



**Déclassifié<sup>1</sup>**

**AS/Cult (2021) PV 02add**

13 mars 2021

FAC PV02add\_21

## COMMISSION DE LA CULTURE, DE LA SCIENCE, DE L'ÉDUCATION ET DES MÉDIAS

### Addendum au projet de procès-verbal de la réunion tenue par vidéoconférence le vendredi 5 février 2021

#### 6. Politiques en matière de recherche et protection de l'environnement (ouvert au public)

*Rapporteur : M. Olivier Becht, France, ADLE*

[AS/Cult (2021) 03]

#### **Ouverture de l'audition**

**Le Président** souhaite la bienvenue aux membres et aux invité.e.s. Puisqu'il en est le rapporteur, il invite M. Rampi, 1<sup>er</sup> vice-président de la commission, à présider ce point.

**M. Rampi** prend la présidence. Il souhaite la bienvenue aux membres ainsi qu'aux invité.e.s :

- **M. Robby Berloznik**, Membre du Comité exécutif de la technologie, Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CET-CCNUCC) ; conseiller principal, Institut Flamand pour la Recherche Technologique (VITO) – Directeur de programme, Conférences mondiales sur la science, la technologie et l'innovation (G-STIC), Belgique ;
- **M. Pierre Laboué**, Chercheur à l'Institut de Relations Internationales et Stratégiques (IRIS), France ;
- **M. Patrice Simon**, Professeur à l'Université Toulouse III - Paul Sabatier ; directeur adjoint du Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E) du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), France ;
- **M. Karl W. Steininger**, Professeur d'économie du climat et de transition durable, *Wegener Center for Climate and Global Change (WEGC)* et Département d'économie, Université de Graz, Autriche ;
- **Mme Nathalie Lazaric**, Economiste, Directrice de recherche, *Centre national de la recherche scientifique (CNRS)* au *Groupe de Recherche en Droit, Economie et Gestion (GREDEG)* - Unité mixte CNRS/Université Côte d'Azur, France.

**M. Rampi** rappelle que le rapporteur, M. Olivier Becht, a préparé une note disponible en ligne, qui explique bien la finalité de l'audition et indique les modalités de son déroulement. Il invite les membres à s'y référer. Il donne la parole au rapporteur pour sa présentation initiale, en lui demandant, pour faciliter le déroulement de l'audition, de bien vouloir gérer ensuite les diverses interventions des experts et les débats.

**M. Becht** rappelle que la partie de session de l'Assemblée parlementaire du mois de juin sera intégralement consacrée aux questions concernant l'environnement et les droits de l'homme, qui sont extrêmement sensibles pour l'avenir même de notre planète. La plupart des pays européens ont signé l'Accord de Paris pour atteindre la neutralité carbone. Il est nécessaire de réduire de manière considérable les gaz dits à effet de serre et notamment les émissions des hydrocarbures ; pour cela, il faut travailler sur la question énergétique. Pour atteindre la neutralité carbone en 2050 et lutter contre le réchauffement de la planète, il faut remplacer les hydrocarbures, qui ont les plus grandes émissions des gaz à effet de serre, par des nouvelles sources d'énergie. Il faut regarder aux énergies alternatives disponibles aujourd'hui, notamment l'énergie solaire et

<sup>1</sup> Document déclassifié par la commission le 26 mars 2021.

éolienne, mais aussi prendre en considération leur impact sur l'environnement. Lorsqu'on regarde de près, on se rend compte que pour la production de panneaux solaires et de batteries où stocker l'électricité produite par les sources renouvelables, beaucoup des minéraux, des terres rares, comme le cobalt, ou d'autres, sont nécessaires. Ces matières sont extraites en des conditions critiques pour l'environnement, avec un coût environnemental négatif. On peut se demander s'il ne faut pas travailler sur d'autres énergies non polluantes : des énergies connues mais pas encore produites à grande échelle ou des énergies encore inconnues, que la recherche pourrait un jour dévoiler. Il serait prétentieux de considérer qu'au XXI<sup>e</sup> siècle l'humanité a déjà tout découvert. Il y a 120 ans on ne connaissait pas l'atome ; pourtant, au cours du siècle passé, on a développé l'énergie atomique. Il est fort probable et souhaitable qu'il y ait en nature des énergies à découvrir, qu'il faut donc rechercher.

Un deuxième volet à mettre en évidence est le recyclage des matières premières, des ressources requises non seulement pour la production de l'énergie mais pour tous les besoins de production industrielle et de consommation de masse. Au rythme où ces matières sont consommées, il est probable que la plupart d'entre elles – le pétrole l'argent, le fer, le cobalt, l'uranium, etc. – soient épuisées à l'échelle de ce siècle. Cela est très préoccupant ; il faut se poser la question de ressources dont les générations futures auront besoin pour se développer, sans compter les risques de pollution que nous engendrons en détruisant ces matières une fois que le produit a été consommé. Il faut développer une économie circulaire, recycler l'ensemble des matières pour les réutiliser dans un cycle de production future. Malgré les progrès en matière de recyclage, il y a encore un certain nombre de matières que nous n'arrivons pas à recycler et d'autres pour lesquelles le recyclage n'est possible que pour un nombre de cycles limité et qui finissent par être détruites.

Il y a un enjeu de recherche extrêmement important à la fois dans le développement des énergies nouvelles et dans le recyclage. C'est un enjeu pour tous les pays, y compris pour ceux qui sont des grands producteurs de hydrocarbures, comme la Norvège par exemple. Il ne s'agit pas seulement de protéger l'environnement, mais aussi d'une question de développement économique, car les pays qui vivent des rentes des hydrocarbures devront se développer au-delà de l'horizon de 2050 et arriver à la neutralité carbone tout en assurant la prospérité de leur population. Il souhaite mettre ces points en exergue dans le rapport.

**M. Becht** remercie les expert.e.s qui ont accepté de participer aux deux tables rondes. La première porte sur « La politique de recherche et d'innovation sur les énergies propres et en matière d'économie circulaire » ; la deuxième, sur « Synergies et mutualisation, au niveau interne et international, des efforts de recherche visant la neutralité climatique ». Il passe ensuite la parole à M. Berloznik.

**M. Berloznik** déclare que l'objectif de sa présentation est de mettre en lumière certains points clés ainsi que les principales tendances des politiques de recherche et leur contexte. Il commence par relever que le contexte actuel est celui d'un « monde en mutation » et que les changements sont rapides également dans les systèmes de la science, de la technologie et de l'innovation (STI) et des connaissances. Le rôle crucial de la STI pour moderniser le système économique et améliorer le bien-être de nos sociétés est de plus en plus accepté. Ce rôle est largement accepté, même dans le contexte mondial dans lequel les Objectifs de développement durable (ODD) façonnent les buts, les plans, les efforts et les financements de la recherche et développement (R&D). On constate aussi une large acceptation du besoin d'une économie plus circulaire et d'un environnement respectueux du climat, en lien avec l'idée d'un avenir durable pour nos enfants.

M. Berloznik note également un engagement global des différentes parties prenantes au sein du système de la STI. Les chercheurs sont de plus en plus nombreux à se tourner dans cette direction ; ils ne se coupent pas des objectifs sociétaux tels que les ODD et le développements durable, soutiennent les idées de participation et d'un bénéfice pour la population et la planète, et gèrent de manière opérationnelle dans leur cadre quotidien la cible clé que constitue la durabilité de nos sociétés. De même, le secteur public est plus engagé et considère les ODD comme des cibles politiques concrètes, qui peuvent aujourd'hui être mesurées et suivies. Le secteur privé est lui aussi plus engagé.

Le système est de plus en plus complexe et se caractérise par l'interdépendance de ses composantes : par exemple, la santé, l'environnement et l'énergie sont de plus en plus traités comme des secteurs étroitement liés. Il est important d'en tenir compte lorsqu'on examine les solutions technologiques aux problèmes qui se posent en matière de prise de décision. Cela signifie également que les solutions politiques et les plans politiques se situent de plus en plus à plusieurs niveaux (du local à l'international) et sont multisectoriels. Les résultats et l'aboutissement des efforts sont liés à la prise en compte de l'interdépendance entre les secteurs, ce qui constitue un défi pour ceux qui doivent élaborer et développer les politiques (plans, programmes, nouvelles institutions, etc.).

La complexité tient également au nombre croissant d'acteurs dans le système de la STI. C'était plus simple auparavant avec ce qu'on appelait la « triple hélice » : gouvernements, universités et secteur privé.

Aujourd'hui, les citoyens sont entrés dans le système (science citoyenne par exemple), tout comme les communautés (développement de villes intelligentes, porté par la numérisation et les besoins des communautés). Les connaissances des expert.e.s, qui étaient précédemment la seule source de sagesse, s'étoffent grâce aux idées et connaissances de ces communautés et à la participation des citoyens.

De plus, les silos de connaissances disparaissent et les frontières sectorielles au sein du système de la STI s'estompent. L'interdépendance et la complexité ont abouti à une coopération axée sur des domaines et thèmes transversaux entre les chercheurs et les acteurs de la R&D ; les questions relatives à l'eau, la résilience climatique, l'énergie et la gestion des ressources vont de pair (par exemple Oceans, clusters de recherche dans le domaine maritime). Ces questions pluridisciplinaires et transversales doivent être traitées d'une façon qui stimule la créativité des chercheurs et des décideurs.

De nouvelles communautés de R&D ont vu le jour autour de ces nouveaux thèmes émergents ; il existe des communautés « virtuelles » (grâce à internet) mais aussi « spatiales » ; par exemple, dans le domaine de l'énergie, il y a une concentration de savoirs dans des lieux spécifiques, où universités, instituts de recherche et start-ups travaillent ensemble pour développer les connaissances ainsi que des technologies et solutions utilisables, efficaces et effectives (par exemple EnergyVille en Flandre). Ces développements suscitent de nouveaux défis en matière de gouvernance, non seulement en ce qui concerne les financements et leur distribution mais aussi la manière de s'adapter à ces nouvelles complexités.

Pour conclure, M. Berloznik considère que l'avenir est aux « politiques durables axées sur des solutions ». Les politiques doivent être durables mais aussi axées sur des solutions, car il n'est pas possible d'attendre trop longtemps des solutions concrètes. La première chose à faire est de recenser les solutions existantes, c'est-à-dire les technologies effectives qui sont prêtes à être commercialisées, et de contribuer à leur mise sur le marché. Il convient d'accélérer la pénétration de ces technologies sur le marché et d'assurer leur montée en puissance, ce qui nécessite des approches nouvelles et créatives. Il existe un grand nombre de ces approches aux niveaux mondial et multilatéral. Un exemple est le Fonds vert pour le climat, un mécanisme financier de la CCNUCC et de l'Accord de Paris, qui finance des incubateurs et des accélérateurs spécialement destinés à repérer des technologies existantes et durables pour essayer de les pousser sur le marché.

Enfin, M. Berloznik souligne que l'élaboration de politiques en faveur d'une économie verte devrait s'appuyer sur les perspectives mondiales et la pensée de l'économie circulaire, comme cela s'est fait pour les ODD, qui ont fixé des cibles concrètes et des objectifs mesurables. Il appelle à utiliser et optimiser les mécanismes de financement existants et les organisations qui s'emploient déjà à promouvoir et soutenir de nouvelles approches. Le rôle et la responsabilité des décideurs doivent être explicités davantage. M. Berloznik a l'impression que le système de la recherche est parfois légèrement « autiste » et indépendant des responsables politiques ; il faudrait plus d'orientations émanant des représentants des institutions démocratiques ; ceux-ci devraient montrer la voie vers un avenir plus durable et axé sur des solutions.

**M. Becht** remercie M. Berloznik et donne la parole aux autres expert.e.s sur le thème la 1<sup>ère</sup> table ronde.

### **Table ronde 1 – « La politique de recherche et d'innovation sur les énergies propres et en matière d'économie circulaire »**

**Le professeur Simon** ouvre la table ronde en faisant un « *Retour d'expérience sur le développement d'une technologie innovante et ambitieuse, la batterie sodium-ion, en France* ». La société Tiamat (créée en 2017, grâce à la restructuration de recherche académique en France) a développé la recherche appliquée sur des batteries qui utilisent le sodium à la place du lithium. À la différence du lithium, le sodium est très largement disponible. Les batteries sodium-ion sont faites pour la mobilité et pour le stockage stationnaire. Elles n'ont pas pour vocation de substituer les batteries lithium-ion, car une batterie sodium-ion a environ 60% d'énergie par rapport à une batterie lithium-ion équivalente ; l'on n'alimentera pas un véhicule avec une autonomie de 500 km. En plus du coût du sodium et de l'absence de pression sur sa disponibilité, leur grand avantage est qu'il s'agit d'une technologie de puissance, avec une charge et une décharge rapides (quelques minutes) et avec une longue durée de vie.

On pourra utiliser la technologie des batteries sodium-ion pour la mobilité électrique et en particulier pour le véhicule hybride et sa batterie de 48V permettant le stop/start. La batterie sodium-ion permet également de récupérer énergie lors du freinage et la restituer au démarrage. C'est également une bonne batterie pour les véhicules à hydrogène, car les piles à combustibles n'ont pas assez de puissance. La rapidité de charge est très intéressante en appoint pour les bus électriques et pour les véhicules de petite autonomie. Une autre application notable est le remplacement des batteries au plomb dans les véhicules thermiques, car la batterie sodium-ion a une plus longue durée de vie et une puissance majeure. Outre les applications dans la mobilité (y compris par exemple les avions hybrides et les trains à hydrogène) et pour le petit outillage électrique, ces

batteries ont des applications importantes pour le stockage stationnaire des énergies renouvelables et la régulation des fluctuations de tension / énergie dans le réseau.

Le démarrage du projet a été financé par des fonds gouvernementaux et de l'Union Européenne ; mais son développement a rencontré des freins. A cet égard, le professeur Simon se réfère à l'*Airbus des Batteries*, un projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) de plusieurs milliards d'euro qui vise à développer deux lignes de fabrication de batteries, une en France et l'autre en Allemagne, et qui s'appuie sur Total SAFT et d'autres compagnies. Ce projet développe la mobilité électrique à base de batteries lithium-ion et la recherche porte sur l'énergie et l'autonomie de ces batteries ; TIAMAT, avec sa technologie de puissance, a été complètement ignorée et occultée. TIAMAT n'a pas eu de soutien de l'État pour passer à l'étape suivante. L'entreprise produit 700 prototypes par mois ; mais pour développer l'entreprise et passer à une production des batteries sodium-ion à plus grande échelle, il faut soit un financement important pour créer une petite ligne pilote, soit développer un partenariat avec un industriel fabricant.

Le professeur Simon estime qu'il faudrait développer une activité de veille dans des domaines stratégiques, (en se basant sur les start-ups) et regarder les innovations possibles pour identifier les pépites et en soutenir le développement. Aujourd'hui TIAMAT n'a pas, en Europe, la possibilité de passer de 700 cellules par mois à quelques milliers, en transférant leur production sur des lignes de fabrication des sociétés qui fabriquent des batteries. En revanche, TIAMAT a une énorme offre immédiate pour aller s'installer en Chine. Aujourd'hui, on est à un tournant : faut-il partir produire les batteries sodium-ion en Chine, puisqu'il n'y a pas de partenaires en France ou en Europe, et TIAMAT n'est pas visible ? Il faudrait créer des mesures incitatives pour soutenir l'innovation et les partenariats entre des *start-ups* et les grands groupes. Dans l'exemple des batteries sodium-ion, ces partenariats permettraient d'augmenter la capacité de production. A cet égard, la technologie sodium-ion a besoin exactement des mêmes équipements de production que la technologie lithium-ion.

La contribution initiale du **professeur Steininger** porte sur comment « *Faire face aux fluctuations saisonnières du photovoltaïque (PV)* ». Une première question est de savoir ce que les décideurs nationaux doivent prendre en considération pour identifier les sources d'énergie prioritaires, et si des recherches sont en cours sur des sources d'énergie totalement nouvelles (et peut-être encore inconnues). À l'heure actuelle, compte tenu de l'horizon 2050 fixé pour la neutralité climatique, le professeur Steininger ne voit aucune nouvelle source d'énergie. Il note que, parmi les sources existantes, le PV offre de loin le plus important potentiel physique et économique pour l'instant ; la fusion thermonucléaire semble bien se développer, mais il lui faudra beaucoup trop de temps pour rattraper le PV afin d'atténuer le changement climatique d'ici au milieu du siècle, en termes de coût et de facilité de construction.

La note d'information du rapporteur indique qu'il est crucial de ne pas négliger les contraintes qui font obstacle au développement de sources d'énergie. Pour le PV, les fluctuations saisonnières sont une contrainte importante ; par conséquent, le professeur Steininger souhaite se concentrer sur les moyens d'y remédier.

Après avoir indiqué le potentiel des sources renouvelables (en comparaison avec le potentiel des réserves totales d'énergies fossiles), il souligne que l'influx solaire sur notre planète est tel que des panneaux photovoltaïques couvrant seulement 2% de nos zones désertiques suffiraient à satisfaire toute la demande actuelle d'énergie dans le monde (énergie, pas simplement électricité). Le problème est toutefois de faire correspondre le lieu et le moment de la demande d'un côté, et la production de l'autre.

Les prix des modules et du stockage PV ont considérablement baissé : depuis 2010, le coût d'un module PV a été réduit par 10, et celui d'une batterie par 8. L'Agence internationale de l'énergie considère le PV comme la source d'énergie la moins chère aujourd'hui. Comme l'indiquait la une de *The Economist* en septembre 2020, ces évolutions vont changer la donne géopolitique.

Le professeur Steininger note ensuite que, si le stockage PV est devenu si bon marché qu'il pourrait bien servir aux cycles quotidiens (jour-nuit), la génération d'électricité est assortie d'importantes fluctuations saisonnières : selon la latitude du lieu, la production hivernale ne représente qu'un quart à un huitième de la production estivale. Une possibilité est d'installer quatre à huit fois la capacité et de produire d'énormes surplus d'électricité en été, qui seront utilisés en hiver ; l'autre solution – beaucoup moins chère – consiste à se tourner vers l'autre hémisphère (où c'est l'été lorsque nous sommes en hiver) et à échanger de l'électricité, dans l'intérêt mutuel des régions des deux hémisphères. Une région sera une exportatrice nette en été, et une importatrice nette en hiver.

Des câbles de transmission seraient utilisés toute l'année pour transporter l'énergie dans les deux directions. Une combinaison de lieux adaptés en Europe, et par exemple en Australie, en Arabie Saoudite, en Israël et en Amérique du Sud, pourrait parfaitement correspondre au profil de charge actuel de l'Europe. Cette option est intéressante sur le plan économique et sur le plan du développement mutuel – le câble de transmission

étant utilisé de manière optimale lorsqu'il relie des zones ayant à peu près les mêmes niveaux d'activité économique. Par conséquent, le professeur Steininger estime que cela pourrait être un élément prometteur du système mondial d'énergie propre.

Pour aller dans ce sens et soutenir l'énergie à l'avenir, le professeur Steininger énumère les questions ci-dessous concernant la politique de recherche et d'innovation :

- ingénierie, physique et travaux préparatoires de la transmission par câble intercontinentale et en eaux profondes ;
- électronique de puissance – intégration entre les lieux de production ;
- financement collaboratif de l'investissement, au vu de l'importance des investissements initiaux nécessaires ;
- en Europe, des mécanismes pour réguler l'accès aux importations d'énergie renouvelable entre les pays et/ou éventuellement les industries à forte intensité énergétique ;
- conditions préalables juridiques et politiques de ce nouveau système énergétique<sup>2</sup>.

Enfin, il existe un véritable enjeu de mutualisation des efforts aux niveaux international et européen, car le système a une vocation mondiale.

Le rapporteur avait une seconde question sur les moyens de promouvoir une « économie circulaire ». À ce sujet, le professeur Steininger note qu'il existe aujourd'hui une forte demande d'hydrogène/d'électricité renouvelable dans l'industrie. La gestion carbone circulaire en est un exemple : ainsi, la demande pour la conversion de la production d'acier et le captage et l'utilisation de carbone dans l'industrie du ciment dépasserait de loin, à elle seule, la capacité restante d'électricité renouvelable supplémentaire dans de nombreux pays, y compris dans un pays comme l'Autriche, sans parler des autres demandes (transports, pompes à chaleur des ménages, autres secteurs). Ici, les thèmes de la recherche sont les suivants :

- les alternatives à l'hydrogène (car il y a beaucoup de pertes de conversion) pour certaines applications, et
- les systèmes de fonctionnalités intégrés et, partant, les systèmes intégrés d'énergie renouvelable<sup>3</sup>.

**M. Laboué** aborde le thème : « *Transition énergétique et enjeux géopolitiques : contraintes géopolitiques et risques engendrés par le développement d'une nouvelle technologie pour l'Europe* ». Sa présentation se base sur un récent rapport « *Alliance européenne des batteries : enjeux et perspectives européennes* »<sup>4</sup>, préparé dans le cadre d'un observatoire en consortium avec l'IRIS, Enerdata et Cassini. La question centrale est la prise en compte du risque géopolitique dans l'orientation des efforts de recherche et d'innovation dans le domaine de la transition énergétique, au même titre que les contraintes économiques, sociales, et environnementales. En effet, à côté des enjeux de développement durable il y a aussi un enjeu de marché et d'autonomie stratégique.

Le cas des batteries est un sujet d'actualité et une solution extrêmement intéressante en termes de développement durable et de transition énergétique<sup>5</sup>. La demande mondiale de batteries va exploser ; elle va être multipliée par 10 entre 2020 et 2030, essentiellement portée par le véhicule électrique. Il est extrêmement important de savoir que la Chine est aujourd'hui le premier producteur mondial de batteries : la Chine produit trois quart des cellules au cœur des batteries dans le monde. Mais cette domination va plus loin, car la Chine produit également les cathodes, un autre composant clé des batteries. Donc, il faut prendre en compte le rapport de force qui pèse sur ces technologies et la question de l'autonomie stratégique, pour réussir à prendre son destin en main quand il s'agit de basculer d'une technologie à une autre.

En outre, cette domination peut aller beaucoup plus loin que la simple domination industrielle, car la Chine est un acteur dominant au niveau des matières premières. Les matières premières composant les batteries ne se trouvent pas au Moyen Orient (comme le pétrole) mais sont beaucoup plus dispersées, par exemple le cobalt en République démocratique du Congo (RDC), le lithium en Chili, etc. Il y a néanmoins un point commun : la Chine concentre les capacités de raffinage de ces matières premières. Plus précisément, la Chine maîtrise

<sup>2</sup> Par exemple : gouvernance en matière de création et de fonctionnement des infrastructures de transmission ; négociation et maintien des accords internationaux concernés.

<sup>3</sup> Par exemple, l'utilisation de coffrages plus sophistiqués peut réduire la demande de béton pour les plafonds de plus de 60%, tout en garantissant au moins la même stabilité ; les éléments activés (comme les plafonds en béton) peuvent stocker de l'énergie (chaleur) s'ils font partie intégrante du système énergétique du bâtiment.

<sup>4</sup> Voir [ici](#). Le rapport a été préparé par l'*Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques*, coordonné par l'Institut de relations internationales et stratégiques (IRIS), en consortium avec Enerdata et Cassini, dans le cadre d'un contrat avec la Direction générale des relations internationales et de la stratégie (DGRIS) du ministère des Armées.

<sup>5</sup> Pour plus d'information, voir l'article sur « *Les batteries sont-elles la bonne option pour un développement durable ?* » du professeur Jean Marie Tarascon.

100% du raffinage de graphite et 82% du cobalt, éléments clé dans les batteries les plus utilisées aujourd'hui notamment pour les véhicules (les batteries Lithium Nickel Manganèse Cobalt - Li NMC). Il y a là un goulot d'étranglement pour cette technologie.

Par ailleurs, aujourd'hui, les trois quarts de brevets sur la technologie des batteries lithium-ion sont détenus par des pays d'Asie : le Japon, la Corée du Sud et la Chine. L'Europe dans son ensemble compte pour une part presque marginale ; cela est extrêmement problématique pour le développement de ces technologies en Europe et dans les autres pays, car très distanciés par ces pays d'Asie. Dans le top 10 des déposants de brevets dans les technologies des batteries, il n'y a qu'un seul européen, Bosch, qui est assez loin de Samsung, Panasonic, LG, etc.

Pour conclure, la recherche et l'innovation ont une importance géostratégique majeure dans le domaine de la transition énergétique. Sans mutualisation d'efforts de recherche au niveau européen pour rattraper un certain retard, on risque un triple paradoxe :

- sur le plan du développement durable, l'Europe serait emmenée à augmenter ses importations des batteries de Chine et ainsi à accroître les émissions de CO<sup>2</sup> pour des solutions qui visent à décarboner nos économies ;
- sur le plan d'une économie durable, si l'Europe bascule trop rapidement sur une technologie qu'elle ne maîtrise pas suffisamment, elle risque d'affaiblir toute l'industrie automobile européenne avec des conséquences sociales extrêmement fortes ;
- sur le plan stratégique, le risque est de fragiliser l'autonomie politique européenne, car si les batteries sont la clé de voute de la transition énergétique et que la recherche et l'innovation européennes ne sont pas suffisamment développées, l'Europe sera dépendante d'autres pays.

Ainsi la recherche et l'innovation en Europe sont une clé importante pour gagner des futures batailles des batteries et du développement durable en général.

**Mme Lazaric** centre son exposé sur « *les enjeux de l'économie circulaire et les énergies propres* ». Il s'agit de déployer une nouvelle économie circulaire, fondée sur le principe de « refermer le cycle de vie » des produits, des services, des déchets, des matériaux, de l'eau et de l'énergie. Ce sont les « *trois R* » : R1 Re-use, R2 Repair et R3 Recycle. Dans tous ces domaines, les chercheurs CNRS sont fortement impliqués ; la recherche porte, par exemple,

- en R1 sur : chimie verte dans la durabilité des matériaux, réutilisation de la chaleur fatale des procédés, SHS pratiques sociales de réutilisation ;
- en R2 sur : matériaux autoréparables, robotique, éco-conception, économie comportementale, droit, etc. ;
- en R3 sur : recyclage chimique des polymères, procédés de récupération des métaux critiques et terres rares, mécanismes et procédés de purification.

La recherche est faite dans des nombreux instituts CNRS et inclut les sciences sociales également.

Les enjeux de l'économie circulaire sont forts. Ce n'est pas une activité marginale : selon l'INSEE, ce sont les emplois de demain ; c'est là où l'on trouve la plus forte croissance de la valeur ajoutée, le nombre plus important de brevets et la recherche et le développement (R&D). L'économie verte, qui inclut l'économie circulaire et les énergies renouvelables, est le véritable fer de lance de l'économie actuelle. En 2015, l'économie verte a mobilisé près d'un million d'emplois. Sur la période 2004-2015, le nombre d'emplois dans les éco-activités a augmenté de 33%, pour s'établir à 440 950 en 2015, et représente 1,7% de l'emploi total en France. Sur la même période, la valeur ajoutée de ces activités a augmenté en moyenne de 3,9% par an et leur production de 4,2%. C'est un secteur qui a été dopé par la réglementation environnementale (énergie et énergies renouvelables - EnR, REACH réglementation dans la chimie, loi sur les déchets et réglementation du recyclage des plastiques).

La réglementation a aiguillonné les acteurs industriels et a généré des innovations et des solutions technologiques ; de nouvelles questions scientifiques ont été traitées par les chercheurs, par exemple :

- l'utilisation de l'hydrogène et de l'hydrogène vert pour la décarbonation de l'industrie ;
- le recyclage des matériaux plastiques ;
- la recherche des plateformes de molécules vertes pour créer de nouveaux polymères et l'introduction des matériaux biosourcés en remplacement de matériaux traditionnels.

Il ne suffit pas d'innover ; il faut qu'il y ait par la suite une acceptation sociale des innovations. Ainsi, le CNRS fait également beaucoup de recherches en sciences humaines et sociales pour comprendre l'acceptabilité sociale de ces innovations, l'économie comportementale, les préférences environnementales pour que

l'économie circulaire puisse s'inscrire dans une dynamique offre/demande. Les outils comportementaux utilisés dans les laboratoires (*nudges*, *boosts*) sont vraiment importants pour l'acceptation sociale de certaines technologies, pour inciter à réduire la consommation d'énergie et pour l'économie circulaire.

Par ailleurs, on remarque une forte dynamique entrepreneuriale des grands groupes (Michelin, Veolia, Paprec), des start-ups et d'autres acteurs de l'économie circulaire, comme les coopératives et toutes les structures de l'économie sociale et solidaire qui agissent au niveau local, qui font de l'expérimentation sociale et innovante, offrent des dynamiques d'inclusion sociale et apportent des solutions locales et contextualisées face aux gros enjeux de l'économie circulaire.

Néanmoins, il y a encore beaucoup d'obstacles et verrous présents, que l'on découvre dès qu'on met en place l'économie circulaire. Il faut une approche transdisciplinaire pour arriver à résoudre les défis de demain et il faut comprendre aussi que lorsqu'on met en place des innovations et technologies nouvelles comme les plastiques biosourcés (projet BIOLOOP), on peut créer d'autres formes de problèmes. Ainsi, les plastiques biosourcés jetés dans la mer et mangés par les poissons créent autant de dégâts que les plastiques classiques, car ils n'ont pas le temps de se biodégrader. Donc, la recherche non accompagnée d'un volet « demande et acceptation sociale et inclusion sociale » engendrera d'autres problèmes. En effet, il ne faut pas simplement concevoir des solutions techniques, mais voir comment elles s'intègrent dans le système en place et comment elles contribuent à apporter de véritables solutions. Le paradoxe actuel des matériaux biosourcés et leur non-recyclage (les quantités étant réduites, la rentabilité est trop faible) doit nous amener à relativiser le seul impact des innovations techniques pour résoudre l'ensemble des problèmes.

Les défis économiques et comportementaux sont très importants ; les sciences humaines et sociales sont indispensables pour apporter des réponses et peuvent aider les décideurs publics à bien rediriger les solutions techniques. Il faut comprendre le comportement des consommateurs, les changements d'habitudes, les phénomènes d'effet rebond pour l'énergie<sup>6</sup>. Il faut mettre également en place des changements institutionnels nécessaires et doter les institutions de nouvelles compétences pour comprendre ces problèmes transversaux. Il ne faut pas oublier la dynamique et l'histoire des territoires pour que l'économie circulaire puisse prendre racine face à tous ces enjeux : les territoires sont des acteurs de l'économie circulaire, de l'économie sociale et solidaire et sont des lieux de l'expérimentation locale indispensable ; il faut éviter une approche « *top down* », il faut regarder les acteurs qui mettent en place des solutions sur les territoires et qui accompagnent ces innovations. C'est la seule solution pour que l'économie circulaire puisse avoir vraiment un impact social et puisse réduire les inégalités, enjeu majeur de l'économie circulaire et de la transition écologique.

### Débat

**Mme Taliashvili** note que la recherche et le développement des technologies sont liés au marché et aux bénéfices que peuvent tirer les entreprises. Sans une vision claire du marché, nul ne peut investir dans la recherche. On a d'un côté des instituts de recherche et des universités, et de l'autre de grandes entreprises avec leurs business plans, qui planifient les innovations en fonction de leur perception du marché. Mme Taliashvili demande ce que pourraient recommander les expert.e.s : comment accorder plus de pouvoir à des recherches qui ne décèlent pas encore un vaste marché ou rendement, même si elles ciblent une innovation majeure ? Les expert.e.s ont parlé d'économie comportementale, et de comportement des consommateurs. Pour qu'une innovation soit rentable, il faudrait que le consommateur soit déjà là. Or, souvent, une innovation majeure n'a pas encore de véritables consommateurs, car elle concerne l'avenir. Comment promouvoir des innovations qui sont susceptibles d'apporter des changements cruciaux pour l'environnement mais qui ne sont pas encore commercialisables ?

**M. Becht** propose que les expert.e.s puissent répondre à cette question dans la deuxième table ronde. C'est effectivement une question centrale sur la recherche de savoir si on doit tout attendre du marché, c'est-à-dire des efforts faits au niveau de la recherche privée ou des synergies entre les laboratoires publics et les entreprises privées à condition que ces efforts soient rentables sur le marché, ou bien s'il y a aussi une part de résultats qui sont à attendre d'une recherche, publique ou privée, qui n'est pas ainsi orientée, car bien souvent on découvre ce que l'on ne cherche pas.

**M. Français** se félicite pour le niveau élevé des interventions et pose une question au professeur Steininger sur la transmission de l'énergie sur longue distance : quel espoir sur cette thématique-là ? Cela fait 30 ans que M. Français entend parler de cette recherche fondamentale, et il se demande s'il y a un horizon-temps plus précis.

<sup>6</sup> L'effet rebond, observé à chaque fois que l'on introduit des énergies éco efficaces, vise à saper les premiers effets de la solution technique par une augmentation des quantités consommées. Cet effet a été observé, par exemple, après la rénovation thermique notamment dans les logements sociaux.

**M. Becht** demande à M. Steininger de répondre à cette question sur les échanges de flux d'énergie. On peut produire l'énergie suffisante pour la planète entière dans l'hémisphère Sud pour l'hiver de l'hémisphère Nord et inversement, mais encore faut-il qu'on ait les « autoroutes » qui permettent de transférer cette énergie rapidement. Est-ce quelque chose de réalisable ? Et dans quels termes ?

**Le professeur Steininger** répond qu'il existe actuellement des lignes de courant continu pouvant atteindre 8 000 kilomètres. Un pays va vraiment de l'avant, il s'agit de la Chine. Elle rachète des réseaux de distribution sur divers continents et s'y raccorde, car elle sait par exemple qu'une liaison avec l'Australie aide à lisser la production et à atteindre la charge nécessaire. Le professeur Steininger considère que l'amélioration des batteries et le développement du réseau et de la production d'énergie seront la base de notre futur système d'électricité renouvelable. L'expérience s'accroît et les pertes sont relativement faibles : 1% pour environ 1 000 kilomètres de lignes de courant continu à haut voltage (HVDC). Par conséquent, cette interconnexion Nord-Sud est réellement une option qui pourrait permettre une contribution majeure. La difficulté réside dans les coûts d'investissement, élevés au départ. Les services publics européens, pris dans leur ensemble, sont beaucoup plus petits que le réseau étatique chinois. Un effort commun est nécessaire aux fins d'une coordination et d'une décision d'investir en ce sens.

**M. Becht** pense qu'il faut prendre également en compte le risque géopolitique, car si on fait dépendre toute la production d'électricité d'un certain nombre de pays pour alimenter l'autre hémisphère, il faut prendre quelques garanties que personne n'appuiera sur l'interrupteur pour couper l'électricité pour quelque raison que ce soit, car ainsi on pourrait détruire un pays en quelques jours.

**M. Berloznik** souhaite faire un commentaire rapide sur la question de l'acceptation publique. Il est important que lorsque la recherche aboutit à un produit, quelqu'un puisse avoir les moyens et l'ouverture d'esprit pour accepter et acheter ce produit. Cependant, ce qu'il a entendu correspond à un regard traditionnel sur cette question. Il est important d'appréhender le cycle de la recherche en partant de l'idée pour aller vers le produit, et naturellement l'acceptation publique ne doit pas intervenir à la toute fin. Les consommateurs et les parties prenantes demandent de plus en plus à jouer un rôle dans la prise de décision concernant aussi le parcours de recherche et la façon dont les produits sont développés et leurs besoins pris en compte dans le développement des produits. Avec cette approche, il y a moins de problèmes à la fin, car les personnes voient leurs besoins satisfaits par le produit. Dans le domaine des technologies de l'information et de la communication (TIC), les nouveaux produits sur le marché sont rapidement acceptés par le public, mais ce n'est pas le cas avec d'autres, comme les vaccins ou les produits technologiques du secteur de l'énergie. Il est important d'examiner comment associer davantage les parties prenantes au développement des produits technologiques, et de ne pas repousser le problème jusqu'à la fin.

**Le professeur Simon**, se référant aux batteries sodium-ion, est en désaccord avec les remarques de M. Berloznik, dans la mesure où le problème sur ce point précis n'est pas que le produit ne s'adresse pas à un besoin, ou n'a pas été pensé en fonction d'un besoin car le besoin de puissance est clairement identifié dans toutes les roadmaps des fabricants de véhicule et de batteries. Le problème résulte d'une décision stratégique sur le développement unique des batteries de grande densité d'énergie. Les Chinois sont très demandeurs de cette technologie de batteries de puissance ; le marché est là, mais en Europe il est difficile de se faire entendre, car une autre décision stratégique a été prise sur l'énergie.

#### **Table ronde 2 – « Synergies et mutualisation, au niveau interne et international, des efforts de recherche visant la neutralité climatique »**

La table ronde démarre avec la présentation du **professeur Steininger** sur « *Le soutien à la coordination des chaînes de valeur ajoutée inter-organisationnelles dans une économie circulaire* » comme élément d'amélioration potentielle de la gouvernance de la politique en matière de recherche.

Il explique que l'économie circulaire offre un vaste potentiel pour un système de production et de consommation neutre pour le climat (répondant aux ODD 12 et 13), car elle peut être conçue en vue de respecter trois grands principes dans l'approche de notre transformation : les principes de l'inversion, de l'intégration et de l'innovation.

En ce qui concerne l'« inversion », il explique qu'au lieu de partir de la question de savoir comment fournir de l'énergie ou des matériaux, nous devrions commencer par déterminer la fonctionnalité ou le service que nous souhaitons, puis réfléchir à une offre optimale. Par exemple, si nous avons besoin d'un plafond solide, robuste, il pourrait être créé (pour une stabilité identique, voire supérieure) avec des structures intelligentes utilisant 40 à 70% de béton en moins, et par conséquent moins de ciment – la production de ciment étant actuellement l'une des plus importantes activités émettrices de gaz à effet de serre (GES). En outre, les éléments en béton



pourraient être utilisés comme éléments activés pour stocker de l'énergie (par exemple de la chaleur) intégrés dans les systèmes énergétiques de nos logements, ce qui optimiserait les fonctionnalités souhaitées dans la toute la chaîne de valeur de l'approvisionnement.

En ce qui concerne l'« intégration », il souligne la nécessité d'intégrer tous les moyens, comme par exemple dans le système de mobilité, avec une intégration des différents modes de transport qui s'est faite en fournissant les plateformes adéquates.

L'« innovation » est cruciale à de nombreuses étapes de la chaîne de valeur ajoutée. Le professeur Steininger donne comme exemple, pour le ciment qui est encore produit, un projet novateur intitulé "carbon to product Austria" (C2PAT), dans lequel les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de ciment sont capturées, l'hydrogène est utilisé pour transformer le CO<sub>2</sub> en méthane ou en méthanol qui peut ensuite servir de carburant ou de matières premières pour l'industrie chimique et pharmaceutique.

Le professeur Steininger énumère ensuite quelques-unes des implications pour la gouvernance des politiques de recherche. Tout d'abord, sur la mutualisation des efforts, il note que de premiers efforts sont faits par certaines entreprises pour faire fonctionner des chaînes de valeur ajoutée inter-entreprises ; cependant, il faudrait une intégration plus large de la société dans son ensemble (qui serait nécessaire à la fois pour l'acceptabilité et pour des solutions globales solides) et une politique (essentiellement) nationale. La mutualisation des efforts est indispensable, car la réussite exige de s'appuyer sur toutes les expertises et de développer en commun une vision, un avenir, une imagination qui deviennent attractifs. Mais il existe des obstacles : la coordination d'une chaîne de valeur ajoutée doit se faire entre des entités distinctes et juridiquement indépendantes (entreprises) ; par conséquent, il s'agit surtout d'une question de confiance, de compatibilité culturelle et de fiabilité à long terme.

Les recherches communes pourraient être le levier à activer pour promouvoir ce type de collaboration. C'est seulement en ayant des objectifs communs et partagés que les mesures à court terme pourront elles aussi être définies conformément à l'intérêt commun. Une transformation réussie implique des solutions au niveau des sous-systèmes individuels, mais la connexion entre ces solutions est aussi cruciale. Comme cela a été indiqué dans la présentation initiale, le système est de plus en plus complexe et interdépendant ; par conséquent, la gouvernance de la recherche doit promouvoir et soutenir les travaux sur ces connexions. Aux Pays-Bas par exemple, certaines universités ont modifié leurs critères d'évaluation en matière de promotion, qui incluent désormais non seulement les facteurs d'impact des revues mais aussi des critères de contribution au travail en équipe et aux collaborations interdisciplinaires.

Par conséquent, la question est de savoir comment améliorer la collaboration, les synergies et la mutualisation des efforts aux niveaux national, européen et mondial. À cet égard, le professeur Steininger insiste sur les éléments suivants :

- la coconception, la cocréation et la coproduction entre scientifiques et parties prenantes est déjà largement une réalité ;
- la science pourrait assurer partiellement la fonction de courtier d'information « neutre » entre la société et même la politique d'un côté, et l'industrie de l'autre : elle pourrait offrir une plateforme de dialogue pour échanger des informations ;
- de nouvelles compétences sont nécessaires pour que la science se joigne au dialogue entre praticiens et décideurs<sup>7</sup> ;
- il faudrait promouvoir le dialogue entre parties prenantes et la recherche transdisciplinaire<sup>8</sup> ;
- en ce qui concerne les synergies public-privé, les fonds de recherche nationaux et européens devraient être orientés davantage vers les demandes d'innovation à long terme, en ciblant par exemple non seulement le captage et le stockage de carbone mais aussi le captage et l'utilisation de carbone pour parvenir à une économie réellement circulaire ;
- en ce qui concerne la coopération nationale, il est important de définir des domaines clés (par exemple les énergies renouvelables) dans lesquels une coopération entre l'UE et l'extérieur est cruciale, ainsi que d'élaborer le cadre de la recherche en conséquence, de manière à ce que cette coopération soit mutuellement profitable.

<sup>7</sup> Par exemple les compétences requises pour organiser ce dialogue, pour rendre les résultats des recherches accessibles aux praticiens et aux décideurs politiques, et pour réintégrer les remontées des praticiens et des décideurs politiques dans le processus de recherche.

<sup>8</sup> Par exemple en fixant clairement, ou en exigeant, un pourcentage suffisant du financement de la recherche ; en tenant compte des dialogues fructueux pour la réputation et la promotion de carrière, ou encore en instaurant des critères de financement plus efficaces pour la sélection des recherches (qui seraient ainsi dûment orientées).

Au sujet des remarques de Mme Taliashvili et de la question de la coopération entre universités et grandes entreprises, le professeur Steininger déclare que le taux d'innovation et le taux de recherche pourraient augmenter lorsque, au moins en Europe, des consortiums de grandes entreprises seront créés pour collaborer avec les sciences financées par des fonds publics. Les mesures incitatives à l'intention des partenaires industriels pourraient inclure un décalage temporel (dépendant éventuellement du domaine) avant la publication des résultats, afin de permettre des rentes adéquates par rapport aux dépenses de recherche privées qui améliorent les contributions industrielles.

Sur l'aspect comportemental, M. Berloznik a répondu à la question : en intégrant les consommateurs dans le processus de développement, nous pourrions accélérer le lancement et diffuser plus rapidement les idées.

Pour conclure, le professeur Steininger explique qu'en agissant ainsi, on soutiendrait – et permettrait souvent – un développement largement conforme aux ODD, ce qui se aboutirait à un monde florissant.

**Le professeur Simon** présente son « *Retour d'expérience sur la mise en place et le soutien de l'État à une fédération de recherche nationale qui vise à mutualiser les efforts dans le domaine des batteries et des supercondensateurs* ». Il s'agit de la création du Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E), réseau académique et industriel créé à l'initiative conjointe du CNRS et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR) qui vise, en particulier, à lever les verrous scientifiques et technologiques pour inventer les batteries du futur, et à découvrir les ruptures technologiques pour les amener sur le marché.

Il y a eu une mutualisation des moyens humains et des moyens techniques, avec des plateformes de caractérisations et de prototypage à l'échelle nationale (en France) et on a contribué à l'élaboration d'une politique scientifique nationale sur le sujet du stockage électrochimique d'énergie, donc des batteries. Le réseau repose sur trois piliers : 17 laboratoires de recherche disséminés en France, 16 partenaires industriels sur le territoire national et 3 établissements publics spécialisés dans le transfert technologique. Le cercle vertueux qu'on veut créer est que les laboratoires font de la recherche fondamentale et, grâce aux établissements spécialisés dans le transfert technologique, la transfèrent vers les partenaires industriels.

Le réseau dispose d'un budget annuel de 8 millions €, avec plus de 120 chercheurs et d'un grand nombre de doctorants et post-doctorants, qui font plusieurs publications scientifiques par an. Le réseau a plusieurs dizaines de brevets (CNRS) et deux start-ups ont été créées. Il y a une dizaine de thématiques de recherches autour des batteries, y compris : les électrolytes solides pour les batteries tout solide ; les batteries Li-ion avancées ; les nouvelles chimies (dont le sodium-ion) ; le recyclage des batteries ; la sécurité et le cycle de vie de batteries. Il y a également une plateforme de prototypage, de fabrication des batteries.

En positif, le professeur Simon souligne que le RS2E a été créé par le CNRS - MESR, avec une structuration unique au niveau collaboratif entre les laboratoires et l'industrie et un fort soutien d'État via le programme *Laboratoire d'Excellence* (un million d'euro par an). Le RS2E a eu une forte reconnaissance nationale et a contribué à réécrire la roadmap académique sur le thème des batteries ; il est surtout un moyen de mutualisation des moyens et des compétences.

Cependant, il y a quelques freins. Le RS2E est vu comme un outil académique et il est peu ou pas identifié dans l'*Airbus des Batteries*. Il faut que les grands projets de recherche européenne s'appuient sur la structuration de la recherche faite au niveau national et renforcent le financement commun de projets laboratoires - industrie sur des sujets stratégiques. Dans ces projets-là, l'innovation est identifiée très rapidement dans les laboratoires et les start-ups sont là pour prendre le risque de l'innovation et croître rapidement avec le soutien des grandes compagnies pour développer la collaboration académique-industrielle. Il faut depuis le début renforcer les synergies des laboratoires avec les industries sur des sujets identifiés.

Pour conclure, le professeur Simon se réfère à un projet de collaboration de recherche franco-allemand sur la fabrication des batteries en France et en Allemagne : il y a une volonté politique nette, mais le MESR a du mal à dégager les fonds de financement côté français. Il faut améliorer la réactivité (le dialogue entre le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et celui de l'Economie) et dégager les fonds nécessaires pour les sujets stratégiques.

**M. Laboué** introduit la question de « *L'importance stratégique de la mutualisation des efforts de recherche et développement – le cas des batteries* ». La question principale est : est-ce que les enjeux géostratégiques constituent un frein ou, au contraire, stimulent la mutualisation d'efforts de recherche au niveau européen ? Aujourd'hui, dans le cas des batteries, c'est un vrai stimulant, car il y a une réalité géostratégique qu'il faut avoir en tête. Les dépenses R&D de la Chine dépassent déjà celles de l'Union européenne et on se demande

quand elles dépasseront celles des États-Unis. Aucun pays d'Europe n'est en mesure, à lui seul, de dégager les capacités d'investissement suffisantes, ni de présenter un marché suffisant, sans le développement de synergies avec d'autres pays européens.

Il est intéressant de signaler que l'alliance européenne des batteries, appelée « *Airbus des batteries* », ne répète pas l'erreur commise avec les panneaux photovoltaïques : l'Union européenne avait subventionné la demande tandis que la Chine avait soutenu l'offre, avec pour conséquence que le marché européen du photovoltaïque a été complètement écrasé par une offre extrêmement compétitive de la part de la Chine. Avec l'*Airbus des batteries*, on suit une autre logique : l'Union européenne investit sur le développement de l'offre, et l'innovation et la recherche sont précisément au cœur de ce dispositif.

D'un point de vue de la stratégie, ce plan insiste énormément sur les aspects environnementaux des batteries, sur l'économie circulaire, sur l'éco-conception, ce qui peut emmener l'Europe, à terme, à développer un avantage compétitif et défendre ses intérêts. Par exemple, l'éco-conception et le recyclage permettront non seulement de limiter l'empreinte environnementale des batteries, mais aussi de récupérer des ressources qui ne se trouvent pas sur le continent européen (mais en Chine, en Inde, etc.). Il y a néanmoins des recherches à faire pour constituer des mines urbaines, potentiellement pouvoir proposer sur le marché mondial des batteries avec une empreinte environnementale faible et pour soutenir l'industrie locale européenne. C'est là où il y a une boucle intéressante dans l'alliance européenne, telle qu'elle est conçue aujourd'hui.

Les projets importants d'intérêt européen commun (PIIEC), comme ceux concernant les batteries, sont des dérogations aux règles européennes sur les subventions publiques aux entreprises et symbolisent aussi les synergies européennes sur l'ensemble de la chaîne des valeurs : matières premières, cellules, systèmes de batteries et recyclage.

**Mme Lazaric** intervient sur « *les coordinations publiques et privées et la coopération internationale* ». Lors d'une collaboration publique-privée c'est très important d'avoir un objectif au niveau de la durabilité et de l'économie circulaire. Il ne faut pas que les enjeux privés priment sur les enjeux publics et relèguent ainsi le bien commun et les objectifs de développement durable à l'arrière-plan.

Les recherches au niveau international sont essentielles pour atteindre une économie décarbonée. Il y a beaucoup de programmes européens auxquels toutes les parties prenantes, même les petits acteurs, peuvent prendre part ; cela donne un nouveau cadrage intellectuel sur le choix de la transition écologique de demain et de l'économie circulaire de demain.

La Chine est de plus en plus un acteur majeur : elle concentre près du quart des publications scientifiques totales. En revanche, des nombreux acteurs d'Afrique subsaharienne ou d'Asie du Sud-Est sont complètement absents sur ce sujet de l'économie décarbonée. Il faut que des accords de coopération se mettent en place pour inclure tous les acteurs absents, pour qu'ils puissent être présents dans la recherche internationale. Le CNRS joue un rôle stratégique aussi dans la coopération internationale avec la mise en place de laboratoires internationaux à Singapour ou en Inde, mais ce n'est pas suffisant, c'est à étendre.

Il faut une collaboration publique-privée et une coopération internationale pour avoir une transition à bas carbone. On doit inclure le maximum possible de personnes pour préserver la biodiversité et atteindre tous les objectifs de transition à bas carbone. Néanmoins, cette transition favorisera certains secteurs et détruira des emplois dans des secteurs traditionnels. Il faut se mettre d'accord avec l'ensemble des acteurs pour savoir quelle transition on veut pour demain et comment ces secteurs traditionnels peuvent se réajuster et corriger le tir. Il faut également impliquer les territoires, pour qu'ils puissent réussir cette transition et créer une dynamique de changement qui ait un impact positif sur les inégalités sociales. L'économie comportementale ne doit pas corriger le tir à la fin, mais permettre de coconstruire, de codesigner les solutions techniques, les innovations de demain ; il faut impliquer, non au bout de la chaîne mais dès le départ, tous les acteurs. Cela est d'un intérêt majeur pour les territoires et pour l'Europe. On le voit bien sur les enjeux de villes durables, où on a mis trop souvent l'accent sur les différentes technologies (*smart-meters*, *smart-grids*, etc.) et on a impliqué les citoyens en dernier lieu. Si l'on veut réussir ces villes durables et qu'elles réduisent les inégalités sociales, on doit impliquer un maximum de citoyens. Il y a là un enjeu intellectuel : il faut se demander quels sont les outils pour impliquer les citoyens à tous les niveaux ; sinon, on va rater le tir de la transition écologique et la coordination publique/ privée n'aura pas de sens. Il y a des enjeux critiques en matière de politique de logement et de politique de santé qui dépassent les enjeux climatiques et qui sont liés aussi aux enjeux de l'économie de demain ; celle-ci ne doit pas être synonyme de décroissance mais de nouveau souffle. On y arrivera si on implique tous les acteurs ensemble et à tous les niveaux : acteurs publics, acteurs privés, acteurs territoriaux, nationaux et européens. Cette collaboration est certes difficile mais c'est le prix à payer pour donner du sens et intéresser tous les acteurs à trouver, ensemble, des solutions aux défis immenses de demain.

Débat

**M. Becht** souligne que la question environnementale et la lutte contre le changement climatique sont des sujets mondiaux, et pas seulement de l'Europe. Il n'y a qu'une seule planète : nous sommes tous concernés par la nécessité de trouver des énergies nouvelles qui polluent moins et de pouvoir recycler l'ensemble des matières premières, pour préserver également les générations futures. Il considère que ceux qui découvriront, développeront, maîtriseront, produiront et commercialiseront les énergies de demain seront, sur le plan économique et politique, les nouveaux maîtres du monde. Il en a été toujours ainsi dans l'histoire de l'humanité : la prospérité a toujours reposé sur la maîtrise des ressources et de l'énergie. La Chine a pris un temps d'avance en matière d'innovation, de recherche, mais également dans la maîtrise des matières premières nécessaires pour produire l'énergie et pour la stocker. Cela pose la question de l'implication de tous les pays européens, pas seulement des membres de l'Union européenne, mais de tous les pays de la grande Europe, et donc pose la question du rôle du Conseil de l'Europe.

M. Becht rappelle que, comme le disait Robert Schumann, les progrès de la construction européenne se font par petits pas, sur des coopérations concrètes. Il y a des coopérations concrètes au sein du Conseil de l'Europe, par exemple la Pharmacopée. Pourrait-il y avoir de la place pour des coopérations dans le domaine de l'énergie ? Une sorte de banque européenne de matières premières nécessaires pour stocker l'énergie ? Peut-être que les pays seraient plus motivés au respect des droits de l'homme, de la démocratie et de l'État de droit s'il y avait une plus grande intégration dans d'autres coopérations comme celle de l'énergie, de la maîtrise des ressources, pour rendre la planète plus belle et encore habitable pour les générations futures. M. Becht pense que dans ce débat il y a des enjeux qui dépassent la question des énergies et de l'environnement.

**M. Français** remarque que la dominance est faite sur le plus petit. Si le continent européen dans le domaine de la recherche appliquée, de la recherche fondamentale, n'agit pas ensemble, il y aura des conséquences économiques importantes, y compris dans la stabilité du monde. On doit retrouver un l'équilibre sur différents points. On parle de l'énergie, mais la même question se pose pour la recherche en biotechnologies. Il y a la frustration des chercheurs qui ne sont pas écoutés ; il n'y a pas un lieu de rassemblement pour écouter les bonnes idées. S'il y a un message à donner par le Conseil de l'Europe, c'est cette notion de l'écoute à la base de la recherche. Comme il a été dit, une petite idée peut devenir une très grande idée, encore plus si elle est partagée avec d'autres. Un deuxième point concerne le rôle de l'État. M. Français se demande si l'État doit ou peut travailler avec l'économie privée. Il est demandé aux chercheurs de travailler avec la plus grande indépendance, mais ils ont besoin de moyens financiers et l'État est de plus en plus pauvre. Comment associer le milieu économique au développement de la recherche ? Un dernier point est la valorisation des produits ; aujourd'hui on se rend compte que le transfert d'énergie d'un continent à l'autre est très coûteux, l'État doit favoriser l'autonomie industrielle et conserver son bien économique.

**M. Becht** remercie les expert.e.s pour la qualité de leur témoignage et des réflexions apportés au cours de cette audition. La diversité des approches permet aujourd'hui de nourrir le rapport de la commission. Il remercie également les membres de la commission pour leur intérêt et pour l'apport de leurs réflexions. En tant que rapporteur, il est preneur des réflexions et contributions des membres ; il en tiendra compte dans le rapport final qu'il espère soumettre à la commission pour discussion et adoption en avril ou mai, pour qu'il puisse être débattu en juin par l'Assemblée parlementaire.

**M. Rampi** remercie les expert.e.s pour leurs contributions très intéressantes et clôt l'audition, en rendant la présidence à M. Becht