



**HAL**  
open science

## Pour une science de la Transition Énergétique au Service de la Société

Xavier Arnauld de Sartre, Frédéric Wurtz, Christophe Bouneau, Freddy Bouchet, Gilles Debizet, Louis Fontenelle (de), Lise Desvallées, Marie Forget, Nathalie Kroichvili, Sandrine Mathy, et al.

### ► To cite this version:

Xavier Arnauld de Sartre, Frédéric Wurtz, Christophe Bouneau, Freddy Bouchet, Gilles Debizet, et al.. Pour une science de la Transition Énergétique au Service de la Société: Rapport du groupe interdisciplinaire ARPEGES CNRS pour la Transition énergétique. CNRS, cellule énergie. 2023, 18 p. halshs-04594804

**HAL Id: halshs-04594804**

**<https://shs.hal.science/halshs-04594804>**

Submitted on 30 May 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain



# Pour une science de la Transition Énergétique au Service de la Société

Rapport du groupe interdisciplinaire ARPEGES CNRS  
pour la Transition énergétique

Coordinateurs :

Xavier ARNAULD DE SARTRE & Frédéric WURTZ

Contributeurs rédaction :

Christophe BOUNEAU, Freddy BOUCHET, Gilles DEBIZET, Louis  
DE FONTENELLE, Lise DESVALLEES, Marie FORGET, Nathalie KROICHVILI,  
Sandrine MATHY, Anne-Cécile ORGERIE, Dominique PECAUD, Gilles  
LEPESANT, Jacques PY, Olivier VIDAL, Sébastien VELUT

Participants groupe Arpèges Transition énergétique :

Alain CLAPPIER, Lev FILIPPOV, Marc CLAUSSE, Philippe MARCHAL

2023

## Table des matières

Préambule – La nécessité, face à une science de la transition énergétique au service de l’innovation technique et matérielle, d’une science de la transition énergétique au service de la société .....	3
Introduction – Analyse, questions et structuration pour une science de la transition énergétique au service de la société .....	4
Première partie – L’étude des transitions énergétiques doit être systémique, transdisciplinaire, réflexive et mue par des objectifs de justice et d’éthique .....	5
La transition, un processus qui ne saurait être linéaire et parfaitement pilotable .....	5
Enjeux de la période actuelle en matière de transition énergétique.....	5
Principes de justice et d’éthique qui doivent guider les transitions .....	6
Deuxième partie – Proposition de thématiques de recherche .....	7
Quels cadres théoriques pour analyser la conception et mise en œuvre des transitions .....	7
Acteurs et échelles des transitions.....	7
Techniques et matérialités des transitions .....	8
Anticiper les externalités liées à la respatialisation des énergies .....	9
Modèles économiques, techniques et sociaux des transitions.....	10
La conception de modèles de production / consommation .....	11
Pratiques de consommation d’énergie à l’aune des transitions et des chocs .....	11
Outils de passage au réel de l’accès à l’énergie entre Nord et Sud et sobriété effective .....	12
Accès à l’énergie et aux ressources (accès pays du Sud).....	12
Accès et gouvernance de l’énergie et des ressources (pays OCDE) .....	13
Troisième partie – Méthodologie et propositions de structuration d’une recherche science-société pour la Transition Énergétique.....	13
Attitudes de recherche – De la réflexivité sur les postures et les méthodes de recherche à une approche d’ouverture scientifique.....	14
Interdisciplinarité .....	14
Observatoires, données & living lab.....	15
Enseignement et médiation .....	15
Vers une structuration académique de l’intégration des connaissances dans le domaine de l’énergie : un GIEC national de l’énergie .....	16
Conclusion – Une recherche interdisciplinaire pour adresser les enjeux sociotechniques de la transition énergétique .....	18

## Préambule – La nécessité, face à une science de la transition énergétique au service de l’innovation technique et matérielle, d’une science de la transition énergétique au service de la société

Nous proposons, en guise de préambule, de tirer les enseignements de la journée Énergie du 27 avril 2023 et du séminaire Transition et Société du 28 avril<sup>1</sup>. Cet évènement conjoint entre les deux journées, de par son audience (près de 200 participants) et du retentissement qu’il a suscité, a sans doute marqué une étape clef. En effet, l’exposition des travaux en cours, notamment dans les programmes PEPR détaillés le 27 avril, et les tables rondes du 28 avril sur une recherche Transition et Société abordant entre autres, les thèmes de la sobriété, de la flexibilité, ou de la résilience face au choc de type délestage ou black-out, a permis de mettre en lumière un contraste. La première journée a en effet majoritairement présenté une posture de recherche qui aborde la transition énergétique par les enjeux et les leviers suscités par l’innovation autour des solutions techniques et matérielles, cette dynamique étant largement impulsée par les programmes de type PEPR : en bref une science résolument au service de l’innovation technique et matérielle. Par contraste, la deuxième journée a montré la nécessité d’accompagner cette innovation technologique par une recherche orientée « société », postulant que les leviers techniques et matériels ont pu connaître, et vont connaître des limites (à l’instar de la crise énergétique de l’hiver 2022-23 au cours de laquelle les limites des systèmes techniques disponibles ont été atteintes et clairement perçues par les acteurs), impliquant de légitimer aussi une posture et une dynamique de recherche dans laquelle la technique ne soit pas trop candidement perçue, comme le vecteur incantatoire des solutions de la Transition énergétique. Autrement dit est apparue la nécessité d’une posture de recherche qui, tout en reconnaissant le caractère intrinsèquement technique et matériel des activités énergétiques, veut se situer dans un cadre définissant et pensant, *ab initio*, les limites techniques et matérielles de ce système énergétique dans des dimensions que sont les potentiels de déploiement, d’utilisation, de mobilisation de ressources, et d’impact. Ces limites se doivent d’être pensées et compensées, consubstantiellement avec la mobilisation d’autres leviers que sont les modes de vie, les pratiques, les comportements, les valeurs éthiques, les normes et les politiques publiques. Ceci appelle une approche, sans hiérarchie entre science des systèmes et sciences humaines et sociales pour un cadre d’analyse sociotechnique global et soutenable, ceci dans le but de définir une science de la transition énergétique au service de la société.

Il est dans nos possibilités et dans nos ambitions que ces approches différentes entre recherche au service de l’innovation technique et matérielle et recherche au service de la société, ne se limitent pas à des oppositions stériles, mais offrent ensemble un panel contrasté et fécond. Nous espérons l’initier par ce document de synthèse et de proposition de l’Arpège Transition énergétique. Ce rapport formule des propositions autour de la nécessité de soutenir, d’impulser, de structurer, de rendre visible, plus largement qu’elles ne le sont actuellement, des postures de recherche en dialogue que nous appelons « Sciences de la Transition énergétique pour la Société ».

---

<sup>1</sup> voir <https://www.celluleenergie.cnrs.fr/avril-2023-colloque-energie-seminaire-transition-energetique-et-societe/> ainsi que le retour fait par CNRS info : <https://www.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/defi-transition-energetique-vers-un-giec-de-lenergie>

## Introduction – Analyse, questions et structuration pour une science de la transition énergétique au service de la société

La transition énergétique constitue un défi scientifique : à la fois un défi technique (décarboner la production d'énergie pose des questions de production, de transport, de stockage et de consommation de l'énergie), politique (de coordination, mais aussi très largement de pilotage), mais aussi une question qui a de très fortes implications sociales. Le défi est en outre écologique, dans la mesure où cette transition doit se faire en minimisant l'impact écologique dans une planète aux ressources limitées. C'est également une question aux implications politiques très importantes pour les scientifiques : une injonction collective dont le contenu ne peut être défini précisément, y compris en termes technologiques, sans susciter débats et controverses. L'histoire constate les transitions a posteriori, elles se décident rarement de façon univoque et pilotable, leurs modalités peuvent être subies souvent à la suite de chocs et de crises. En un mot, l'étude des transitions appelle des approches systémiques, transdisciplinaires, orientées problème et réflexives, voire critiques.

Poser ce diagnostic constitue un prérequis destiné à répondre aux questions qui constituent la commande à l'origine de ce rapport : poser des questions de recherche pertinentes, et impulser une dynamique collaborative. Ces deux dimensions sont intrinsèquement liées. Les questions que posera ce rapport ne sont pas les seules questions que suscite la transition énergétique. En revanche, ce sont des questions qui, de par leur complexité, nécessitent à la fois un soutien particulier de la part des institutions, et, c'est l'hypothèse que nous faisons, une organisation institutionnelle adéquate pour se donner les moyens de les traiter avec une posture « sciences pour la société » précédemment introduite. D'autres questions, nombreuses, se posent – mais il nous semble qu'elles sont plus facilement prises en charge par les dispositifs actuels de soutien à la recherche, en particulier celles relevant de la science au service de l'innovation matérielle et technique. Celles que nous poserons ici sont plus complexes, et nécessitent des dispositifs d'accompagnement spécifiques.

Cela explique le plan de ce rapport :

- Dans la première partie, nous analyserons les enjeux de la transition énergétique, en décrivant le contexte, les présupposés de la notion de transition et ses prérequis.
- Dans une seconde partie, nous poserons quelques-unes des questions vives en matière d'étude des transitions.
- Dans une troisième partie, nous ferons des propositions d'organisation de la recherche pour permettre la prise en charge de ces questions selon une approche « sciences de la Transition pour la Société ».

# Première partie – L'étude des transitions énergétiques doit être systémique, transdisciplinaire, réflexive et mue par des objectifs de justice et d'éthique.

## La transition, un processus qui ne saurait être linéaire et piloté

Dans le contexte du réchauffement climatique, envisager une transition écologique comme mégaprojet se voulant rationnel et pacifique parce qu'universellement applicable devrait s'imposer comme une exigence pour maintenir une planète habitable. Il n'en est pourtant rien quand on s'attache aux impensés, voire aux intentions, que véhicule cette notion de transition.

La transition énergétique et écologique, comme toute transition sociétale, constitue un processus de transformations multidimensionnelles, dont les éléments sont en interaction (comprenant des boucles de rétroaction ou de renforcement) conduisant d'un système ayant une certaine cohérence à un nouveau système dont les parties constitutives sont suffisamment accordées pour dessiner une nouvelle cohérence. Du fait de l'inertie de choix passés (notamment en matière d'investissement dans les infrastructures) et comme toute transformation impliquant des institutions humaines (organisations formelles ou habitudes de pensée et d'action), assortie de rapports de pouvoir et de formes de résistance au changement, la transition énergétique et écologique fait face à des verrouillages (*lock-in*) dans le cadre d'un processus de dépendance à la trajectoire (*path dependency*).

Même en poursuivant une intentionnalité d'action (et donc une finalité), du fait de la multiplicité des acteurs (et donc des finalités), des interactions, des niveaux d'action ainsi que d'une articulation avec des dynamiques issues de la trajectoire passée, le résultat de l'évolution ne sera pas celui projeté par les acteurs. Ainsi, la transition n'est pas un processus téléologique et la maîtrise de la trajectoire n'est que très partielle, sans toutefois être aveugle, c'est-à-dire hors de contrôle.

De ce fait, une transition sociétale présente toujours des moments de tension et de résolution (ou non) de ces tensions (avec des effets de cliquet lorsque des décisions collectives sont prises) ; même si elle se déploie dans la durée, elle ne peut être graduelle, au sens de maîtrisée et douce.

## Enjeux de la période actuelle en matière de transition énergétique

La période contemporaine, qui a donné lieu à cette commande, a nombre de caractéristiques très importantes pour en comprendre la spécificité. Il apparaît que cinq doivent être particulièrement retenues :

1. La première est que **cette transition n'a pas de dynamique endogène propre**. C'est le changement climatique qui implique de changer de système énergétique.
2. La transition énergétique est à penser dans le cadre de l'Anthropocène, c'est-à-dire d'un monde fini. La finitude se retrouve dans la disponibilité et la localisation de matériaux pour construire les technologies de transition, dans la nécessaire intégration de la transition énergétique dans le contexte plus large de crise de la biodiversité et dans la remise en cause du modèle de production et de consommation qui a provoqué l'entrée dans l'Anthropocène.
3. La transition énergétique a une dimension **technique**, mais on ne peut pas prévoir de façon déterministe ses bases techniques, dans ses potentiels et innovations, comme dans ses limites. Elle est donc pour part prévisible, et pour une autre part largement imprévisible et incertaine, tout en étant soumise aux règles et limites de la thermodynamique (la technique ne peut pas tout), et des débats forts apparaissent sur la place même que doit tenir la technique dans les transitions.

4. La question de la transition énergétique est une **question éminemment spatiale**, pour trois raisons au moins. D'abord parce que tous les pays n'ont pas les mêmes besoins en énergie, et surtout pas les mêmes raisons d'avoir des besoins en énergie. Ensuite parce que les énergies renouvelables invitent à repenser l'organisation spatiale de l'énergie : il ne s'agit plus de produire en quelques lieux pour diffuser, par de grands réseaux, l'énergie dans la société, mais de multiplier les sources de production et de consommation. De ce fait, l'impact spatial de la transition énergétique est bien supérieur à celui du système fossile, que ce soit en quantité d'espace nécessaire ou en localisation des lieux de production d'énergie.
5. Enfin, l'énergie étant un secteur hautement stratégique, la transition énergétique a une **dimension géopolitique** forte. La transition énergétique ne saurait s'abstraire de la dimension géopolitique qu'implique la souveraineté énergétique, en termes de maîtrise des technologies, des sources d'énergie ou des matériaux qui permettent de produire l'énergie.

## Principes de justice et d'éthique qui doivent guider les transitions

Même si elle n'est pas totalement gouvernable, la mise en œuvre des transitions ne saurait se passer de considérations d'éthique et de justice.

La justice énergétique est un courant scientifique bien stabilisé à l'échelle internationale, qui considère que la justice énergétique doit se déployer tout au long de la chaîne énergétique (de la production d'énergie à sa consommation) et doit respecter les cinq dimensions de la justice : une dimension distributive (répartir équitablement les coûts et les bénéfices des transitions), procédurale (respecter les procédures légales), restaurative (compenser les pertes), existentielle (reconnaître les droits des personnes) et cosmopolitique (avoir une pensée globale des transitions).

La transition énergétique pose aussi des questions éthiques : en effet, pour réussir à gérer une transition énergétique rapide sur un plan planétaire, il faut en passer par une forme de sobriété et d'autolimitation, qui permet d'arriver à l'idée de limitation et de partage des ressources. Comment fonder éthiquement cette auto-limitation ? Cela passe par le respect de cinq grands principes éthiques :

1. Principe d'autonomie : respect de la singularité et de l'intégrité de la personne, de sa liberté d'action et la liberté de choix, pour autant qu'elles ne portent pas atteinte au droit d'une autre personne de choisir ou d'agir – l'accord de ce principe avec la notion de contrainte ne va pas de soi.
2. Principe de justice, notamment dans le partage des bénéfices, des coûts des transitions et, donc, de la pénurie énergétique à l'échelle planétaire.
3. Principe de bienfaisance ou de bienveillance. La bienfaisance consiste à maintenir le bien-être des personnes, pouvoir se chauffer en hiver, bénéficier d'une température clémente en été, pouvoir se déplacer.
4. Principe de non-malfaisance (ne pas nuire) consiste à ne pas causer de préjudice intentionnel ou d'éviter de participer à un comportement comportant un risque de préjudice. Les objectifs visés par les transitions ne sauraient se montrer aveugles aux conséquences négatives de la décision que l'on prend pour atteindre cet objectif, notamment pour les générations futures.
5. Principe de fidélité qui suggère la fiabilité, le respect des promesses et la loyauté.

Ces éléments sur la définition des transitions dessinent ce que doit être une recherche sur les transitions énergétiques : elle doit être systémique, notamment parce qu'elle s'inscrit dans un monde aux ressources limitées, guidée par des principes de justice et d'éthique et réflexive, c'est-à-dire qu'elle ne doit pas être dupe de ses propres catégories.

## Deuxième partie – Proposition de thématiques de recherche

### Quels cadres théoriques pour analyser la conception et mise en œuvre des transitions

Un cadre théorique pour penser la conception et la mise en œuvre des transitions est un enjeu majeur, mais quasiment impossible à mettre en œuvre. Les facteurs de complexité sont nombreux. L'ampleur des transformations nécessaires pour maintenir vivable la planète pour les populations présentes et à venir requiert des transformations profondes des modes de vie et des modes de production dans les pays du Nord et une amélioration dans les pays du Sud qui soit autant que possible bas carbone. Le triptyque sobriété, efficacité bas carbone et énergie renouvelable suppose des reconfigurations de l'ensemble de la chaîne énergétique : capture/conversion, transport/distribution, conversion et usages pour assurer les activités humaines ; c'est-à-dire, non seulement de transformer les relations entre production et consommation, mais aussi de redéfinir les rapports les modalités de production de l'énergie et d'en faire évoluer les usages.

Aucun grand cadre de pensée ne peut, à lui seul, analyser de façon englobante les transformations en cours. La focale de la conception des transitions énergétiques s'est déplacée vers des points saillants qui, pour l'essentiel, transcendent les disciplines : flexibilité, résilience, régulation, autonomie et dépendances, communautés énergétiques, approches low-tech, conventions marchandes, justice énergétique, faisabilité sociotechnique des innovations, reconfiguration, scénarisation, adaptation des pratiques ou des comportements.

#### *Exemples de questions*

Quels enseignements et notions émergent de l'analyse des transitions énergétiques passées ? Quels cadres de pensée des transitions énergétiques ? Si les approches sociotechniques ont la capacité d'hybrider les apports disciplinaires, sur quelles notions fortes émergentes (ou non) peuvent-elles s'appuyer pour analyser les points saillants des transitions ? Comment les sciences économiques qui ont été abondamment utilisées pour penser la mise en œuvre des transitions peuvent-elles intégrer les questions de justice et de démocratie énergétique et tirer parti des résultats des approches sociotechniques ? Dans des pays européens, comment les spatialités socialement et culturellement fractionnées peuvent-elles être prises en compte dans la conception des transitions ?

### Acteurs et échelles des transitions

Les transitions énergétiques élargissent le nombre et diversifient les types d'acteurs impliqués par rapport à un fonctionnement sans transition, notamment parce que les transitions deviennent un enjeu élargi, qu'elles modifient les pratiques, redistribuent les coûts et les accès à l'énergie et créent également des opportunités pour la participation politique et l'innovation technologique. Cet élargissement du spectre des acteurs et les incertitudes qui accompagnent la transition a pour conséquence une repolitisation des sujets énergétiques. Il ne s'agit plus seulement de questions laissées à des « experts » ; elles donnent lieu à un investissement de la part de collectifs citoyens, des médias, des organismes, etc. Elles posent donc des questions relatives au fonctionnement des débats et des controverses, dans différents cadres politiques, et à la constitution des agendas politiques.

Ces changements des acteurs impliquent également un changement des échelles dans lesquelles se déploient les transitions.



- Les coalitions d'acteurs diffèrent entre grands blocs économiques, tout comme la façon de comprendre les transitions, et de comprendre les potentialités (notamment économiques) qui y sont associées.
- Le rôle joué par l'État est en pleine recomposition : alors qu'il s'affiche comme le garant et le prescripteur dominant, il compose avec les acteurs en place ou émergents en fonction de positions idéologiques qui varient selon les gouvernements
- La question du rôle que peuvent jouer les territoires subnationaux dans la définition et la mise en œuvre des transitions se pose également, même s'ils ne peuvent être considérés comme des espaces de déclinaison des prescriptions de l'État.
- Le rôle joué par des acteurs émergents, dont le citoyen appelé à passer du rôle passif de consommateur énergétique, à celui de producteur actif à titre individuel, ou dans des collectifs de type communauté énergétique

Le déploiement massif des énergies renouvelables, la décarbonation des transports et d'autres transformations que pourrait nécessiter l'objectif de neutralité carbone affecteront substantiellement les secteurs économiques associés aux énergies fossiles tels que l'économie portuaire, les systèmes de distribution de combustibles et la maintenance des convertisseurs finaux (automobile, chauffage des bâtiments...) et, inversement, feront émerger de nouvelles polarités de pouvoir et de nouvelles activités autour de la gestion des énergies.

### **Exemples de questions**

Les modifications impliquées par les transitions énergétiques constituent-elles une rupture pour les acteurs ? Comment les rapports de force se reconfigurent-ils ? Y a-t-il de nouveaux modèles de gouvernance ? À quelles échelles ? Jusqu'à quel point les organisations et initiatives locales peuvent-elles porter une transition (ou quelle transition) ? Quelles reconfigurations transcales ou transvectorielles de gouvernance et de flux s'esquissent ? Pourquoi certains acteurs s'engagent-ils dans la TE ? Quel rôle joue la communication – quelles sont les informations qui sont diffusées, celles qui ne le sont pas ? Quelle place pour les sciences dans la définition des agendas de TE ?

### **Techniques et matérialités des transitions**

Les énergies renouvelables reposent certes sur des flux naturels, mais ces derniers, pour être transformés en énergie utilisable par l'homme, nécessitent le recours à des technologies qui ont besoin, pour être construites, de matériaux – qui se trouvent en quantités limitées. En outre, le métabolisme socio-économique des sociétés modernes repose sur l'existence d'une infrastructure dont le déploiement augmente avec le niveau économique (PIB/hab). La construction et le fonctionnement de cette infrastructure demandent de nombreuses ressources (matières premières, énergie, eau, air, sol).

La question est de savoir jusqu'où on peut augmenter ces ressources, les substituer ou limiter leur usage. Quelle sera la demande future en ressources pour les scénarios de transition énergétique anticipés ? Où trouver ces ressources ?

Ces questions renvoient à deux autres questions tout aussi cruciales :

- Le progrès technologique permet de remplacer des ressources de haute qualité par des ressources de moins bonne qualité, mais plus abondantes, ce qui donne l'illusion de l'abondance croissante. Mais une amélioration infinie est impossible, car il existe des limites physiques (thermodynamiques), de disponibilité de potentiel d'énergie et de matières, de capacité des systèmes techniques, qui ne peuvent pas être dépassées. Quand elles sont

atteintes, les impacts et les coûts de production augmentent irrémédiablement, en limitant l'accessibilité.

- Une partie des ressources sont disponibles localement, les autres sont importées, auquel cas tous les impacts environnementaux sont exportés et leur transport oblitère l'effort de décarbonation. Il faut estimer les impacts sur le lieu de prélèvement de la ressource à partir de la demande nationale (approche empreinte différente de l'approche directe).

Une vision systémique est donc nécessaire. Il est possible de bâtir des modèles dynamiques capables de reproduire les évolutions passées par pays au niveau mondial. Cela donne une évolution tendancielle. C'est la condition (nécessaire, mais non suffisante) pour ensuite bâtir des scénarios raisonnables pour le futur et éviter tout narratif hors-sol.

### ***Exemples de questions***

Comment s'écarter de la tendance historique pour réaliser la transition énergétique et minimiser les impacts environnementaux ? Comment encadre-t-on l'utilisation des ressources ? Comment partager les bénéfices et les risques des exploitations ? Qui exploite, au profit de qui ? Qui subit les conséquences négatives de l'exploitation ? Quand un compromis satisfaisant peut être trouvé, avec une certaine légitimité, comment le faire accepter par ceux qui ne voudront pas subir seuls le coût ? Plus largement, comment associer les publics aux décisions ? Comment intégrer les technologies et solutions possibles avec leur intensité en ressources et leurs impacts environnementaux dans les scénarisations économiques, sociales et environnementales et les mises en récit ? Comment caractériser le potentiel des technologies et des innovations tout en quantifiant leurs limites physiques et techniques ?

### **Anticiper les externalités liées à la respatialisation des énergies**

Appréhender et définir l'ambition et les objectifs de la transition énergétique demande de prendre en compte des systèmes complexes ayant des dimensions techniques, sociales, culturelles, économiques, politiques, juridiques, etc. Cette complexité de relations entre ces différentes dimensions se lit par la matérialisation de la transition. Cette matérialisation influe directement ou indirectement sur les scénarios de transition, en fonction des territoires, de leurs ressources financières et matérielles, des conditions du marché, des conditions initiales de chaque territoire et des équilibres géopolitiques entre eux et entre grands blocs continentaux, États et territoires infranationaux.

L'augmentation de la production renouvelable à proximité des lieux de consommation accompagne la poursuite de l'électrification, mais États et territoires ont été forcés de se confronter aux effets qui ont longtemps affecté uniquement des territoires lointains. Si les externalités négatives n'ont pas disparu dans les territoires du Sud, pourvoyeurs de la majorité des matières premières nécessaires à la transition, les Nord expérimentent à leur tour une matérialité nouvelle liée à ces énergies moins denses, à travers une demande intense en surface foncière et son artificialisation, la nécessité de développer des réseaux (haute et basse tension).

La mise en visibilité des infrastructures d'énergie renouvelable a des effets humains qui commencent seulement à être investigués. En outre, la transition énergétique fondée sur le développement des énergies renouvelables implique également de s'interroger sur le démantèlement des installations. Cet aspect est peu traité par la littérature alors que les premiers parcs de grande dimension arriveront rapidement à leur terme.

### ***Exemples de questions***

Mesurer les externalités de la TE dans différents territoires ? Quelles sont les limites au déploiement des ENR ? Mesurer les cycles de vie des ENR ? Quels sont les effets de la proximité spatiale et

organisationnelle entre la production et la consommation d'énergie ? Quel recul avons-nous sur le devenir des parcs renouvelables arrivés en fin de vie productive ?

## **Modèles économiques, techniques et sociaux des transitions**

L'atteinte de la neutralité carbone en quelques décennies devient le nouvel horizon de la modélisation, ce qui entraîne des modifications importantes dans l'analyse des stratégies de transition. Les modèles, qu'ils soient à dominante économique ou à dominante technologique, sont bien mieux adaptés à la description de changements progressifs et « à la marge » qu'à la description de changements systémiques ou « disruptifs ». Trois éléments doivent être pris en compte.

D'abord, en termes de limites liées au réel que les scénarios devront intégrer, trois points sont à signaler :

- Les politiques incitatives ne seront pas suffisantes. Des dispositifs réglementaires ciblés sur les acteurs tels que les investisseurs, les fournisseurs, les concepteurs, les consommateurs seront nécessaires.
- Des dimensions physiques et techniques de l'énergie doivent être prises en compte, mais également d'autres dimensions de la transition énergétique, dans leur potentiel et dans leurs limites. D'un point de vue économique, là où la seule prise en compte des énergies marchandes pouvait être, jusqu'alors (dans un mix essentiellement fossile et fissile), adaptée, les paysages énergétiques de la transition énergétique devront laisser une large place aux nombreuses énergies consommées ou produites qui échappent à ces énergies marchandes (apports solaires ou géothermiques, autoconsommation, récupération d'énergie fatale). Il s'agira alors de combler le fossé entre énergie utile et énergie marchande en donnant leur place aux énergies utiles, mais non marchandes dans la modélisation.
- Enfin, ces modèles présupposent également une homogénéité des situations spatiales et territoriales, ce qui n'est bien sûr pas conforme à la réalité. Il est alors impossible de renseigner les spécificités locales et les conséquences sur chaque territoire en termes de déploiement pertinent, de représenter des communautés énergétiques locales dont certaines échappent d'ailleurs à la logique de marché.

Ensuite, dans un contexte mondial marqué par l'incertitude et la succession de crises, les gouvernements adoptent des politiques d'amortissement des chocs tendant à renforcer les *lock-in* technologiques, ce qui entre en tension avec les besoins de planification à long terme de la décarbonation. De nouveaux narratifs devraient ainsi chercher à explorer les enjeux relatifs à la vulnérabilité de nos systèmes et les opportunités de bifurcation.

Enfin, une littérature de plus en plus fournie tend à montrer, à l'échelle planétaire au moins, que les co-bénéfices des politiques climatiques sont supérieurs aux coûts de la décarbonation, alors que des effets adverses peuvent également survenir. De nouvelles approches enrichissant les notions de coûts marginaux de réduction des émissions gaz à effet de serre par les co-bénéfices et les effets adverses devraient être explorées.

### **Exemples de questions**

Peut-on « upgrader » les modèles prospectifs existants pour tenir compte de la complexité renouvelée ou faut-il concevoir de nouveaux modèles ? Si oui, sur quelle(s) base(s) ? Quelle granularité spatiale pertinente des modèles ? Quelle articulation entre les différentes échelles de la transition énergétique ? Quelle articulation entre modèles économiques, modèles des techniques et des technologies et modèles environnementaux ? Pour saisir la complexité de

la transition en train de se déployer et évaluer les actions pour l'accompagner et atteindre les objectifs visés, faut-il développer des modules plugables aux modèles actuels ou reconnaître ses limites et mobiliser d'autres méthodes issues des SHS ? Si oui, lesquelles ?

## **La conception de modèles de production / consommation**

Une approche de modélisation pour la conception, l'optimisation et la supervision des systèmes énergétiques à l'interface des acteurs sociaux et des contraintes techniques et physiques des systèmes énergétiques est nécessaire pour optimiser les comportements de consommation d'énergie.

Dans un scénario d'augmentation de la pénétration d'énergies renouvelables variables et intermittentes et de développement des systèmes énergétiques distribués, l'optimisation de la conception et du pilotage des systèmes énergétiques interconnectés (gaz, électricité, chaleur) en réseau sont des enjeux majeurs.

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 locaux et globaux (électricité, gaz, chaleur)
- Sur les aspects énergétiques techniques et physiques : intégration de la dynamique et des contraintes des systèmes énergétiques techniques et physiques dans les problèmes d'optimisation, parfois sur différentes échelles de temps, pour prendre en compte les dynamiques de stockage de l'énergie, ce qui peut adresser la question de la réduction des modèles multiphysiques dans l'espace et le temps...
- Sur le recueil de données, dans un objectif d'interaction et d'interopérabilité avec les acteurs sociaux impliqués (des consommateurs aux gestionnaires de réseaux) dans les systèmes énergétiques, impliquant évidemment des problématiques de protection des données personnelles.

L'objectif sera de fournir des outils de conception, de diagnostic, de contrôle et d'aide à la décision aux acteurs (particuliers, collectifs, collectivités, entreprises, gestionnaires de réseaux...) pour qu'ils puissent optimiser leur consommation, et en gérer l'adéquation avec la production avec en particulier les énergies intermittentes et renouvelables, dans une perspective de systèmes multiénergies. Il s'agit ainsi d'adresser des enjeux comme la sobriété et la flexibilité de la demande en plus du stockage, le tout pouvant être en interaction avec les enjeux de la mobilité, de la qualité de l'air et de la santé.

Cette problématique, à l'échelle d'un quartier, d'une métropole ou au-delà, ne peut être traitée que par une approche interdisciplinaire forte associant les communautés de l'énergie et les sciences du numérique, les sciences des systèmes et les sciences humaines et sociales.

### ***Exemples de questions***

Quelles nouvelles formes d'approches de modélisation à l'interface des potentiels et des contraintes physiques et techniques et de l'expression des besoins et contraintes des acteurs sociaux de la transition des systèmes énergétiques ?

## **Pratiques de consommation d'énergie à l'aune des transitions et des chocs**

Les pratiques de consommation sont essentielles pour la transition énergétique, parce que celles-ci passent par un changement des comportements. Les études de consommation d'énergie montrent comment celles-ci ne sont pas immanentes, dépendantes de besoins moyens que l'on pourrait définir in abstracto, mais qu'elles dépendent très fortement de l'offre et de la disponibilité de l'énergie. Ainsi,

la théorie des pratiques met l'accent sur la construction sociale des besoins d'énergie, que sous-estiment les scénarios de transition énergétique élaborés par les modélisateurs, pour lesquels les changements de la demande apparaissent comme plus malléables que le déploiement d'infrastructures lourdes.

Trois types de comportements peuvent notamment être approfondis :

1. L'accélération des transitions, voire des chocs sociaux et techniques, rendent probable la survenue de chocs énergétiques, interrogeant la résilience des sociétés.
2. Les grands comportements de consommation peuvent être interrogés. Deux grands leviers de modification des comportements de consommation sont possibles. La flexibilité, qui consiste à adapter la consommation d'énergie à l'énergie disponible, est un de ces leviers. La sobriété, qui consiste en une tempérance dans les comportements de consommation, est l'autre levier. Ces deux leviers peuvent être interrogés pour ce qu'ils impliquent.
3. Les changements des comportements de consommations appelés par les transitions posent des questions de gouvernance, d'éthique et de justice énergétique, qui se manifestent de différentes manières : conflictualité, retards, manque d'adhésion, etc.

### ***Exemples de questions***

Comment la survenue, possible ou effective, de chocs énergétiques affecte-t-elle le système sociotechnique énergétique et in fine les sociétés ? Quelles marges de consommations existent ? Quels mécanismes pour inciter aux changements de comportements ? Comment peuvent se construire des normes de comportement différentes ?

## **Outils de passage au réel de l'accès à l'énergie entre Nord et Sud et sobriété effective**

### *Accès à l'énergie et aux ressources (accès pays du Sud)*

Dans les pays du Sud, la discussion sur les transitions énergétiques est indissociable de celle sur l'accès à l'énergie, au sens des Objectifs du développement durable (pour la consommation des ménages, l'éducation, mais aussi pour de nouveaux besoins : climatisation, numérique), avec comme objectif de résorber la précarité et la pauvreté énergétiques. Pour de nombreux pays, la TE passe d'abord par l'accroissement de la disponibilité en énergie et donc la mobilisation de ressources et les aménagements dans les territoires pour y accéder et les mettre en valeur. Apporter des solutions à ces différentes problématiques est essentiel pour ne pas reproduire au Sud les modèles énergétiques dont le Nord voudrait se débarrasser.

Pour répondre à ces défis, États, entreprises et gouvernements locaux ont mis en place des solutions innovantes et expérimentent des modes d'organisation donnant l'accès aux services énergétiques. Dans les sites isolés (volontairement ou involontairement), la solution pourrait venir du développement de dispositifs d'échelle locale (hameau, quartier) partiellement déconnectés du système.

### ***Exemples de questions***

Les technologies « adaptées » sont-elles adaptées (et adoptées) ? Mécanismes de financement de la TE ? Quels sont les systèmes techniques de bonne taille, par rapport aux perspectives de consommation ? Le rattrapage des niveaux de consommation est-il possible ? Quelle possibilité de mettre en place des solutions alternatives, qui ne soient pas mimétiques des pays du Nord ?

Comment fonctionnent les dispositifs déconnectés du système ? Est-il possible de les généraliser sans remettre en cause des principes d'équité ?

### *Accès et gouvernance de l'énergie et des ressources (pays OCDE)*

Dans les pays largement développés, la substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables et l'électrification annoncée de la mobilité réouvrent le champ des possibles en matière de localisation de la production : des grappes de grands parcs éoliens ou solaires d'une puissance similaire à celle d'une centrale nucléaire, une autoproduction individuelle généralisée (du moins dans l'habitat individuel) couplée avec les batteries de véhicules électriques ou bien encore des échelles spatiales intermédiaires coordonnant localement l'offre et la production. Ces visions du futur appellent des analyses des transformations historiques et contemporaines des réseaux et plus largement des systèmes énergétiques, qu'ils soient électriques, thermiques ou autres. L'autonomisation énergétique de collectifs intermédiaires, de type communautés énergétiques démultiplie les possibilités d'investissement et de réappropriation de l'énergie, mais elle questionne la fiabilité et la solidarité du système global, si tant est que puisse être qualifiée de « global » un système énergétique.

Ces questions s'élargissent au rôle des différentes autorités territoriales dans la planification, et la régulation de l'énergie et, ce faisant aux formes de la démocratie. Alors que la neutralité carbone nécessite davantage de sobriété dans la conduite des activités humaines dans les pays du Nord, des liens commencent à être établis entre le passage à des pratiques plus sobres en énergie, la disponibilité des infrastructures et la contribution aux décisions collectives et publiques. La sobriété semble d'autant plus choisie que les deux dernières conditions sont réunies en plus de la conscience écologique. Elle s'avère contrainte dans les situations contraires.

### **Exemples de questions**

Comment penser le déploiement d'échelles intermédiaires de coordination de la relation entre production et consommation d'énergie ? Dé-marchandisation de l'énergie, alternatives au marché, territorialisation de l'énergie, ontologie écosystémique ? Reconfiguration du contrat social, des contrats sociaux de l'énergie, de la justice énergétique ? Modalités et leviers de l'acceptation de la sobriété ?

## **Troisième partie – Méthodologie et propositions de structuration d'une recherche science-société pour la Transition Énergétique**

L'interface entre science et société que se propose d'investiguer l'ARPEGE transition énergétique nécessite une réflexion et une stratégie qui doit couvrir, comme nous allons le développer dans cette partie, des dimensions épistémologiques entre posture de recherche et nécessaire inter-disciplinarité, des innovations en termes de dispositifs de recherche autour de la question de l'observation et du recueil de données avec la proposition d'une approche observatoire s'ancrant elle-même sur des living-lab et des approches terrains, tout comme des innovations en termes de diffusion et de médiation avec les acteurs socio-techniques et le grand public, le tout débouchant sur une proposition ambitieuse qui s'articule autour de la proposition d'un GIEC national de l'énergie.

## Attitudes de recherche – De la réflexivité sur les postures et les méthodes de recherche à une approche d’ouverture scientifique

Le thème et l’enjeu de la transition énergétique appellent la mobilisation d’une posture épistémologique qui mobilisera deux ressorts :

- La réflexivité sur les postures et les méthodes de recherche, ce qui est assurément pertinent si on se remémore le fait que les acteurs de la recherche sont eux-mêmes des acteurs de la transition énergétique en cours qui auront à trouver une trajectoire de transition qui peut et sans doute doit, elle-même, être opportunité de production de science
- Une approche d’ouverture scientifique, qui se doit de rester ouverte dans sa méthode et dans son contenu quant aux propositions et aux signaux des acteurs de la science et des acteurs sociétaux eux-mêmes en mouvement et en transition. C’est pourquoi la démarche ne peut que s’inscrire dans les mouvements émergeant de science ouverte ou de la science participative.

### Interdisciplinarité

L’interdisciplinarité que nous appelons vise en premier lieu à mobiliser des disciplines dont les méthodes et résultats relèvent de sciences légitimes qui se réclament du principe de la rationalité. Nous postulons, dès lors, que le champ des disciplines et connaissances que nous mobilisons devrait enregistrer, d’une part, un enrichissement mutuel et croisé. Nous prenons, d’autre part, à notre compte le postulat visant à dire que *l’interdisciplinarité offre des garanties quant à la validité des connaissances produites, et les résultats s’avèrent le plus souvent fertiles pour ceux qui souhaiteraient les utiliser pour concevoir des applications pratiques.*

Gardons cependant à l’esprit un autre angle de vue qui éclaire les difficultés de l’interdisciplinarité, particulièrement dans ce cadre de la transition énergétique qui apparaît comme un objet de recherche complexe. Les approches scientifiques disciplinaires qui tentent de l’éclairer et de soutenir le débat démocratique sur les choix à opérer se heurtent à des limites et relèguent les autres disciplines dans des rôles étriqués : aux sciences humaines et sociales de s’assurer de l’acceptabilité des techniques (bien) pensées par les sciences pour l’ingénieur et aux sciences pour l’ingénieur (SPI) de traduire en solutions techniques les préconisations des sciences humaines et sociales (SHS) qui refusent bien souvent d’ouvrir la boîte noire de la technologie et de la matérialité.

Or, comme toute transformation sociétale systémique, une approche interdisciplinaire qui ne se contente pas de juxtaposer des connaissances disciplinaires, mais qui crée des connaissances à l’interface des disciplines, est à la fois impérative et difficile. Impérative pour accéder à une connaissance inaccessible à un raisonnement en silos et du fait de l’enjeu sociétal de la transition énergétique, difficile, car cela suppose pour les disciplines de faire un pas de côté. Cela exige notamment d’être en capacité de se décentrer de son cadre de référence habituel pour comprendre celui de l’autre discipline, de mettre en discussion l’intérêt commun pour favoriser la coopération équilibrée des disciplines (sans instrumentalisation de l’une par l’autre), de faire un effort de pédagogie et éviter le jargon technique, d’accepter que toutes les disciplines n’aient pas la même temporalité et que les projets interdisciplinaires prennent davantage de temps.

Si une approche interdisciplinaire doit être promue en matière de transition énergétique, cela ne signifie nullement qu’il n’y a plus de place pour le travail disciplinaire. Non seulement toutes les problématiques de la transition énergétique ne nécessitent pas une approche interdisciplinaire, mais on constate qu’en général, une interdisciplinarité de qualité s’appuie sur des compétences disciplinaires fortes.



Enfin l'interdisciplinarité peut également être pensée comme une coopération avec d'autres milieux de connaissance que la recherche scientifique : le monde politique et/ou administratif, le monde de l'entreprise, le milieu associatif, les assemblées de citoyens, etc. Cette forme de coopération exige d'inventer les outils de la co-construction science-société du savoir et de la décision.

### **Observatoires, données & living lab**

L'objet de recherche Transition énergétique appelle à une recherche ouverte qui associe observation, recherche et action, autant dans les dimensions quantitatives que dans les dimensions qualitatives, avec une nécessité d'approche multiéchelles dans le temps et dans l'espace. Cette nécessité invite dès lors à convoquer des dispositifs de recherche de type observatoire, qui eux-mêmes doivent s'ancrer sur des terrains qui iront du « living-lab » au terrain réel. Le living-lab est un lieu qui s'ancre dans un territoire et une histoire, et dans lequel se déploie une dynamique de transition opérée par des dispositifs et des acteurs à l'échelle 1, mobilisant ainsi des ressources, des leviers, et produisant des impacts, le tout offrant les opportunités d'observation et d'expérimentation inter-disciplinaires. Le living-lab sera donc un lieu privilégié d'expérimentation, qui pourra être sur-instrumenté et susciter une sur-mobilisation des acteurs dans le dispositif, pour permettre ensuite une investigation et une extrapolation sur des terrains dits réels.

Les types de living-labs adressés pourront être des foyers, des bâtiments tertiaires, des entreprises, des territoires et des régions. Là encore, on doit garder à l'esprit la dimension réflexive que peuvent avoir les instituts de recherche et les universités en faisant de leur patrimoine (en termes de locaux représentatifs de la transition dans la gestion du patrimoine immobilier, en termes de grands instruments scientifiques représentatifs du comportement d'acteurs électro-intensifs...) et de leurs organisations (les laboratoires, les universités, les organismes...) des living-labs pour étudier la transition énergétique dans ses dimensions techniques, sociales, économiques et environnementales.

Les observatoires se greffant sur ces living-labs ont vocation à s'emparer de la question des données, ingrédients fondamentaux de la démarche scientifique avec des challenges tels que la production de données quantitatives et qualitatives massives, la nécessité d'une approche « observation » et collecte de données conjuguant les cultures et les nécessités des sciences de l'environnement, des sciences humaines et sociales, et des sciences de l'ingénierie et de la matière et conformes au règlement général de protection des données (RGPD) et aux orientations de la Science Ouverte.

Cette logique observatoire et « living-lab » doit ainsi permettre d'impliquer tous les acteurs de la transition énergétique (citoyens, collectifs, collectivités, entreprises, états) dans une logique de science participative pour permettre la génération de données d'ordre social, physique environnemental et technique pour alimenter les outils d'analyse, de modélisation et de simulation, nécessaires pour l'anticipation, la planification et la gestion, et permettre ainsi le développement, la confrontation et la validation de ces mêmes outils par des données provenant du terrain. On insistera sur l'innovation pour une science de la transition énergétique que constitue le fait d'intégrer 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).

### **Enseignement et médiation**

En tant que défi sociétal, tel qu'identifié dans le Contrat d'Objectif et de performance du CNRS, le thème de la Transition énergétique pose la question de l'enseignement (du moins du discours ouvert au plus grand nombre à vocation pédagogique) et de la médiation auprès des acteurs de la société.



Cette médiation pourra s'articuler naturellement dans les dispositifs d'observatoires, de living-labs et de terrains proposés dans le paragraphe précédent, mais aussi par une communication via des médias intermédiaires entre la science et la société (journal du CNRS, The conversation...) pour permettre une communication ouverte et accessible.

Cette communication de la transition énergétique aurait bien entendu, aussi vocation à adresser l'enseignement primaire, secondaire, jusqu'à la formation supérieure initiale et la formation continue. Nul doute qu'étant donné la porosité structurelle qui existe déjà entre les chercheurs et le monde de l'enseignement, une multitude d'enseignements, de conférences, de vidéos et d'artefacts comme des jeux sérieux autour de la Transition énergétique sont déjà élaborés par des groupes de chercheurs. Ils auraient certainement vocation à être identifiés et labélisés autour d'un label « Transition Energétique CNRS » dont les modalités seraient à définir.

À ce titre, le thème de la Transition énergétique pourrait s'inspirer de ce qui existe déjà à l'échelle du CNRS dans les sciences du numérique et le Groupement de Service (GDS) EcoInfo (<https://ecoinfo.cnrs.fr>) qui s'est fixé comme objectif d'agir pour réduire les impacts (négatifs) environnementaux et sociétaux du numérique via un Groupement pluridisciplinaire rattaché à l'INS2I et l'INEE avec des modes d'action autour de :

- De mission de formation, d'audit, de conférences
- D'actions de terrain : audits de centres de calcul, implémentation d'outils de calcul d'empreinte carbone (ecodiag), préconisations (marché Matinfo), formations, revues critiques de projets, etc.
- D'actions de recherche : études bibliographiques, proposition d'indicateurs et de méthodologies de calcul d'impact, études prospectives, écoconception, low-tech, sobriété, etc.

## **Vers une structuration académique de l'intégration des connaissances dans le domaine de l'énergie : un GIEC national de l'énergie**

La transition énergétique et la lutte contre les changements climatiques nécessitent des changements structurels dans de nombreux secteurs : production d'énergie, transports, systèmes urbains, bâtiments, industries, agriculture. La compréhension des enjeux, des futurs possibles, et les prises de décisions possibles nécessitent donc des études scientifiques interdisciplinaires qui regroupent des scientifiques de nombreux domaines, les différents acteurs institutionnels, politiques, industriels, et la société civile. Face à ces défis, les scientifiques et la société civile ont un enjeu fondamental d'intégration des savoirs de différentes natures, de partage et de communication de ces connaissances et de construction de consensus. Le CNRS et les autres instituts de recherche devraient jouer un rôle moteur et de leader pour l'intégration et la communication des connaissances dans le domaine de l'énergie.

Comme nous le décrivons ci-dessous, force est de constater le très faible rôle de la communauté scientifique dans les débats nationaux sur l'énergie. L'objectif général serait que la communauté scientifique retrouve sa place naturelle et souhaitable dans ces débats. Les objectifs spécifiques de cette intégration devraient être :

- 1) pour l'établissement des connaissances, la production de rapports scientifiques et de notes de synthèses qui font référence à la fois auprès des scientifiques, mais aussi auprès des autres acteurs : médias, politiques, organisations non gouvernementales, associations, etc.,

2) pour la communication de ces connaissances, la capacité d'intervenir collectivement au titre de représentant de la communauté scientifique pour éclairer les questions scientifiques autour de ces enjeux, et éclairer le débat public.

Le GIEC est un exemple de référence d'intégration des connaissances académiques, pour les sciences du climat et du changement climatique (groupe de travail 1), l'impact des changements climatiques (groupe de travail 2). Dans ces domaines, les rapports du GIEC décrivent l'état de la science par l'analyse et la synthèse de dizaines de milliers de publications. Ils sont clairement considérés comme des références par l'ensemble des acteurs. À l'occasion de leur publication, et lorsque l'actualité le demande, les scientifiques ayant participé à leur rédaction ou capables de les vulgariser représentent la communauté scientifique et les organismes comme le CNRS dans le débat public. Les scientifiques académiques et leurs instituts jouent ainsi un rôle primordial dans ce domaine pour établir des connaissances scientifiques et éclairer le débat public.

Par opposition, dans la plupart des questions liées à l'énergie, les scientifiques académiques et les instituts de recherche ont un impact direct dans le débat public extrêmement faible. Il n'existe pas de document jouant le rôle de référence équivalent aux rapports des groupes 1 et 2 du GIEC. L'expertise dans le débat public français sur l'énergie, pour les questions d'intégration ou globales, est dominée par les représentants des entreprises publiques ou semi-publiques jouant un rôle de régulation technique, par exemple RTE (gestionnaire du Réseau de Transport d'Électricité) et les acteurs institutionnels jouant un rôle dans le domaine, par exemple l'ADEME, ou les entreprises productrices d'énergie (EDF, ENGIE, TotalEnergies, etc.). À titre d'exemple, les rapports publiés par RTE ([Futurs énergétiques 2050](#), en 2021) et l'ADEME ([Transitions 2050](#), en 2021) ont eu un impact considérable dans le débat public. Ces rapports sont considérés comme des références. D'autres acteurs internationaux jouent également un rôle important, par exemple l'Agence Internationale de l'Énergie. Par ailleurs, les experts qui parlent d'énergie dans les médias français sont le plus souvent issus du monde de l'entreprise ou du journalisme, et plus rarement du secteur académique. Il est naturel que les acteurs institutionnels et industriels qui ont une expertise unique pour certaines questions, par exemple RTE pour le système électrique, jouent un tel rôle clé dans le débat public. Cependant, ces acteurs ne couvrent pas l'ensemble des sujets liés à l'énergie, et leur présence n'explique pas la quasi-absence des instituts de recherche nationaux dans le débat.

Au sein du monde académique, un certain nombre d'outils existent déjà pour l'intégration des connaissances dans le domaine de l'énergie. Par exemple, le groupe de travail numéro 3 du GIEC, « Atténuation des changements climatiques », traite des questions d'énergie et des secteurs associés, depuis le premier rapport d'évaluation du GIEC (FAR) en 1990. Le groupe 3 du GIEC, consacre de nombreux chapitres dans son dernier rapport d'évaluation ([WG3-AR6](#), publié le 4 avril 2022), à l'atténuation du changement climatique et différentes trajectoires de développement à différents horizons temporels, aux systèmes énergétiques, aux systèmes urbains, aux bâtiments, aux transports, à l'industrie, aux perspectives trans-secteurs, etc. Cependant cette partie du rapport du GIEC, et ses rédacteurs français, ne reçoivent pas les mêmes échos dans le débat public que leurs homologues spécialistes du climat. Par ailleurs, par nature, les rapports du GIEC traitent de sujets globaux, alors que le secteur de l'énergie est très dépendant de la géographie, de l'histoire nationale et locale des systèmes énergétiques, et des politiques nationales et européennes.

Dans le secteur académique national, les instituts ont des outils dédiés, par exemple la « [Cellule énergie](#) » du CNRS ou [l'Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie \(ANCRE\)](#). L'ANCRE créée le 17 juillet 2009, rassemble 17 organismes de recherche et innovation et conférences d'établissements d'enseignement supérieur dans le domaine de l'énergie. Une de ses missions est de contribuer à l'élaboration de la stratégie nationale de recherche en matière d'énergie. Elle publie

régulièrement des [études et rapports](#) sur des questions spécifiques liées à l'énergie. Cependant, l'ANCRE ne joue pas le rôle d'intégration des connaissances au-delà des questions intéressant directement les organismes, et sa visibilité dans le débat public est très faible. Elle reste concentrée sur les objectifs traditionnels des organismes scientifiques, autour de l'analyse des verrous scientifiques, l'organisation de la recherche et des financements sur ces sujets, et la proposition de nouveaux programmes de recherche.

Cette discussion montre la nécessité d'un nouvel outil, un GIEC national de l'énergie, qui aurait comme objectif l'intégration des connaissances dans le domaine de l'énergie et leur communication dans le débat public. Les acteurs clés de la production de ces connaissances vont au-delà des instituts de recherche. En effet RTE et les entreprises de l'énergie ont une connaissance et une expertise unique de certains aspects techniques et industriels, l'ADEME a une expertise complémentaire des politiques publiques, les services de l'état et les collectivités territoriales jouent un rôle majeur dans la transition énergétique, certaines organisations non gouvernementales ont développé des compétences de synthèse et de communication vers le grand public complémentaires. Pour ces raisons, ce GIEC national de l'énergie ne rentre pas dans le cadre des structures académiques existantes, comme la cellule énergie ou l'ANCRE. Nous pensons cependant que le monde académique devrait prendre en charge sa naissance et son organisation, et être ainsi garant de sa qualité scientifique et de son indépendance.

Nous proposons la création d'un Groupement National de l'Étude de l'Énergie qui aurait pour but de synthétiser les connaissances scientifiques dans le domaine de l'énergie, en regroupant les scientifiques académiques ainsi que tous les acteurs qui produisent des savoirs non académiques.

## **Conclusion – Une recherche interdisciplinaire pour adresser les enjeux sociotechniques de la transition énergétique**

Ce rapport propose une esquisse des enjeux de la transition énergétique, des questions vives qui se posent dans l'étude des transitions, et enfin formule des propositions d'organisation d'une recherche sur la transition énergétique.

Cette réflexion a déjà structuré les travaux du groupe ARPÈGE à l'origine de ce rapport. Cette dynamique s'est poursuivie dans le séminaire transition énergétique que nous avons contribué à organiser pour le compte du CNRS et de la cellule énergie le 28 avril 2023 et a ainsi pu donner à voir des exemples de sujets sociotechniques qui pourraient être étudiés dans un écosystème d'observatoires s'appuyant eux-mêmes sur des réseaux locaux de living-labs. Les thèmes sociotechniques qui ont ainsi émergé de cette journée sont ceux de la sobriété et de la flexibilité, des communautés énergétiques et des circuits courts et décentralisés de production et d'échange d'énergie, de la question des délestages et des chocs de type black-out.

Nous croyons que la poursuite de cette dynamique fructueuse, sociotechnique, à l'interface des questions d'impacts environnementaux et de la disponibilité des ressources, peut être amplifiée et pérennisée par les analyses et les propositions de questions formulées dans ce rapport, ainsi que par les propositions de structuration énoncées, avec l'ambition d'une recherche participative et ouverte qui devrait connaître son couronnement avec la proposition d'un GIEC national de l'Énergie, initié et supporté avec l'aide de l'institution du CNRS pour converger vers une définition d'une science de la transition énergétique au service de la société.