



LE CEA

Le CEA est un organisme public de recherche qui intervient dans 4 grands domaines :

- La dissuasion nucléaire
- Les énergies, nucléaire et renouvelables
- La recherche technologique pour l'industrie
- La recherche fondamentale

Il compte 16 000 salariés, travaillant dans 9 centres en France. Le CEA est l'organisme public de recherche le plus innovant en Europe selon le classement Reuters de 2017.

- Avec le CNRS et l'UVSQ, le CEA porte le Laboratoire des Sciences et du Climat, un des principaux contributeurs mondiaux aux travaux du GIEC.

- Les domaines de recherche du CEA sur l'énergie sont le nucléaire (fission, fusion), le solaire photovoltaïque et thermique, l'hydrogène, les batteries, la gestion des réseaux, l'efficacité énergétique, les matériaux, et une recherche fondamentale pluridisciplinaire, en amont de ces domaines

CAHIER D'ACTEUR

Le CEA, acteur de la transition énergétique

En réponse aux enjeux du réchauffement climatique, c'est le déploiement massif de nouvelles technologies pour l'énergie qui permettra la transition énergétique dans l'ensemble des pays, industrialisés ou en développement.

Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) contribue à atteindre cet objectif en développant des technologies pour l'efficacité énergétique et la production d'énergie bas carbone et en transférant le résultat de ses travaux à l'industrie. Via le CEA, la France possède une expertise de premier plan en matière de nucléaire. Le CEA est aussi l'un des plus importants centres de recherche européens en matière d'énergies renouvelables (ENR). Enfin, le CEA apporte des compétences dans le domaine du numérique, clé pour la gestion de l'offre et pour la maîtrise de la demande d'énergie.

SYNTHESE

La PPE doit soutenir une recherche forte et entraîner nos filières industrielles, parce qu'elles permettront la transition énergétique en France mais aussi à l'international.

Pour décarboner les secteurs du transport, de l'habitat et de l'industrie, aujourd'hui très émetteurs de GES, notre mix électrique (nucléaire, renouvelables) est un atout majeur.

LE CEA, ACTEUR DE LA TRANSITION ENERGETIQUE

1. LA QUESTION CLIMATIQUE MONDIALE, LA PLACE DE L'ENERGIE

Les observations météorologiques depuis 150 ans, l'analyse de marqueurs et d'archives naturelles portant des informations sur le climat à toutes les échelles de temps, et la compréhension des mécanismes en jeu, permettent d'affirmer que les activités humaines contribuent largement au réchauffement de la Planète, par des émissions de gaz à effets de serre (GES) : dioxyde de carbone (CO₂), méthane,.... Ce constat est scientifiquement étayé grâce aux travaux du GIEC. Les modélisations numériques permettent d'anticiper une poursuite du réchauffement avec des conséquences majeures sur le climat (précipitations, niveau des mers, évènements extrêmes), les écosystèmes et l'agriculture. Une atténuation du changement climatique passe par une réduction rapide des émissions de GES si l'on veut répondre à l'objectif fixé en 2015 à Paris, sous l'égide des Nations Unies, de limiter la hausse des températures à 2°C par rapport à l'ère préindustrielle.

La France a souhaité mettre en place une démarche exemplaire en matière de lutte contre le réchauffement climatique, avec la loi de transition énergétique pour la croissance verte puis avec le plan Climat. L'objectif est d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050.

Le CEA fait une lecture globale du plan Climat : c'est bien l'ensemble des énergies, de leur production et de leurs

utilisations qui doit être traité, et pas seulement la fourniture électrique. L'objectif est de diminuer très significativement le rejet dans l'atmosphère de GES, en réduisant la part des énergies fossiles dans l'industrie, les transports, le tertiaire et le résidentiel, pour leur substituer des énergies "bas carbone", et en améliorant l'efficacité énergétique.

Le CEA voit dans le nucléaire, socle de l'électricité à très basse teneur en carbone, un atout majeur de la France, et soutient aussi l'idée d'une plus grande part des énergies renouvelables dans le mix énergétique. Au moment de répartir les efforts et de dessiner une dynamique aux horizons de 5, 10 ans, et au-delà, il faut garder à l'esprit que l'électricité française est déjà l'une des moins émettrices de GES en Europe et dans le monde.

Les succès futurs viendront de la mise en œuvre au plan mondial de nouvelles technologies issues de la recherche. L'Agence Internationale de l'Energie préconise que l'investissement dans la recherche soit rapidement triplé pour réussir la transition énergétique. Certaines révolutions sont déjà à l'œuvre : progrès des motorisations automobiles, déploiement du solaire photovoltaïque et de l'éolien pour la production d'électricité, et technologies numériques pour une gestion « intelligente » de l'énergie. Le CEA participe à ce mouvement, en ciblant les ENR et le nucléaire. En soutien à la politique extérieure nationale, il développe des technologies à même de répondre aux besoins des pays partenaires de la France.

Le CEA propose ici 3 illustrations de ses recherches sur l'énergie bas carbone, les deux premières dessinant un futur proche - potentiellement l'échéance 2028 de la PPE – et la dernière, plus en rupture, un horizon plus éloigné. Il s'agit à chaque fois, dans un environnement très contraint, de développer des technologies plus performantes, accessibles, et qui améliorent le

quotidien. Elles montrent la nécessité d'une PPE qui soutient une recherche forte, et qui apporte une visibilité aux filières industrielles.

2. TROIS VOIES DE RECHERCHE BAS CARBONE DU CEA

2.1. Stockage pour la mobilité propre

Un facteur de baisse des émissions de GES est la forte diminution des énergies carbonées dans les transports, par utilisation de l'énergie électrique. On s'accorde pour prédire une forte hausse du besoin de batteries à performances accrues, pour les véhicules électriques, hybrides rechargeables ou à hydrogène. Aujourd'hui, le marché des cellules pour batteries est dominé par l'Asie. En revanche les industriels français et européens maîtrisent la fabrication des modules et packs, étapes importantes car elles conditionnent la durée de vie des batteries et leur sécurité de fonctionnement.

Le CEA est très actif dans l'assemblage des batteries et leur gestion, par le développement de capteurs et d'outils de diagnostic, pour connaître à tout moment l'état des batteries et retarder leur vieillissement. Il dispose d'équipements uniques en France pour réaliser des tests de sécurité à l'échelle du pack complet. La connaissance des phénomènes entraînant la mort de la batterie, couplée à des modélisations fines, permet de proposer des solutions en modifiant les matériaux et l'architecture des cellules, en optimisant les systèmes de pilotage des batteries. Les connaissances acquises par le CEA alimentent une base de données, qui sera ouverte à la communauté scientifique et aidera à choisir la meilleure batterie en fonction de l'application visée.

Ces compétences ont bénéficié au projet d'avion électrique *E-Fan* en collaboration avec Airbus, à des engins pour tunneliers avec Métalliance, et au catamaran *Energy Observer*.

En réponse aux enjeux de durabilité et d'économie des ressources, le CEA travaille aussi sur le diagnostic de fin de vie d'une batterie. Après un premier usage dans un véhicule, la batterie pourra être recyclée, ou alors

reconditionnée en second usage pour des applications stationnaires.

Au-delà de l'horizon de la PPE, le CEA travaille sur des procédés chimiques en rupture par rapport aux batteries lithium-ion actuelles. Tous mettent en œuvre des matériaux bas coûts pour rendre ces technologies accessibles au plus grand nombre.

L'ensemble de ces développements bénéficie aussi aux batteries « stationnaires », indispensables pour aider le réseau électrique à gérer les productions intermittentes.

Dans les véhicules lourds (bus, camions) ou à usages intensifs (taxis, livraisons, autopartage), les batteries atteindront leurs limites en autonomie et rapidité de charge. L'hydrogène apporte une réponse à ces besoins, avec des technologies aujourd'hui mûres, mais au coût encore trop élevé pour un déploiement massif.

Le CEA travaille depuis plus de 20 ans sur la filière hydrogène. Aujourd'hui produit à partir de ressources fossiles, l'hydrogène le sera demain par électrolyse de l'eau. Le CEA a développé une technologie avancée, dite à haute température, dont le rendement très élevé permettra de produire de l'« hydrogène vert » à prix compétitif. Il développe aussi les composants des véhicules : réservoirs d'hydrogène, et piles à combustible adaptées à différents usages (véhicules lourds, aéronautique, maritime, ...). Les objectifs primordiaux partagés avec les industriels portent sur une réduction des coûts et une moindre consommation des matériaux employés.

2.2. Le nucléaire dans une approche cohérente de maîtrise du réseau électrique

La place du nucléaire dans le mix énergétique doit être analysée au regard de ses apports à la lutte contre le réchauffement climatique, à l'économie de notre pays, ainsi qu'à l'autonomie énergétique et à l'équilibre à tout instant du réseau électrique.

La France a souhaité que la part du nucléaire dans le mix électrique décroisse à 50%, sans augmenter les émissions de CO₂. Pour le CEA, il s'agit d'une logique de

rééquilibrage et de diversification de nos sources d'approvisionnement. La production nucléaire n'émet pas de GES et est suffisamment flexible pour accompagner le développement des ENR en Europe. Par ailleurs il n'existe pas, aujourd'hui, d'autre technologie pour un mix électrique puissant, peu émetteur de CO₂, opérationnel, économiquement acceptable... et qui puisse aider à décarboner les secteurs de l'habitat et des transports.

Dans ce contexte, il est essentiel que la PPE soutienne sans ambiguïté la filière nucléaire nationale en progrès constant, tant sur le plan de la sûreté que de l'efficacité, et qu'elle lui donne une visibilité de long terme sur :

- L'évolution du parc : arrêts, prolongations, constructions de réacteurs ;
- La stratégie du cycle du combustible : la France a fait le choix du recyclage de ses combustibles usés, en les réutilisant une fois, ce qui permet une économie d'uranium naturel d'environ 10% et une réduction du volume des déchets ultimes. La technologie permet d'aller plus loin en multi-recyclant les combustibles. Ceci implique le maintien et le développement du savoir-faire national, en lien avec l'activité industrielle d'Orano à La Hague ;
- La gestion des déchets ultimes, à considérer en fonction de l'évolution du parc électronucléaire.

A plus long terme, le CEA mène des études sur des systèmes nucléaires avancés de 4^{ème} génération : réacteurs à neutrons rapides et cycle du combustible avancé. Cette approche ouvre la voie d'un nucléaire « durable » au sens qu'il minimise les déchets à vie longue et garantit l'autonomie électrique de la France, sans utiliser de nouvelle ressource naturelle, grâce au stock d'uranium appauvri existant.

Face à ces enjeux, le CEA estime que la France doit conserver une capacité complète de R&D nucléaire, pour la période de la PPE et au-delà.

En Europe, on oppose encore souvent les énergies renouvelables au nucléaire, alors qu'elles apportent

ensemble une électricité efficace. La Chine et l'Inde, par exemple, très conscientes des enjeux liés aux émissions de GES parce que ces deux pays devraient à eux seuls représenter vers 2040 la moitié de la croissance de la demande énergétique mondiale, développent ces deux énergies comme le socle d'un futur mix bas carbone.

En soulignant le rôle de chacune de ces énergies, la PPE donnera la visibilité nécessaire à nos filières industrielles et favorisera les partenariats internationaux de R&D.

2.3. Une recherche amont pour une économie sans ressources fossiles

Grâce à ses compétences en recherche fondamentale et en ingénierie, le CEA s'implique fortement sur la décarbonation de l'industrie chimique et la production de carburants renouvelables.

Le CEA étudie en particulier la production de molécules chimiques d'intérêt pour l'industrie par utilisation du surplus d'électricité bas carbone produite, notamment d'origine renouvelable, pour convertir le CO₂ émis par l'industrie et obtenir ainsi des molécules « vertes » : méthane, méthanol, éthanol.

Un autre axe de recherche porte sur la production de ces mêmes molécules par conversion directe de l'énergie de la lumière solaire via des dispositifs intégrant photovoltaïque et électrochimie bio-inspirée, l'apport de CO₂ provenant alors directement des gaz atmosphériques.

En lien avec l'industrie, le CEA travaille également sur la filière des microalgues pour la production de biocarburants et d'espèces chimiques biosourcées : il s'agit d'explorer les capacités de ces micro-organismes à produire de l'hydrogène ou des composés carbonés énergétiques.