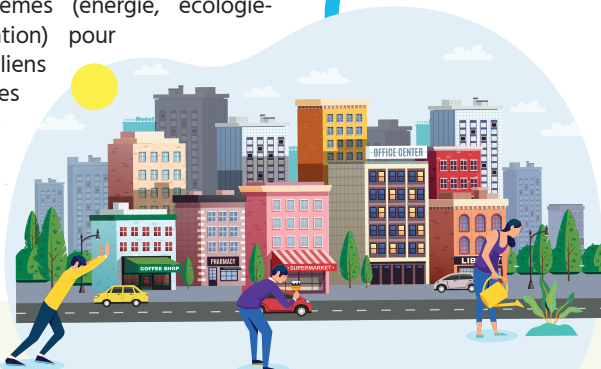
Enjeux

Le territoire, à toutes les échelles, individuelles, locales, régionales, nationales, européennes, globales est un échelon clé et le référentiel pour valoriser la recherche, transférer l'innovation, explorer la viabilité des solutions, accueillir le déploiement des solutions. C'est la partie prenante des changements engagés dans les différentes transitions notamment environnementales, sociales, énergétiques, numériques. Les territoires sont des nœuds au sein de systèmes de flux, qui les traversent et les relient. Les sociétés reposent sur ce tissage de contrats dont l'échelle géographique va en s'élargissant. Citoyens et organisations, territoires et systèmes sont le triangle autour duquel les liens se tissent et se déploient.



Les enjeux sont dès lors :

- ▶ **Adopter les différentes échelles territoriales**, comme clef d'entrée dans l'analyse de la complexité des systèmes (énergie, écologie-environnement, santé, numérique, alimentation) pour révéler les combinaisons, les flexibilités et les liens d'interdépendance ; il s'agit de questionner les notions de ressources internes et externes, le tout sachant que les systèmes se développent à des échelles différentes (locales, nationales, mondiales). Toute approche territoriale suppose une prise en considération des interdépendances nécessaires entre les échelles.
- ▶ **Analyser les facteurs de cohésion territoriale** et dépasser la notion d'acceptabilité sociale pour aller vers une démarche plus participative et démocratique dans la construction des projets, puis une gestion concertée des bénéfices, des risques et des responsabilités. Il s'agira de prendre en considération les initiatives locales car à l'échelle territoriale, les acteurs locaux sont les plus à même d'identifier les ressources (environnementales, humaines, scientifiques, techniques, physiques ou biologiques), de révéler des héritages industriels, agronomiques et énergétiques, et de développer des scénarios adaptés aux regards des principes et des équilibres généraux.
- ▶ **Préserver la justice sociale, l'équité (intra-territoire, entre territoires), l'autonomie et la souveraineté en repensant la souveraineté** comme juste interrelation entre capacités locales et connexions globales, en mettant en relation démocratie et capacité de réalisation concrète.
- ▶ **Retenir les enseignements** de la pandémie de la COVID-19 quant aux comportements de consommation (énergétique, numérique, santé, environnement, alimentation) à l'échelle des territoires et aux ré-orientations potentielles, interroger les effets rebond et les dépendances stratégiques.



Verrous

- ▶ Complexité des systèmes notamment due aux couplages ;
- ▶ Perception des articulations et interdépendances entre les différentes échelles ;
- ▶ Multiplicité des acteurs et le lien avec les parties prenantes ;
- ▶ Multiplicité des objectifs et indicateurs, incompatibilité partielle entre eux ;
- ▶ Système d'acquisition, de collecte, de valorisation des nouvelles données (Cf. Fiche 10).

Actions

Examiner la contribution des territoires :

- ▶ Étudier des propositions de flexibilité locale pour une résilience globale ;
- ▶ Analyser la dépendance des flux locaux et globaux ;
- ▶ Explorer des compromis possibles entre coût économique, autonomie et souveraineté, résilience et cohésion des territoires selon une approche inter-échelles ;
- ▶ Accroître la capacité stratégique des territoires en terme de connaissances, de mise à disposition de données, de déploiement des initiatives multi-échelles et de dialogue avec des filières professionnelles.

Objectiver et matérialiser les interdépendances entre les territoires :

Par exemple via des analyses de cycle de vie (ACV), l'inventaire des stocks et flux de matières pour éclairer les réflexions et permettre de hiérarchiser des injonctions parfois contradictoires ; étudier le métabolisme du territoire en mettant en évidence ses vulnérabilités matérielles et organisationnelles ; adopter les échelles territoriales, comme clef d'entrée dans l'analyse de la complexité des systèmes (énergie, santé, numérique, alimentation, environnement) pour révéler les combinaisons, les flexibilités et les dynamiques vertueuses et les tensions ; coupler l'analyse quantifiée de stocks, flux de matières et d'énergie, avec des analyses qualitatives de leurs modes d'appropriation, de gestion et de partage, ainsi que des éventuels impacts et injustices environnementales qu'ils suscitent.

Passer du démonstrateur technologique au démonstrateur social et territorial pour mieux intégrer l'impact du changement (*living lab*) et construire les bases de l'exportation vers d'autres territoires :

En expérimentant des modalités pour intégrer l'ensemble des acteurs d'un territoire dans l'élaboration des transitions, la gestion des ressources locales, et les changements engagés. Il s'agira, par exemple, de l'analyse des communs territoriaux locaux, avec une mise en regard aux communs globaux en lien avec les acteurs privés, individuels et collectifs (Cf. Fiche méthodologique 8). Cela appelle à inscrire ces démonstrateurs dans une temporalité plus longue que celle de la mise à l'épreuve d'une technologie, afin de soutenir des apprentissages collectifs locaux et des possibilités de structuration de filière nationale. Cela permet de questionner les hiérarchies de besoins, de bénéfices et de renoncements en cas de crise (Cf. Fiche thématique 6) qui puissent être décidés de manière démocratique. La réalité du terrain nécessite un suivi avec une approche systémique dans les projets, et s'éloigne des approches en silos où les problèmes sont structurés en tranches sectorielles.



6

Territoires en état de choc, crises et résilience : climat, énergie, santé et société

Voir
exemples n°
7-8-9

La Fiche 5 aborde les sujets de transformations de nos sociétés dans les territoires. La Fiche 6 prolonge les propositions de la Fiche 5, en accentuant celles-ci sous l'angle des chocs à venir, que ce soit sur les plans sanitaire, environnemental, économique, énergétique et numérique.

Enjeux

Dans leurs différentes dimensions et leurs ancrages, les territoires subissent, accentuent ou réduisent les chocs et les crises. Ils sont tout à la fois des lieux d'anticipation, de préparation et de résilience, mais aussi de dénégation. Les enjeux sont dès lors dans :



- ▶ **Les tensions entre efficacité** à court terme et préparation de la résilience **multi- et inter-échelles** dues à **l'intégration d'un système** de contraintes géographiques, sociales et technologiques : l'exploration des possibilités, des synergies, et de la flexibilité locale des systèmes et des acteurs pour aller vers des solutions et une résilience locale et globale ;
- ▶ **L'adoption des mesures destinées à parer des chocs précisément prévisibles ou attendus** et de préparer les conditions générales favorables à la réaction à des chocs plus incertains et mal définis ;
- ▶ **Les questions portant sur la contribution de la flexibilité locale des systèmes et des acteurs à la résilience globale** pour penser les enjeux à l'ensemble des échelles nationales et locales et leurs interactions ;
- ▶ **L'analyse des chocs autant dans les effets néfastes que dans leurs potentiels effets propices** à l'ouverture de possibilités suggérant des recompositions bénéfiques. Ceci incite à intégrer à l'analyse l'identification des causes des chocs, afin de ne pas limiter les processus de "résilience" à une opportunité pour faire émerger des "solutions".

Verrous

- Besoin de penser les transitions (leurs statuts, leurs objectifs possibles, les intentions partagées, leurs contradictions...) et de développer la capacité d'observer, d'identifier puis de mobiliser la faculté de résilience (ressources et nouveaux impacts) en lien avec les concepts de démocratie sanitaire, alimentaire, numérique ou énergétique :
 - Y-a-t-il des invariants ?
 - Peut-on revenir à la situation d'avant crise ?
 - Peut-on concevoir des formes de transitions qui ne soient pas source d'uniformisation ou de dépendance à des solutions uniques ?

Le but est de maintenir des capacités d'actions variées et complémentaires.

- Besoin d'approches théoriques et méthodologiques sur les événements rares et exceptionnels échappant aux approches statistiques sur des grands nombres.
- Difficulté des acteurs à se projeter dans des crises futures et lourdes (impensés de différentes natures, psychologiques, cognitifs, idéologiques...).
- Besoin de nouvelles approches participatives et délibératives pour gérer les transitions et les crises, rechercher des modes d'organisation et de gestion favorisant l'initiative des acteurs pour dépasser les phases critiques, tirer les enseignements des expériences pour développer les capacités de résilience et surpasser notamment les possibles verrous structurels ou institutionnels.

Actions

► Lien entre les systèmes en tension et chocs :

- Analyser l'impact des aléas sur les modèles ;
- Prendre en compte les notions de stabilité et bifurcations ;
- Analyser les conditions pour l'enclenchement des dynamiques vertueuses ;
- Approches par scénarios de simulation de type « stress-test » (via des jeux sérieux par exemple) afin d'identifier des risques, faiblesses, verrous, forces ;
- Faciliter la construction et l'appropriation d'une culture des transitions qui passent par la familiarisation avec de nouveaux possibles et contraintes selon les territoires, leurs aléas et leurs enjeux.

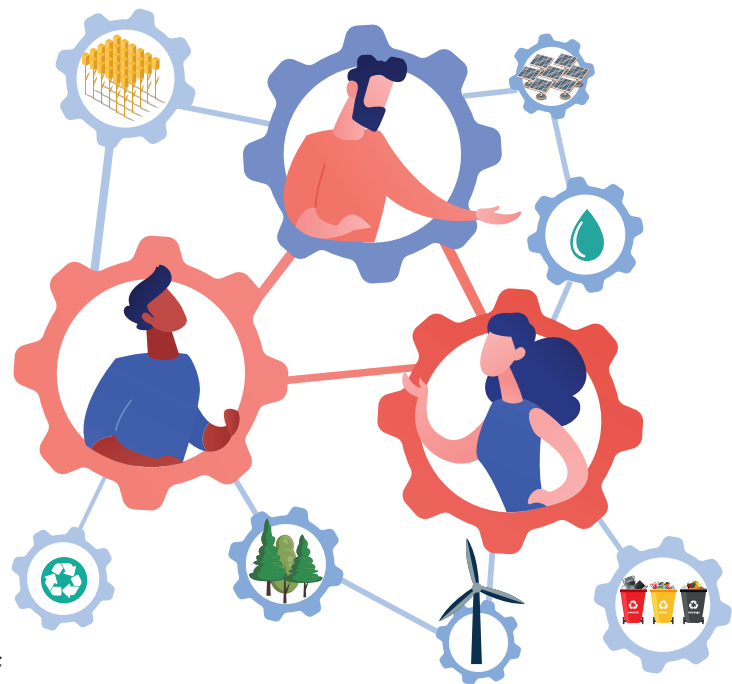
► Résilience à différentes échelles territoriales :

- Analyse des parties prenantes avec les organisations intermédiaires ;
- Définir et prendre en compte les limites territoriales ;
- Comprendre comment s'opèrent les redistributions.

► Crise et recomposition dans les flux :

- Questionner les méthodes d'identification et d'analyse des flux après une crise ;
- Observer les situations post-crise, identifier les besoins immédiats et construire des réponses structurelles pour accroître la résilience des systèmes ;
- Disposer d'approches démocratiques pour gérer les potentielles renoncations dans les choix à faire et fixer les nouveaux objectifs et les nouveaux types de transitions souhaités (équité, sobriété, impact environnemental, quel modèle de société ...).

- **Contribuer à faire évoluer les doctrines en matière d'aménagement du territoire**, pour aller au-delà d'approches « zonales » de l'espace ou d'intervention équipementière. Développer dans ce domaine une culture de l'adaptation au changement climatique qui intègre par exemple l'importance des sols vivants et leur biodiversité, le cycle de l'eau, les cycles d'énergies renouvelables, les saisons et les extrêmes climatiques (freiner l'artificialisation des sols, gérer les canicules, etc.). Informer sur les effets rebond des réponses humano-centrées en lien avec les réponses prises pour s'adapter aux crises.



7

Questionner, perfectionner les modèles : vers de nouveaux cadres d'usage pour l'évaluation et l'aide à la décision



Pour accompagner les grandes transitions (climatique, écologique, environnementale, énergétique) tout en préservant les équilibres économiques, sociaux et sanitaires, les autorités politiques comme les citoyens doivent disposer d'outils de modélisation pour formaliser les connaissances d'un domaine d'analyse, prendre la mesure des incertitudes, bénéficier d'analyses prospectives, réaliser des prévisions quantifiées et parvenir ainsi à arbitrer en faveur de décisions opportunes.

Enjeux

Le premier enjeu

est d'**accroître la capacité des modèles** à rendre compte du caractère systémique, multidimensionnel dans le temps et l'espace et multi-agents des grandes transitions en cours, à traiter les ruptures et les crises attendues. Cela améliore également leur fiabilité, leur agilité et leur caractère prédictif.

Le second enjeu

est de **renforcer la crédibilité et la capacité explicative des modèles** à différentes échelles spatiales en précisant leurs conditions de validité et en diversifiant les contextes d'application. Penser les limites des modèles suppose aussi de construire des scénarios alternatifs et d'identifier les ressources scientifiques pour répondre aux événements en rupture, aux crises systémiques.

Verrous

► Le premier verrou

est l'intégration dans les modèles de bases scientifiques, approfondies et renouvelées pour atténuer les effets délétères des changements globaux. Ainsi pourraient-ils renforcer les capacités d'atténuation et d'adaptation aux conséquences multiples de ces changements.

► Le second verrou

tient à l'évolution des modèles eux-mêmes pour traiter de phénomènes complexes, plurifactoriels et interdépendants. L'enjeu est d'accroître la robustesse de leur capacité à prévoir en situation d'incertitude et leur capacité à hybrider différentes méthodes (souvent à même de décrire des processus soit discrets, soit continus) ou encore en intégrant les résultats de l'analyse de données massives.

► Le troisième verrou

porte sur l'intégration de différentes approches quantitatives et qualitatives pour créer, par des démarches participatives ou de travail de collectifs, les conditions d'une anticipation partagée et collective des événements prévisibles (les réponses à ce verrou appartiennent également à la Fiche méthodologique 8 et à la Fiche 10).

► Le quatrième verrou

tient à la nécessité de disposer de données issues des territoires et des acteurs, afin d'alimenter le processus de modélisation et de formulation des hypothèses, tout en disposant d'éléments de confrontation et de validation des modèles (ce verrou renvoie au besoin d'observatoires évoqué dans la Fiche 10).

Actions

Les premières actions :

- ▶ Elles portent sur l'amélioration des modèles en s'appuyant sur les avancées de la recherche et le dialogue avec les pouvoirs publics pour mettre en évidence les besoins propres aux différents défis. Ces améliorations associées à une démarche de réflexion et de débat favorisent une **vision partagée des méthodes et des analyses** et préparent les prises de décisions.
- ▶ Encourager les approches systémiques, intégrées et multidisciplinaires, afin de comprendre les interactions entre les composantes physiques du climat, les composantes biologiques et écologiques (au sens des systèmes vivants et notamment des écosystèmes) et les composantes sociétales (Cf. Fiches thématiques 1 et 2).
- ▶ Développer des modèles, plus agiles, plus fiables, à forte dimension stochastique, avec des niveaux multi-acteurs et multi-échelles (spatiales et temporelles) et une prise en compte privilégiée des objectifs de sobriété (énergétique, numérique, en ressources).
- ▶ Concevoir des modèles intégrant la diversité des pratiques individuelles et collectives et aptes à construire des scénarios tout en en quantifiant les incertitudes (Cf. Fiches thématiques 2 et 5).



Un second ensemble de travaux pluridisciplinaires à soutenir dans la programmation de la recherche se focalise sur les fondements et la conception des modèles, notamment sur :

- ▶ Les formes de mobilisation des outils d'intelligence artificielle dans la construction des modèles et leur apport potentiel aux méthodes holistiques, tout en examinant leurs conditions d'utilisation (Cf. Fiche thématique 3).
- ▶ L'expérimentation de méthodes adaptées à des crises extrêmes (prise en compte d'incertitudes radicales, d'événements rares et extrêmes, Cf. Fiche thématique 6).
- ▶ L'influence des modèles et de leur assemblage dans les processus d'élaboration des politiques à moyen et long terme (par ex. politiques de neutralité carbone, environnementales) en mobilisant les sciences humaines et sociales.

Un troisième ensemble s'attache à élargir l'usage des modèles par des expérimentations permettant :

- ▶ D'utiliser la modélisation comme support des processus participatifs à des consultations ou des processus d'information (Cf. Fiches thématique 4 et méthodologiques 8 et 9).
- ▶ De mettre en regard et d'engager un dialogue critique entre les approches qualitatives et les méthodes de modélisation quantitative pour préparer les arbitrages qu'imposent les grandes transitions (Cf. Fiche méthodologique 9).

8

Encourager la formation de collectifs chercheurs et acteurs et promouvoir les analyses de processus d'innovation et de développement

66 Voir exemples n° 5-6-7 99

La mise en œuvre des transitions climatique, écologique, énergétique suggère des innovations de ruptures et des bifurcations de trajectoire. Leurs effets systémiques et les inductions progressives modifient les activités humaines, les formes d'occupation de l'espace, les ressources naturelles, etc. Il importe de prendre en compte cette dimension systémique, révélée à plus ou moins long terme, pour évaluer le potentiel d'une innovation en matière de technologies, de produits et de services ou d'action publique. Cette démarche est tout aussi pertinente pour préparer des développements à grande échelle. Elle appelle cependant un élargissement et une diversification des compétences mobilisées.

Enjeux

Le premier enjeu

est d'adapter les dispositifs d'innovation technologique pour **intégrer très en amont les contraintes sociétales et environnementales**.

Le second enjeu

est de **renforcer la capacité d'anticipation des innovateurs et des responsables** dès la mise en œuvre d'une méthode, d'une technologie, d'une politique publique, lors de changements d'échelle ou de renouvellement des contextes d'usage, en demeurant attentif aux externalités positives et négatives.



Verrous

- ▶ **Le premier verrou** est la très forte prévalence des connaissances dans les phases de conception des technologies. Cette spécialisation qui s'explique aisément par une priorité donnée aux sciences qui y contribuent, mais dont la conséquence est d'effacer les dimensions portées par d'autres disciplines, par exemple en matière de santé, de protection du vivant, d'impact social, environnemental et parfois en matière de mise en œuvre et de durabilité du système.
- ▶ **Le second verrou** tient à la difficulté de conduire des observations de long terme sur l'intégralité d'un processus. Ceci est lié aux contraintes l'organisation de la recherche et son évaluation, aux difficultés d'accès pour les chercheurs lors des différentes phases de conception, de démonstration et de développement. A cela s'ajoutent les limites rencontrées pour établir, collecter et rassembler les données et les difficultés pour réunir les compétences nécessaires à la production des adaptations et des corrections. Dépasser ce verrou accroît la valeur de l'expérience et favorise une réflexion amont et anticipative sur les processus futurs.

Actions

Les premières propositions d'actions répondent au premier verrou en s'attachant à développer l'interdisciplinarité des équipes impliquées dès la phase de conception des dispositifs technologiques et sociotechniques et à construire des collectifs diversifiés pour accompagner les phases de développement.



- ▶ Encourager la diversification des équipes de conception des systèmes sociotechniques en impliquant notamment des chercheurs en sciences humaines et sociales dès les phases amont de la recherche technologique (Cf. Fiche thématique 2).
- ▶ Former des collectifs stables, reconnus par des financements, associant des chercheurs et des parties prenantes (acteurs publics, industriels, élus ou citoyens) lors des phases de démonstration ou de déploiement d'une nouvelle technologie ou d'une innovation de système ; mobiliser ces collectifs pour un suivi et une évaluation au fil de l'eau permettant une mise en débat de leur portée sociale, économique, énergétique et environnementale ; évaluer les effets globaux sur le changement climatique. (Cf. Fiches thématiques 4 et 5 et méthodologique 9).
- ▶ Perfectionner et anticiper les conditions d'appropriation des systèmes sociotechniques en impliquant des chercheurs issus des sciences de la matière, des sciences sociales et des sciences de la vie, dans la phase de démonstration, de déploiement et de vie des systèmes.

Le dernier ensemble de propositions s'attache à favoriser les conditions d'une observation systémique et renouvelée, sur la durée :

- ▶ Créer des instruments d'observation sur cinq ans renouvelables destinés à la recherche sur les grands enjeux énergétiques, environnementaux, sanitaires et climatiques. Ces instruments permettraient le recueil de données sur la durée (par collecte, captation, réseaux de capteurs, enquête, suivi de panels), la production et la mise à disposition d'indicateurs de suivi et d'évaluation diffusés selon un principe de « Science Ouverte ».
- ▶ Initier des observations interdisciplinaires à spectre large, ces dispositifs pouvant s'attacher selon leur destination à mesurer les externalités positives et négatives (sur les émissions de gaz à effet de serre, la consommation des ressources en eau, la biodiversité, l'économie locale, les risques de précarité sociale, énergétique ou la cohésion sociale.). Ils peuvent en parallèle encourager le renouvellement des équipes des approches et des problématiques (Cf. Fiche thématique 6).

9

Reconnaître les citoyens comme partenaires de la recherche sur les grandes transitions

66 Voir exemples n° 5-6-7-8 99

Pour prendre part aux transitions écologique, climatique et énergétique qui s'imposent, le monde de la recherche a plus que jamais la responsabilité de considérer les citoyens comme des interlocuteurs et des partenaires.

Enjeux

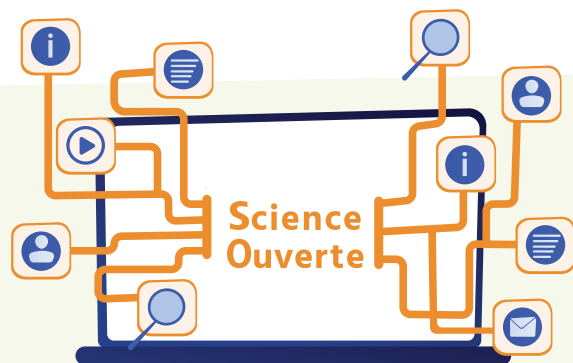
Le premier enjeu

pour les scientifiques est de partager les faits établis, leurs hypothèses, les débats et les interrogations de la recherche. Leurs moyens d'action reposent sur une liaison renforcée entre recherche et formation, sur une pleine utilisation des capacités de l'information scientifique et technique et sur la participation aux débats publics à propos des politiques de santé, d'écologie, d'environnement, ou encore des enjeux énergétiques et des pratiques numériques.

Le second enjeu

est de rendre visible, susciter l'intérêt et accroître la compréhension du travail des chercheurs en aménageant les conditions d'un échange et en développant des actions partagées ou convergentes.

L'information scientifique et technique (IST) telle qu'elle s'est imposée avec ses institutions propres, ses infrastructures d'aide à la publication et à la diffusion, sa politique d'appui à l'innovation et à la « Science Ouverte » représente un acquis décisif d'autant qu'elle bénéficie de nombreuses initiatives de communication et valorisation déclinées au sein des universités et des organismes de recherche.



Verrous

Deux verrous représentent des terrains d'innovation adaptés à la recherche sur les transitions :

- ▶ Encourager les parties prenantes, responsables et citoyens à **s'appuyer sur les résultats et les interrogations de la recherche dans l'analyse et la conduite des politiques publiques** en matière de climat, de santé, d'environnement et d'énergie.
- ▶ **Accompagner les évolutions des métiers de la recherche** pour favoriser une science responsable, engagée dans un dialogue avec les citoyens et les parties prenantes. Ces initiatives peuvent s'appuyer, si nécessaire, sur une démarche de sciences participatives.

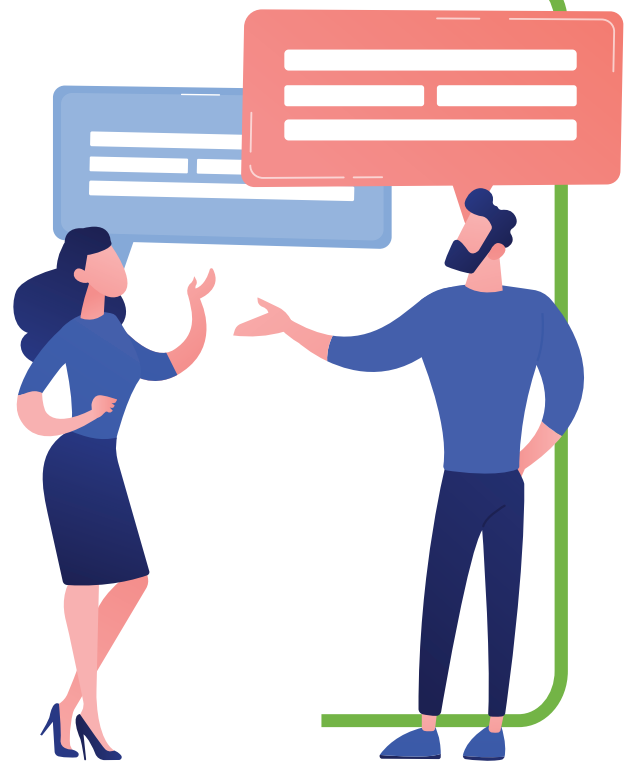
Les propositions d'action s'attachent à :

- 1 Créer les conditions d'un dialogue direct sur les enjeux climatiques, énergétiques et écologiques par la formation, le travail en commun et le débat ;
- 2 Favoriser et reconnaître les pratiques scientifiques responsables et ouvertes aux échanges

Actions

Former, échanger et diffuser

- ▶ Donner dans les cursus d'enseignement supérieur une vision holistique des transitions, développer les formations combinant les sciences et les humanités, consolider la prise en compte des objectifs du développement durable dans les formations supérieures (exemple du Projet FECODD : <https://fecodd.fr/>).
- ▶ Créer les conditions d'un langage commun entre les responsables publiques et économiques, les citoyens et les scientifiques par l'expérience du dialogue, la conduite de projets communs, l'accueil en résidence de parties-prenantes dans les institutions de recherche et les organisations publiques ou privées (Cf. Fiches thématiques 2, 4, 5).
- ▶ Développer, partager et renouveler les dispositifs de communication scientifique et technique en direction des citoyens, des acteurs des territoires (élus, fonctionnaires territoriaux, entreprises, etc...), développer les lieux de débats et de controverses sur les enjeux scientifiques des grandes transitions (Cf. Fiche thématique 6).



Des chercheurs dans la société

- ▶ Soutenir les actions des scientifiques qui manifestent une éthique, de la responsabilité et qui s'attachent à mettre en œuvre les mesures de sobriété dans leurs pratiques (labo 1,5: <https://labos1point5.org/> - Groupement de Services EcoInfo : <https://ecoinfo.cnrs.fr/>). Appuyer également les formations qu'ils dispensent (volet enseignement supérieur du Shift Project: <https://theshiftproject.org/lavenir-de-la-planete-dans-lenseignement-superieur/>) en partageant ainsi un engagement citoyen.
- ▶ Faciliter l'action des scientifiques qui s'attachent à créer un langage commun avec les citoyens et les décideurs. Présenter les résultats de leurs travaux aux parties prenantes ou à développer la recherche participative. Reconnaître enfin la valeur de ces activités dans les évaluations individuelles des chercheurs (Cf. Fiches thématique 2 et méthodologique 8).
- ▶ Encourager la participation des chercheurs à l'information des utilisateurs et des citoyens sur la qualité des produits et des services du point de vue des objectifs de réduction des émissions des gaz à effet de serre (éco-label), de préservation de la santé et de la biodiversité (Cf. Fiches thématiques 1, 2 et 3).

10 Propositions d'évolution des dispositifs de recherche et de formation

66 Voir exemple n° 10 99

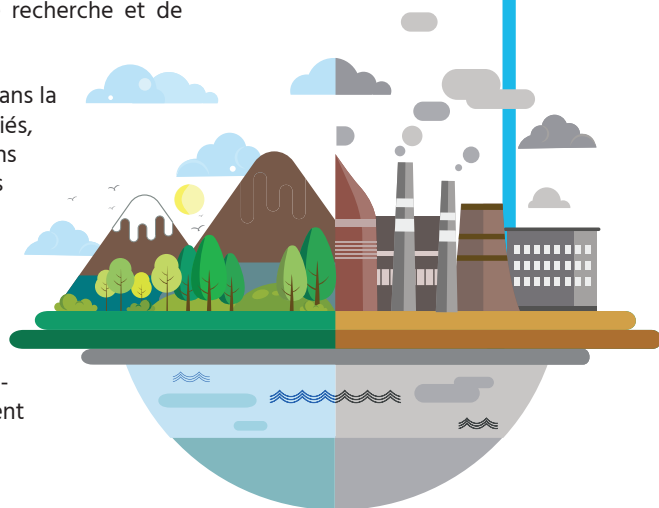
Enjeux

Le défi des grandes transitions (climatique, environnementale, énergétique, ...) invite à développer de nouvelles orientations thématiques et approches méthodologiques permettant de résoudre des problèmes systémiques en dépassant les approches sectorielles et disciplinaires. Pour cela, il semble nécessaire de promouvoir :

- 1** Des approches plus systémiques s'appuyant sur une quantification et une qualification multi-dimensionnelles des impacts et des ressources,
- 2** Une interdisciplinarité dans les dispositifs de recherche et de formation.

Sur le plan de la recherche, l'interdisciplinarité doit s'intégrer dans la programmation de la recherche en ouvrant des segments dédiés, elle doit pouvoir être prise en compte en tant que telle dans les évaluations des chercheurs, au même titre que les activités disciplinaires.

L'enjeu climatique à l'horizon 2050 concerne en première ligne les jeunes générations appelées à agir de façon éclairée face à ces grandes transformations. Ainsi, l'éducation et la formation des citoyens et des futurs décideurs doivent accompagner ces transitions en intégrant des approches interdisciplinaires et systémiques de l'école primaire à l'enseignement supérieur.



Actions

Structuration de la recherche

- ▶ **Faire émerger des dispositifs** permettant des observations des systèmes « en transition » sur des temps longs : phase amont, démonstration, déploiement, vie du système, démantèlement. Développer en particulier les **dispositifs d'observation** à moyen terme et d'instrumentation inter-échelles et transnationales.
- ▶ **Favoriser la création de réseaux de recherche européens** sur les thématiques liées aux grandes transitions : politiques comparées de la gestion sanitaire, écologique et environnementale des crises, politiques comparées d'adaptation aux aléas climatiques, politiques comparées en matière énergétiques et formes de transition, ceci afin de tirer des enseignements mobilisant l'ensemble des domaines de compétence.
- ▶ **Consolider les politiques de production, d'accès aux données pour la recherche**, conforme au règlement général de protection des données (RGPD) et aux orientations de la Science Ouverte. Les perspectives envisagées seraient la création de biens communs fondés sur un accord éclairé des citoyens et une interopérabilité des données sécurisée et maîtrisée. Ceci pourrait se faire par le biais d'observatoires, hors du champ concurrentiel ou décisionnel, et opérés par des acteurs neutres de type recherche ou fondation.

Programmation de la recherche

- ▶ **La nécessité d'agir vite pour répondre aux défis posés par les grandes transitions invite à favoriser la genèse d'objets de recherche en rupture**, en finançant des projets de recherche ambitieux à risque.
- ▶ **Dédier des segments de la programmation et des financements spécifiques pour la recherche** à destination de jeunes talents (doctorants, post-doctorants) qui s'engagent sur les sujets aux interfaces : santé/climat/énergie/société, énergie/numérique/société, recherches aux bénéfices de *living labs*, sciences de la durabilité.
- ▶ **Faire entrer l'interdisciplinarité dans la programmation de la recherche** : disposer de segments spécifiques dans la programmation et dans l'évaluation des projets. Établir des comités *ad-hoc* acculturés à l'interdisciplinarité. Définir des critères explicites d'évaluation des projets (pluri)-interdisciplinaires.
- ▶ **Ouvrir le monde de la recherche à des parties tierces et aux citoyens** : intégrer un large panel de parties prenantes (collectivités, associations, entreprises, élus, ...) dans des collectifs de recherche plus ouverts ; impliquer des citoyens en tant que partenaires des projets de recherche (à l'image de cohortes de patients ou des associations de malades ou de collectifs de consommateurs/producteurs dans les chaînes alimentaires ou énergétiques) ; développer des *living labs* à l'échelle des territoires. Tout ceci nécessitera de créer les outils programmatiques *ad-hoc* disposant d'une capacité à financer des parties tierces (hors recherche et industrie).



Jeunes chercheurs

- ▶ **Favoriser le développement d'écoles d'été interdisciplinaires** à destination des doctorants et des jeunes chercheurs.
- ▶ **Mettre en place des appels d'offres "Jeunes talents" sur des thématiques croisées** (Cf. Fiche thématique 1 - Climat-santé- pour attirer vers ces thématiques des étudiants avec un haut potentiel et leurs équipes d'accueil.

Formation

- ▶ **Encourager le développement de formations interdisciplinaires** en s'appuyant sur le concept du profil en « T » (barre verticale : compétence cœur spécialisée, barre horizontale : compétence d'ouvertures permettant de conférer la capacité de mettre en œuvre des approches holistiques), des formations s'appuyant sur deux compétences : sciences + humanités ou numérique + humanités...
- ▶ **Concevoir et systématiser des pratiques pédagogiques innovantes** (apprentissage coopératif, apprentissage par problème, supports pédagogiques gamifiés) sur les enjeux associés aux transformations énergétique, écologique, sanitaire, numérique. Les intégrer aux différents cycles de formation, de l'école primaire à l'enseignement supérieur, en s'appuyant sur le domaine des sciences de l'éducation.

“

Exemples

”

“ 1 ”

Quelques exemples de travaux à conduire

A titre d'exemples, des travaux dans les domaines suivants impliquant fortement les spécialistes en santé devront être conduits.

Impacts de scénarios

Des études d'impacts en santé prospective examinant les retentissements sur la santé de scénarios d'évolution des trajectoires futures relatifs aux secteurs de l'énergie, de l'alimentation, de la construction, de la ville... et des émissions de gaz à effet de serre ou de polluants associées doivent être entreprises, impliquant la collaboration étroite d'épidémiologistes (établissant des relations dose - réponse avec la santé), d'économistes, de spécialistes des technologies de l'énergie.

Impact des vagues de chaleur sur la santé

L'occurrence de plus en plus fréquente de vagues de chaleur invite à mener des études documentées prenant en compte des données afin de comprendre les effets sur la santé, au sens large, humaine, environnementale, au sein des territoires (incluant les îlots de chaleur urbains), et en s'intéressant aux mécanismes comportementaux, environnementaux, climatiques et physiologiques à l'origine de ces effets.

“ 2 ”

Trajectoire d'émissions de GES au Pérou

Pour comprendre les synergies et les spécificités des NETs naturels (par opposition aux NETs technologiques) par rapport aux ODDs, il faut les situer dans le système régional, national ou global d'usage des terres. La méthode DDP AFOLU est une méthode d'analyse prospective pour construire des scénarios de réduction des émissions de GES pour le secteur AFOLU (agriculture, forêts, et autres usages de terre). La méthode permet de situer les NETs naturels en comparaison des autres leviers de décarbonation applicables dans le secteur (y compris par l'amélioration de l'efficacité de la limitation des GES de la production agricole, par la production de biomasse en substitution aux combustibles fossiles ou par une évolution de la demande). Cela permet d'analyser la façon dont les NETs naturels déterminent les possibilités d'actions sur les autres leviers de décarbonation et de mesurer l'impact de l'ensemble des actions sur la biodiversité et la sécurité alimentaire.

L'exemple illustré ici est une analyse prospective réalisée au Pérou, produit avec le modèle POLYSIS et une version pilote de la méthode DDP AFOLU. Pour réduire ses émissions et augmenter ses émissions négatives, le Pérou prévoit de réduire la déforestation et d'augmenter l'afforestation. Cela nécessite d'intensifier la production agricole et, dans le cas spécifique du Pérou, de remplacer le riz (souvent produit sur des terres récemment déforestées) par des plantes à tubercules. D'un côté cela permettrait de générer des émissions négatives (*LULUCF sinks*), avec des émissions issues de la production agricole qui augmenteraient légèrement (Agriculture CH_4 et N_2O).

L'intensification agricole permet d'améliorer l'accès à l'alimentation (avec une consommation des kcal/cap/jour qui augmente). La méthode ne permettant pas une analyse détaillée des effets sur la biodiversité, il est pourtant clair que la forte réduction de la déforestation

aurait des effets positifs, alors que l'intensification agricole risque de nuire à la biodiversité dans les paysages agricoles. Les effets de l'afforestation dépendent de la manière dont cela est fait : s'agit-il d'une régénération naturelle ou de plantations ?

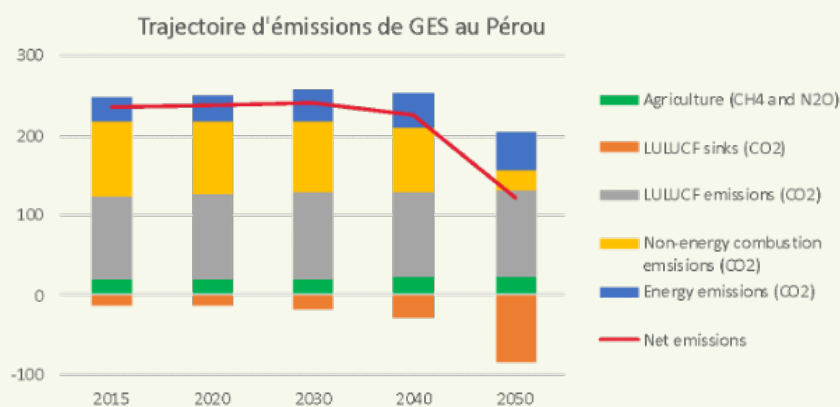
Cet exemple montre la nécessité de considérer la place donnée aux émissions négatives dans les stratégies de décarbonation, et de considérer les impacts que les NETs auront 1) sur le système d'usage de terre, notamment la production agricole, et 2) sur certains ODDs, notamment la sécurité alimentaire et la biodiversité. Bien comprendre ces impacts demande une analyse fine de la transformation physique

du secteur (pratiques agricoles, pratiques de re-/afforestation, etc). Les analyses prospectives et des modélisations capables de prendre en compte ces enjeux sont donc utiles pour cadrer le débat autour des NETs (même si la bonne compréhension des enjeux autour de la biodiversité reste un défi pour les analyses prospectives et les modèles).

Transposé à la France, cet exemple peut être décliné sur plusieurs cas

concrets, par exemple à l'échelle de grandes régions céréalières avec une problématique spécifique sur l'appauvrissement des sols en matière organique (< 20 T C/ha). Les analyses prospectives et les modélisations seront nécessaires pour montrer les stratégies possibles et éclairer les débats entre les chercheurs et les acteurs (politiques publiques, agriculteurs, aménageurs...), mais cela demande de répondre aux questions clés posées autour de la mise en œuvre des NETs.

Source : Johannes Svensson (IDDRI)



“ 3 ”

Les nouvelles technologies du numérique et de l'énergie à l'épreuve des ressources minérales

La digitalisation et la transition numérique posent la question du juste compromis entre flux numérique, de matière et d'énergie et interrogent l'impact sur le besoin en ressources minérales.

L'approche systémique est plus que jamais nécessaire et doit prendre en compte l'évolution des technologies et leur besoin en matières premières (offre-demande), l'ensemble du cycle de vie (ressources primaires : disponibilité, technologies d'extraction, recyclage), ainsi que les nombreux impacts induits : tensions géopolitiques, dépendances économiques, génération d'environnements toxiques, effets sur la santé humaine et sur la biodiversité, sur la stabilité politique des États.

Au regard de ces enjeux de transition, des axes de recherche structurés sur les thèmes ressources, scénarios, dynamique des systèmes, vulnérabilité et risques devraient émerger, intégrant de nombreux acteurs (technologies, écologie-environnement, SHS, santé) autour d'une même volonté d'analyse. Elle permettrait une compréhension sur le long terme des risques pour les territoires et les populations. Elle favoriserait des technologies alternatives et des couplages de solutions, qui apporterait une information scientifique éclairée et validée à destination de la société civile, des ONG, des décideurs.

“ 4 ”

La science des données pour la gestion des systèmes multi-énergies à l'échelle d'une métropole

Dans un scénario d'augmentation de la pénétration d'énergies renouvelables variables et intermittentes et de développement des systèmes énergétiques distribués (« prosommateurs »), l'optimisation de la conception et du pilotage des systèmes énergétiques interconnectés (gaz, électricité, chaleur) en réseau est un enjeu majeur.

Les verrous portent :

- sur les aspects numériques : traitement de données massives pour aboutir à des représentations fiables de la demande, des marchés de l'énergie (électricité, gaz, chaleur), anonymisation des données collectées auprès d'utilisateurs finaux, intégration d'une approche stochastique afin qu'ils optimisent et réduisent leur consommation,
- sur les aspects énergétiques : intégration de la dynamique et des contraintes des systèmes énergétiques dans les problèmes d'optimisation, parfois sur différentes échelles de temps (stockage de l'énergie), réduction de modèles multi-physiques...

L'objectif sera de fournir des outils de diagnostic, de contrôle et d'aide à la décision aux particuliers, aux collectivités pour qu'ils optimisent leur consommation, dans une perspective de systèmes multi-énergies.

Cette problématique, à l'échelle d'une métropole, ne peut être traitée que par une approche interdisciplinaire forte associant les communautés de l'énergie et les sciences du numérique.

“ 5 ”

Le démonstrateur (living lab) territorial pour l'hydrogène

Sur le principe d'un laboratoire vivant à croiser la participation d'une collectivité (engagée sur des infrastructures de production, de distribution et des usages d'hydrogène), d'acteurs de la recherche et de la formation et aussi d'entreprises engagées sur un même territoire, analyser les dépendances et interdépendances des flux locaux, intermédiaires, globaux dans la chaîne de valeur (électricité, eau, hydrogène,...) ; proposer des scénarios qui permettent de comprendre l'organisation des différentes échelles spatiales (territoires, régions, espaces transfrontaliers,..), qui matérialisent les impacts (sociaux, économiques, énergétiques, environnementaux, mobilité) et examinent les contributions des acteurs afin que les bénéficiaires des services soient impliqués dans les enjeux de souveraineté et de résilience du territoire ; proposer des modèles basés sur le recueil et la collecte de données sur le long terme et leur analyse afin d'anticiper les choix et faciliter les décisions.

Reconversion, le projet de territoire du Warndt Naborien (PTWN) en Moselle-Est.

Ce territoire pourrait-il héberger un *living lab*, territorial et transfrontalier, à destination communautés scientifiques, impliquant les parties-prenantes (citoyens, décideurs, industriels) ?

La mise à l'arrêt de la dernière tranche à charbon du site de la centrale thermique Emile Huchet à Saint-Avold est planifiée d'ici 2022. Les 4 EPCIs impactées par la fermeture de la centrale, avec l'appui de l'Etat, de la région et du département se sont engagées dans un projet de reconversion du territoire. Un projet de structuration et de création d'une filière de production, stockage et valorisation d'hydrogène fait partie des projets à l'étude pour le territoire. Les travaux actuels en cours cherchent à fédérer l'ensemble des parties prenantes sur l'ensemble de la chaîne de valeur. L'université de Lorraine est engagée comme partenaire académique, ainsi que quelques entreprises dans la réflexion de ce hub territorial du Warndt Naborien, dont la première phase pilote est avancée pour 2025.

“ 6 ”

Observatoires open-data et parcs d'éoliennes flottantes ou posées déployées en mer

A partir de l'ensemble des données publiées, les observatoires pourraient apporter des éléments de perception du milieu marin au regard des différentes parties prenantes du territoire ; participer à la compréhension des enjeux et des conditions de son exploitation et usage ; construire des connaissances pertinentes offrant une concertation avertie et plus collective ; questionner la chaîne de valeur des impacts énergétiques, environnementaux et sociaux dans le flux local et national.

Par exemple, le parc pilote des 3 éoliennes flottantes du projet Provence Grand Large, celui des 80 éoliennes posées sur le banc de Guérande près de Saint-Nazaire, les 64 éoliennes de Courseulles-sur-Mer sont autant d'opportunités pour comprendre le déploiement d'une filière ENR, mature ou nouvelle et ainsi établir les bases d'un dialogue avec les territoires et les collectivités locales autour des données.

“ 7 ”

Enjeux démocratiques sur les scénarios du mix énergétique à 2050

Un mix énergétique, prenant en compte une hypothèse d'énergies renouvelables entre 50 et 100% dans la production d'électricité, pourrait s'inscrire dans une trajectoire allant vers la neutralité carbone à l'échelle de la France. L'analyse technico-économique porte sur les opportunités de ré-industrialisation, de création d'emplois et de réduction de l'empreinte carbone. En cas de rupture d'approvisionnement due à un événement extrême de nature climatique, géopolitique ou technique, les territoires – à toutes les échelles – peuvent être menacés par un black-out. En prenant en compte les données d'observation à l'échelle d'une région fortement engagée dans la planification de la réalisation d'objectifs ENR – à un tel niveau – à 2030-2040-2050, il serait important d'éclairer le débat public sur l'évolution du territoire et le chemin à parcourir pour l'atteinte de la cible. Il serait intéressant d'illustrer la transformation conséquente du territoire qu'impliquent ces objectifs, la recombinaison des flux internes et externes, les bénéfices et leurs impacts, la compréhension de la contribution locale au schéma global. Enfin, une étude pourrait être menée pour réinterroger la façon d'expliquer les chocs, les causes des chocs, les gains et pertes, de façon démocratique, et en solidarité collective ; anticiper des tests de résistance (stress-test) pour partager les solutions de flexibilité, d'effacement, jusqu'au renoncement en cas de choc d'approvisionnement en particulier s'il est dépendant d'une source d'énergie prépondérante ou d'un système critique et non redondant.

“ 8 ”

La résilience alimentaire à l'échelle des territoires

(extrait du rapport 2020 de l'association Les Greniers d'Abondance (<https://resiliencealimentaire.org>))

Cette association réunissant chercheurs et citoyens, partant des constats scientifiques sur les diverses crises qui risquent de mettre en péril la sécurité alimentaire, élabore et propose des mesures visant la résilience alimentaire au niveau des territoires infra-nationaux.

Il s'agit d'une démarche participative, associant chercheurs, experts, citoyens, municipalités. Elle est de nature systémique, à la fois en ce qui concerne les constats (changements climatiques, biodiversité, dégradation et artificialisation des sols, épuisement de certaines ressources, instabilité économique et politique) et les mesures proposées (prenant en compte non seulement la production et la consommation alimentaire, mais également l'emploi, l'énergie, etc.).

Les propositions favorisent une forte diversité des solutions mises en œuvre, au sein et entre les territoires, augmentant ainsi la résilience face à des crises et respectant la diversité des territoires (diversité culturelle, sociale, économique, etc.). Même si un certain niveau d'autonomie est visé, l'importance d'une réflexion inter-échelles est prise en compte.

“ 9 ”

Connexion entre territoires pour développer des capacités d'apprentissage en matière de résilience

Une approche pourrait être de favoriser l'adoption d'objectifs « climat-énergie » à l'échelle des territoires, au-delà des objectifs nationaux ; développer des capacités d'autonomie des territoires et de solidarités entre eux (exemple La Convention des Maires, <https://www.conventiondesmaires.eu>)

“ 10 ”

Des dispositifs encourageant l'interdisciplinarité

Au gré des avancées et des nouveaux questionnements, les recherches scientifiques dans une discipline tendent naturellement vers la spécialisation, la complexification et l'autonomisation de cette discipline. Et cette évolution (largement étudiée) impacte et structure l'organisation du monde de la recherche.

Il ne s'agit pas de nier la complexité des défis scientifiques en médecine, en sciences de l'environnement qui nécessitent une expertise pointue. Mais la recherche scientifique et tout particulièrement pour les questions systémiques, requiert d'alterner la concentration sur une question précise et la prise de recul, de faire varier constamment la focale. L'histoire des sciences montre à quel point, en astronomie, en biologie, en informatique les découvertes naissent souvent de l'emprunt d'un concept ou d'une théorie à une discipline parfois éloignée. Les noms choisis comme la métaphysique ou les réseaux de neurones en intelligence artificielle reflètent ces échanges et influences croisées.

Les crises sanitaires, écologique et environnementales créent un contexte qui, comme les grands événements historiques, doit être propice à un nouvel élan de la recherche et de l'innovation tant au niveau des sujets de recherche, de l'émergence de nouveaux concepts que de l'organisation de la recherche. Les sciences de l'environnement sont par essence multidisciplinaires par la complexité et la diversité de leurs sujets d'étude et il est primordial d'intensifier les recherches pluridisciplinaires par les échanges entre chercheurs, la mise en relation et la synergie entre les communautés et des financements dédiés.

Ceci pourrait être réalisé par l'organisation d'ateliers thématiques d'une durée de quelques jours regroupant des chercheuses et des chercheurs d'établissements et de spécialités différentes, des scientifiques qui ne se côtoient généralement pas et qui ne regardent pas exactement les mêmes objets ou le font sans adopter le même angle. Ces ateliers, alternant exposés scientifiques et échanges, doivent aboutir à l'émergence de projets de recherche originaux et ambitieux aux interfaces et bénéficiant des expertises mutuelles. Des moyens incitatifs permettant l'embauche de doctorants, de post-doctorants pourraient être dédiés au financement des projets les plus structurants ainsi élaborés.



Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie

<https://www.allianceenergie.fr/>



<https://www.allenvi.fr/>



<http://www.alliance-athena.fr/>



<https://www.allistene.fr/>



alliance nationale
pour les sciences de la vie et de la santé

<https://aviesan.fr/>

Direction artistique, conception graphique
Laetitia MARTIN
Laetmartin@gmail.com
06 09 61 77 43

Illustrations : Freepix.com, dont certaines
ont été récomposées par Laetitia MARTIN

Mai 2021