



## Transition écologique

Dans un contexte global de réchauffement climatique et de hausse des besoins énergétiques lié à l'accroissement de la population mondiale et à des équipements de plus en plus énergivores, l'énergie jouera un rôle clé dans les prochaines décennies. Les sociétés actuelles devront réduire leur consommation en énergies dites fossiles comme le pétrole, le gaz et le charbon et s'appuyer sur des énergies renouvelables ayant des impacts environnementaux significativement réduits.

Malgré de belles ambitions dans le développement des énergies renouvelables avec des objectifs affichés<sup>1</sup> visant à porter à 40 % la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité à l'horizon 2030 et de parvenir à l'autonomie énergétique pour nos départements d'outre-mer à pareille date, la transition énergétique française ne va pas dans la bonne direction. La France affiche ainsi un retard inquiétant dans les renouvelables puisqu'elles n'ont représenté que 17 % de la production d'électricité en 2015

---

1. Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

### FICHE THÉMATIQUE

# LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

et des orientations stratégiques confuses sur l'avenir du nucléaire.

Quelles énergies voulons-nous pour demain ? Quels nouveaux objectifs la France devra-t-elle porter ?

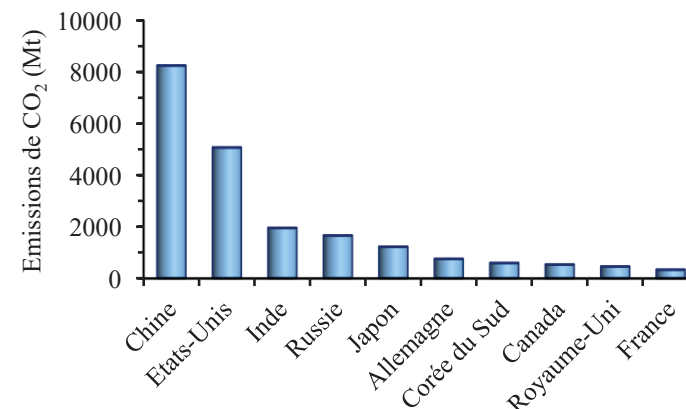
## LES DEFIS DE LA TRANSITION ENERGETIQUE

### Le défi écologique de la transition française

Regardons dans un premier temps la part de la France dans les émissions mondiales de dioxyde de carbone<sup>1</sup>. Au total, ce sont près de 32 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> qui ont été émises dans le monde en 2012 dues à la combustion d'énergie<sup>2</sup>. Depuis 1990, elles ont augmenté de 51 %. La combustion d'énergie fossile est responsable de plus de 80 % de ce total.

1. « Les émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion d'énergie dans le monde en 2012 », ministère de l'Énergie, janvier 2015.

2. On inclut les émissions liées à la transformation d'énergie (production d'électricité, raffinage de pétrole...) et celles liées à un usage final des secteurs économiques comme les transports, l'industrie, l'agriculture, etc.



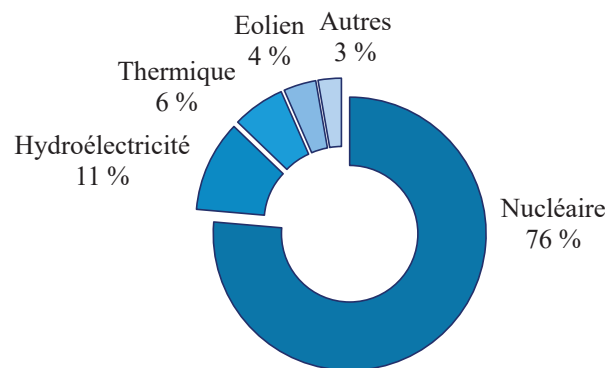
Émissions de CO<sub>2</sub> par pays en 2012

On constate dans le graphique précédent que la Chine émet 8,2 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> soit 26 % du total mondial et les États-Unis 16 %. On observe que la France fait partie des pays industrialisés produisant le moins de CO<sub>2</sub> avec seulement 1,1 % des émissions mondiales (en baisse depuis 1990).

Un Français émet ainsi trois fois moins<sup>1</sup> de CO<sub>2</sub> qu'un habitant des États-Unis. Même si l'électricité française est issue pour 6 % seulement de ressources fossiles et apparaît

1. États-Unis : 16,1 ; Allemagne : 9,2 ; Chine : 6,1 ; France : 5,1 (en tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant).

comme décarbonée, pour autant 76 % de l'électricité française provient du parc nucléaire français<sup>1</sup>.



Production d'électricité en 2015 : 546 TWh<sup>2</sup>

Ce parc est vieillissant et à ce jour, aucune solution sur le long terme n'a été trouvée pour éliminer les déchets nucléaires provenant des réacteurs à fission. Le défi écologique est donc de maintenir des émissions de dioxyde de carbone basses et de diminuer la part du nucléaire français en développant les énergies renouvelables.

1. 63 GW de nucléaire, 25 GW d'hydraulique, 23 GW de thermique, 10 GW d'éolien terrestre, 6 GW de solaire et 2 GW d'autres sources (Bilan électrique 2015, RTE France).

2. La puissance s'exprime en watt (symbole W) tandis que l'énergie s'exprime en watt par heure (noté Wh). Notes : 1 gigawatt = 1 milliard de watts, 1 térawatt heure = 1000 milliards de watts par heure.

## Le défi économique de la transition énergétique

En 2014, les ménages français ont consacré 86 milliards d'euros à leurs achats d'énergie soit près de 3 000 € par ménage<sup>1</sup> et 9 % de leurs dépenses totales. Il ne faut donc pas perdre de vue que les débats liés à l'énergie nous concernent tous, ainsi que nos entreprises. Car au final, c'est le contribuable français, consommateur d'électricité, qui devra en supporter le coût. Par ailleurs, les tentatives des politiques d'atténuer les hausses des tarifs d'électricité ont été vaines et les augmentations inéluctables. La transition énergétique devra donc se faire mais de manière judicieuse c'est-à-dire en tenant compte des réalités économiques et pas en fonction de choix politiques instables. Alors que le prix de l'électricité en France est aujourd'hui l'un des plus bas en Europe et qu'on ne parle plus que de compétitivité de la France et de ses entreprises, dans quelle mesure le consommateur serait-il prêt à payer plus cher pour de l'électricité verte ? Voilà le réel défi économique de la transition énergétique française.

## Le défi industriel de la transition énergétique

Aujourd'hui la France importe près de 98 % du gaz et près de 99 % du pétrole et du charbon qu'elle consomme.

1. Bilan énergétique de la France pour 2014, juillet 2015, Commissariat général au développement durable.

La facture des énergies fossiles atteint 57 milliards d'euros<sup>1</sup> par an. En revanche, la production d'électricité reposant principalement sur le nucléaire et les barrages hydrauliques, nécessite peu d'importations énergétiques. L'électricité est même un poste excédentaire et ses ventes rapportent chaque année deux milliards. Alors que la balance énergétique totale de la France s'est ainsi élevée à 55 milliards d'euros<sup>2</sup> en 2014 et a représenté 14 % des importations totales, et que la tendance mondiale est à la diminution des émissions de gaz à effet de serre, on peut s'interroger sur la double opportunité pour la France d'accroître son indépendance énergétique en diminuant ses importations énergétiques et de conquérir de nouveaux marchés à l'international grâce au développement de nouvelles filières industrielles françaises créatrices d'emplois et sources de croissance.

### **Le défi environnemental et social de cette transition**

Enfin le dernier défi majeur sera de trouver un juste compromis entre d'une part, le développement des énergies renouvelables et d'autre part, la protection de l'environnement (faune et flore) et la préservation de la beauté des paysages français et du patrimoine touristique français.

---

1. 45 Mds € pour le pétrole, 10 Md € pour le gaz et 1 Md € pour le charbon.

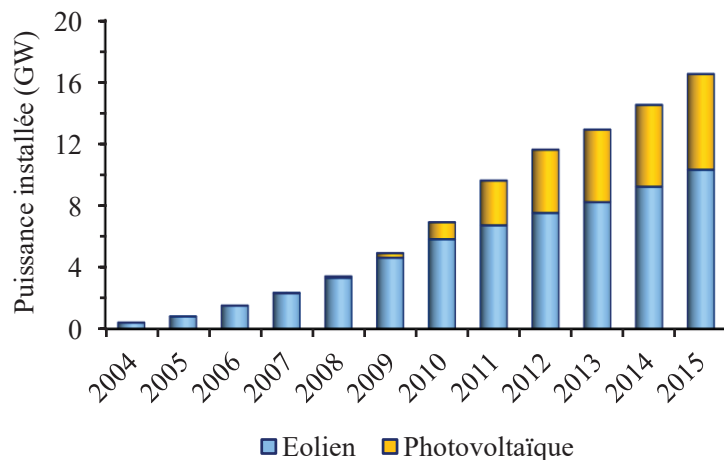
2. Cette balance ne prend pas en compte l'uranium utilisé pour alimenter les centrales nucléaires françaises. Il faut donc ajouter environ 800 millions d'euros (estimation 2013).

## LES INCOHERENCES DE LA TRANSITION ENERGETIQUE EN FRANCE

Un consensus règne sur le fait que la France doit développer les énergies renouvelables pour remplacer les centrales nucléaires vieillissantes et répondre au défi écologique de la transition énergétique française. Pourtant il existe de nombreuses sources d'énergie différentes qualifiées de renouvelables.

### **Les panneaux solaires et les éoliennes terrestres d'origine étrangère**

Nous avons représenté ci-après l'évolution du photovoltaïque et de l'éolien en France entre 2004 et 2015. On remarque la très forte progression du photovoltaïque depuis 2010 où la puissance a été multipliée par six pour atteindre 6,2 GW fin 2015.



Évolution du photovoltaïque et de l'éolien en France

Alors qu'en 2007, l'Europe comptait la plupart des fabricants de panneaux solaires, aujourd'hui il n'y a plus aucun acteur européen dans le top 10 mondial, et cela en dépit des mesures protectionnistes adoptées par l'Union européenne. On estime en 2012 à 80 % les panneaux solaires installés en Europe d'origine chinoise tandis que la Chine fournit environ 71 % de la production mondiale.

L'éolien – qui exploite l'énergie du vent – a été depuis le début des années 2000 l'une des énergies les plus développées dans le monde. On est ainsi passé en France d'une puissance installée quasiment nulle en 2004 à 10,3 GW en 2015. Pourtant, il convient de remarquer que 95 % des éoliennes installées sont de marques étrangères. En 2015, ce sont même l'intégralité des éoliennes installées

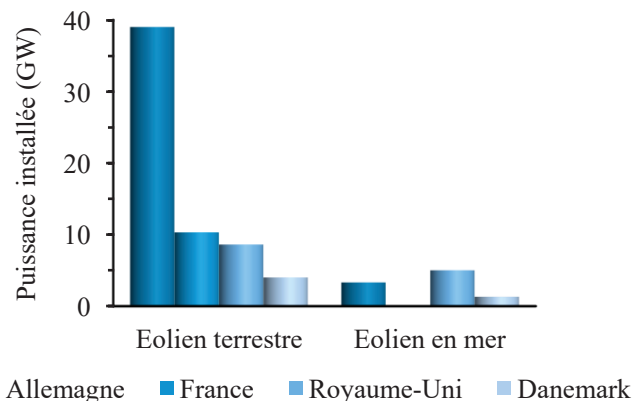
qui ont été produites par des entreprises étrangères<sup>1</sup> dont plus de 9 éoliennes sur 10 de marques allemandes ou danoises. Puisque les panneaux solaires et les éoliennes terrestres sont majoritairement d'origine étrangère, est-il pertinent de continuer à les développer ?

### Le potentiel inexploité des énergies marines renouvelables

L'éolien en mer consiste à déployer des éoliennes au large des côtes afin de bénéficier de vents plus puissants que sur le continent. La totalité des éoliennes en mer installées dans le monde sont actuellement posées sur le fond marin<sup>2</sup>. Pourtant, à ce jour, la France ne possède aucun parc éolien en mer opérationnel contrairement à l'Allemagne, au Royaume-Uni et au Danemark qui cumulent près de 10 GW d'éolien en mer et qui contrastent avec les 3 GW prévus pour la France à partir de 2020.

1. Performances de l'éolien en 2015 et perspectives d'avenir, FEE, janvier 2016.

2. A des profondeurs de moins de 30 mètres.



Capacités éoliennes en Europe en avril 2016<sup>1</sup>

Il existe aussi l'éolien flottant destiné à de grandes profondeurs. Hormis l'éolien, d'autres technologies ont également été développées pour produire de l'électricité à partir des ressources marines. Par exemple, l'énergie des vagues (houlomoteur) et l'énergie des courants marins (hydrolien) mais aussi l'énergie des marées (marémoteur) et l'énergie thermique des mers visant à produire de l'électricité en exploitant la différence de température entre les eaux à la surface et les eaux de grande profondeur. Cette dernière est uniquement disponible dans les régions d'outre-mer notamment à la Réunion, la Martinique, la Guadeloupe et la Polynésie française. L'agence de l'environnement et de maîtrise de l'énergie (Ademe) a estimé<sup>2</sup>

1. The Wind Power, avril 2016.

2. « Un mix électrique 100 % renouvelable ? », octobre 2015.

les puissances maximales suivantes pouvant être installées en France.

Éolien en mer posé	Éolien flottant	Houlomoteur	Hydrolien	Marémoteur	Énergie thermique des mers
20 GW	46 GW	10 GW	3 GW	0,2 GW	0,2 GW <sup>1</sup>

Le fort potentiel des énergies marines

Malgré seulement quelques projets expérimentaux en cours dans l'éolien flottant et l'hydrolien, le potentiel des énergies marines renouvelables (EMR) est encore largement inexploité sur le territoire français.

### Des objectifs irréalistes et illusoirs

L'Ademe a publié en octobre 2015 un rapport dans lequel il s'interroge sur la possibilité d'un mix énergétique composé à 100 % d'énergies renouvelables à l'horizon 2050. Il décrit ainsi un premier scénario avec une électricité issue à 80 % d'éolien et de solaire<sup>2</sup>. Dans un second scénario privilégiant les « progrès technologiques »,

1. Autre estimation.

2. 63 % d'éolien et 17 % de solaire ce qui représente près de 110 GW d'éolien (dont 10 GW d'éolien en mer posé) et 63 GW de photovoltaïque.

l'Ademe présente un mix idéal 100 % énergies renouvelables en 2050 composé à 67 % d'éolien et de solaire avec l'apparition notable des énergies marines<sup>1</sup>.

Lorsque l'Ademe considère que d'ici 2050 la consommation d'électricité en France pourrait diminuer et que les citoyens français accepteraient de voir le nombre d'éoliennes terrestres et de panneaux solaires multiplié par 10, il apparaît évident que le mix 100 % renouvelable relève de l'utopie et ne répond en aucune manière au défi environnemental et social de la transition énergétique. Par ailleurs, le coût d'un tel mix atteindrait la somme astronomique de 1 200 milliards d'euros pour les prochaines décennies et entraînerait une augmentation conséquente du prix de l'électricité ne répondant ainsi pas plus aux défis économiques et industriels.

*Le 100 % renouvelable est une illusion.*

La loi Grenelle de 2009 avait fixé un objectif de 6 GW d'éolien maritime à horizon 2020. Les professionnels du secteur – que nous avons rencontrés – sont unanimes : les ambitions énergétiques pour 2020 ne seront jamais atteintes et la cible d'éolien marin paraît « totalement hors de portée » dans la mesure où seulement 3 GW ont été attribués à ce jour et en tenant compte du fait que les projets prennent du retard. Il est même hautement probable de n'avoir aucun parc opérationnel en 2020. En avril 2016, le

---

1. Près de 6 GW d'éolien flottant, 5 GW d'éolien en mer posé, 10 GW d'houlomoteur et 3 GW d'hydrolien.

gouvernement a détaillé les objectifs d'énergies renouvelables pour 2023 dans un silence médiatique total et sans jamais demander aux citoyens de proposer leurs idées et solutions. 26 GW d'éolien terrestre installés sont prévus de même que 20 GW de solaire.

L'éolien terrestre a le vent en poupe avec une hausse de près de 1 GW par an. L'énergie photovoltaïque suit une tendance similaire avec de fortes hausses annuelles. Le gouvernement préconise donc d'accentuer le développement de l'éolien et du solaire en presque triplant le nombre d'éoliennes terrestres et de panneaux solaires installés en France en l'espace de seulement huit ans. Ces futurs contrats représentent des investissements de plusieurs dizaines de milliards d'euros qui ne bénéficieront quasiment pas aux entreprises françaises puisque comme nous l'avons vu dans la partie précédente, la quasi-totalité des éoliennes terrestres et panneaux solaires sont fabriqués à l'étranger. De plus, le gouvernement passe sous silence la question cruciale de l'évolution du parc nucléaire. Combien de réacteurs seront mis à l'arrêt pour organiser la décrue du nucléaire ? Personne n'a pris position.

Du côté des énergies marines renouvelables, le plan prévoit notamment 3 GW d'éolien en mer posé installés en 2023 et jusqu'à 6 GW attribués. Avec un total pouvant donc aller jusqu'à 9 GW, on atteindrait presque en 2030 le seuil de 10 GW prévu par l'Ademe dans son premier scénario idéaliste de 100 % d'énergies renouvelables... vingt ans trop tôt. Cependant, avec des objectifs qui peuvent va-

rier, on peut légitimement se demander comment les industriels pourront se projeter dans un futur aussi flou ? La France affiche donc son souhait de rattraper son retard dans l'éolien en mer posé au détriment des autres EMR (éolien flottant, hydrolien...) pour lesquelles elle ne donne pas de vision suffisamment claire avec 0,1 GW installé en 2023.

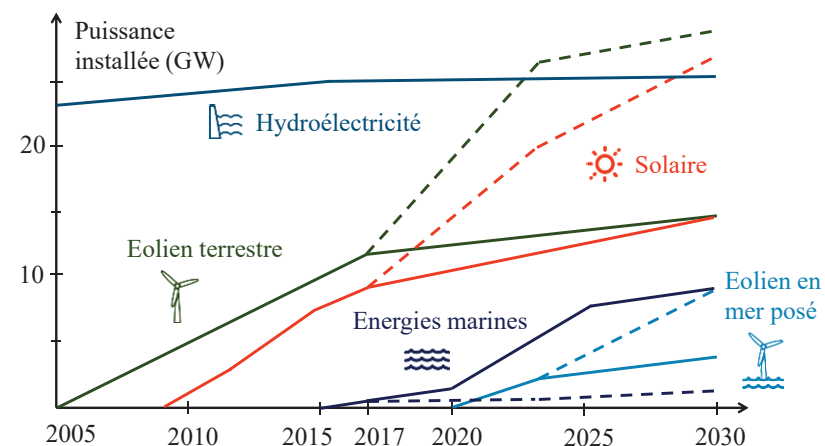
### LE FUTUR DES ENERGIES VERTES SERA JAUNE ET BLEU

« Nous devons prendre exemple sur des pays et des villes qui sont bien plus en avance sur les énergies renouvelables comme Copenhague ou l'Islande. Investir dans ces énergies inépuisables c'est investir dans l'avenir à long terme. »

Maia

Alors que les objectifs pour 2023 dans le solaire et l'éolien terrestre et maritime semblent ainsi totalement exagérés vis-à-vis des préconisations de l'Ademe et contrastent avec les seulement 0,1 GW d'autres énergies marines prévus d'ici 2023 malgré leur potentiel important, on peut légitimement relever les incohérences de ce plan qui a pourtant mis à contribution de nombreuses hautes autorités de l'État et ne répond pas aux quatre défis de la transition énergétique.

Sur quelles énergies renouvelables devons-nous miser pour répondre à l'ensemble des défis précédents de la transition énergétique ? Fixer des objectifs énergétiques pour 2050 nous semble irréaliste et illusoire. Comment en effet peut-on prévoir un avenir aussi lointain et anticiper les nouvelles sources d'énergie renouvelable qui émergeront d'ici 2050 ? Conscients des enjeux multiples, nous détaillons dans ce qui suit le développement des énergies renouvelables que nous préconisons. Dans la figure ci-dessous, nous avons représenté en trait pointillé les objectifs actuels du gouvernement et en trait plein les évolutions majeures que nous envisageons dès 2017.



Plan 2030 de développement des énergies renouvelables<sup>1</sup>

1. Pour l'éolien terrestre et le solaire, les objectifs étant définis uniquement pour 2023, nous avons extrapolé en prolongeant les traits



Nous définirons donc des objectifs à moyen terme qui répondent aux quatre défis de la transition énergétique. Nous préconisons pour 2030 : 25 GW d'hydroélectricité, 15 GW d'éolien terrestre, 15 GW de solaire dont 5 GW de nouvelle génération, 4 GW d'éolien en mer posé et 9 GW d'autres énergies marines renouvelables comme l'éolien flottant, l'énergie des courants marins et l'énergie des vagues.

### **Ralentir le développement de l'éolien terrestre**

Face aux vents de contestation de plus en plus puissants contre les parcs éoliens terrestres et aux défis environnementaux et économiques liés à la préservation de la beauté des paysages français et au fait qu'il n'existe plus aucun fabricant d'éoliennes terrestres de grande puissance français, nous recommandons de ralentir le développement de cette filière, non souhaitée par une majorité de citoyens et peu pourvoyeuse d'emplois en France.

### **Innover dans l'énergie solaire**

Contrairement aux pays du sud de l'Europe comme l'Espagne où l'ensoleillement est plus important et de vastes espaces libres sont disponibles, la France ne se prête pas idéalement au développement de l'énergie solaire au sol. Néanmoins elle reste incontournable par son potentiel

---

jusqu'en 2030 (estimations). Concernant l'hydroélectricité, nous avons conservé l'hypothèse du ministère avec la même capacité hydroélectrique en 2030 qu'en 2015 à savoir 25 GW.

mondial immense. Même si la France a manqué la première vague d'innovation dans les panneaux photovoltaïques, dépassée par la Chine qui a su investir des milliards, des entreprises et laboratoires de recherche français sont en train de développer les prochaines générations avec entre autres des ballons équipés de cellules photovoltaïques ou des vitres intégrées à l'habitat pouvant générer de l'électricité.

Ainsi dans le cadre de notre projet de société, nous souhaitons ralentir l'implantation incontrôlée de panneaux photovoltaïques d'ancienne génération – dix fois plus polluants que les barrages hydrauliques – sur les toitures et au sol pour préserver notre patrimoine culturel, touristique et environnemental et privilégier les innovations intégrées à l'habitat urbain et peu visibles. En outre, nous lancerons un grand plan d'innovation pour développer d'ici 2023 les prochaines générations de dispositifs exploitant l'énergie solaire, plus respectueuses de l'environnement et grâce auxquelles nos entreprises créeront des milliers d'emplois en France et conquerront les marchés du monde entier.

### **Investir durablement dans les énergies de la mer**

Alors que 71 % de la surface de la Terre est couverte par les océans et que la France possède grâce aux régions d'outre-mer le deuxième espace maritime mondial avec plus de 11 millions de km<sup>2</sup>, nous déciderons d'augmenter sensiblement la cible initiale de 0,1 GW installé en 2023 pour assurer à nos entreprises françaises un marché en France de taille suffisante pour permettre la création

d'usines et de nouveaux emplois dans le domaine des énergies marines. En clair, donner aux entreprises françaises une vision stable et à long terme, ce qui leur manque cruellement en ce moment.

Nous concrétiserons ainsi la légère avance qu'a la France en accélérant le développement de l'hydrolien et de l'éolien en mer à grande échelle. L'hydrolien pour ne pas nous faire dépasser par le Royaume-Uni qui prévoit déjà la mise en service d'un parc hydrolien géant de 0,5 GW d'ici 2020 et saisir les opportunités d'un marché mondial estimé à plus de 100 GW. De plus, contrairement à l'éolien en mer posé, plus proche des côtes et pour lequel nous avons plus de dix années de retard par rapport aux autres pays européens, nous privilégierons l'éolien flottant car la France possède de nombreux atouts (concepts innovants, *start-ups...*) et car il peut être déployé à plusieurs dizaines de kilomètres des côtes, préservant ainsi les littoraux français. Comme le mentionne Jean-Luc ci-dessous, la France devra aussi miser sur l'énergie des vagues.

« L'énergie des vagues, c'est l'énergie du futur. »

Jean-Luc

Alors que les gouvernements préconisent de développer les énergies renouvelables à terre, nous faisons le pari des énergies en mer à court et moyen terme et des énergies dans les airs à long terme. Des idées naissent en Europe avec des parcs solaires flottants ou des éoliennes en forme

de cerfs-volants captant les vents en haute altitude beaucoup plus puissants. Convaincus que de nouvelles innovations émergeront dans les prochaines années (en imaginant par exemple exploiter l'énergie des cyclones dans un environnement contrôlé en laboratoire), nous créerons grâce à notre Centre National de l'Innovation et de l'Entrepreneuriat un environnement propice à la concrétisation des idées les plus prometteuses.

#### DEVELOPPER LA FUSION NUCLEAIRE, L'ENERGIE DES ETOILES

Tout le monde s'accorde à dire qu'il faut développer les énergies renouvelables dans le cadre de la transition énergétique. Nous avons montré précédemment qu'un mix énergétique composé de 100 % d'énergies renouvelables relève du mythe tant par les investissements faramineux que cela nécessite, que par l'hypothèse absurde de couvrir le territoire français de milliers d'éoliennes et de panneaux solaires. Ainsi une grande part d'ombre subsiste sur les sources d'énergies qui compléteront les énergies renouvelables en 2050. Alors que l'Allemagne apparaît souvent comme un modèle à suivre en matière de transition énergétique, il convient de rappeler que les énergies renouvelables n'ont représenté en 2014 que 26 % du mix énergétique allemand tandis que 58 % provenaient encore de ressources fossiles et que le nucléaire fournissait 16 % de l'électricité malgré la sortie progressive démarrée depuis les années 2000.

L'Allemagne a fait le choix paradoxal de développer les énergies renouvelables tout en exploitant toujours les ressources fossiles particulièrement polluantes. Dès lors, quelles énergies complémentaires voulons-nous pour la France ?

### **La France a fait le choix historique de la fission nucléaire**

La radioactivité naturelle a été découverte par le physicien français Henri Becquerel en 1896. Avec cette découverte, c'est notre connaissance du monde, infiniment petit et infiniment grand, qui se trouve totalement bouleversée. Dès lors tout s'enchaîne très vite : découverte du proton en 1919 par Rutherford puis celle du neutron en 1932. La radioactivité artificielle est ensuite mise en évidence par le chimiste français Joliot-Curie en 1934. On découvre alors les réactions nucléaires. La datation du passé est désormais possible tout comme l'imagerie médicale. Ainsi au cours des années, la France développe la fission nucléaire et un savoir-faire unique au monde. Aujourd'hui, la filière nucléaire en France représente 76 % du mix énergétique et pourvoit plus de 200 000 emplois.

Même si la production d'énergie nucléaire ne rejette que très peu de dioxyde de carbone, elle nécessite de l'uranium qui est extrait dans des mines situées au Kazakhstan, au Niger et au Canada pour un coût d'environ un milliard d'euros par an. En outre, chaque réacteur produit des déchets radioactifs nocifs pour l'environnement que la France enfouit sous terre. Par ailleurs, la fission nucléaire

pose des problèmes liés à la sécurité des installations et au respect de l'environnement comme le rappellent dans l'histoire les accidents nucléaires de Tchernobyl et de Fukushima.

Ainsi malgré son potentiel important et ses avantages, la fission nucléaire ne répond pas aux défis écologiques et environnementaux de la transition énergétique française et ne peut donc pas constituer le complément aux énergies renouvelables dans un mix énergétique à l'horizon 2050. Nous proposons donc de fermer progressivement et de démanteler les centrales nucléaires françaises. Nous créerons un consortium de recherche réunissant les meilleurs chercheurs et ingénieurs pour trouver une solution durable au recyclage des déchets nucléaires. En se spécialisant dans le marché du démantèlement des centrales nucléaires, la France s'affirmera en tant que leader mondial du secteur.

*Pour une sortie progressive de la fission nucléaire.*

Toutefois n'y-a-t-il pas un moyen de valoriser le savoir-faire français acquis durant plus d'un siècle et d'exploiter autrement l'énergie nucléaire ?

### **Une alternative à la fission existe**

Dans une centrale nucléaire actuelle, l'énergie provient de la fission de l'uranium 235 induite par les neutrons. À l'inverse de la fission, les scientifiques ont aussi découvert la réaction qui alimente les étoiles : la fusion nu-

cléaire. Quatre réactions de fusion sont théoriquement possibles mais seule celle entre le deutérium et le tritium est pour le moment envisagée. Les températures requises pour la fusion dépassent la centaine de millions de degrés. À de telles températures, il est nécessaire de confiner la matière. L'approche la plus utilisée de nos jours est la fusion à confinement magnétique à l'aide d'un tokamak – chambre contenant des bobines magnétiques – car elle ne présente pas d'intérêt militaire et présente une plus grande faisabilité. Un réacteur à fusion nucléaire produit une énergie incomparable par rapport aux énergies traditionnelles et fournit quatre fois plus d'énergie qu'un réacteur nucléaire classique.

*La fusion a un potentiel immense comparé aux autres sources d'énergie.*

Tout comme les centrales à fission, la fusion ne produit pas de gaz à effet de serre. Par ailleurs, en utilisant l'énergie de fusion, il n'y aurait plus de débat sur l'élimination des déchets radioactifs (notamment le Césium 137 et le Strontium 90) dans la mesure où la réaction de fusion ne produit pas de tels déchets de longue durée d'où un avantage considérable d'un point de vue environnemental. De plus, cette future énergie de fusion ne serait pas sujette aux variations des conditions météorologiques, contrairement à la plupart des énergies renouvelables intermittentes comme le solaire et l'éolien, dont la production s'interrompt lorsque l'ensoleillement est insuffisant ou que la vitesse du vent est trop faible ou trop importante. Avec la

fusion, le combustible<sup>1</sup> est quasiment inépuisable dans la nature d'où une indépendance totale vis-à-vis des réserves d'uranium et une diminution à terme des importations énergétiques françaises.

*Une énergie propre, non intermittente, fiable et sûre.*

Du point de vue de la sécurité, la réaction de fusion ne risque pas de s'emballer contrairement à la fission qui est une réaction en chaîne qu'on ne peut arrêter. Les accidents de Tchernobyl et Fukushima ne pourraient pas se reproduire. De plus, la radioactivité serait localisée autour du réacteur donc sans risque pour les êtres humains.

### **La fusion nucléaire : un défi majeur pour la France et le monde entier**

L'énergie de fusion est ainsi une énergie abondante, propre, constante, sans effet sur l'environnement, sans déchets radioactifs, sans dérives possibles pour le militaire et ne présentant aucun risque d'accident nucléaire. La question légitime que l'on peut se poser est la suivante : puisque cette énergie miracle existe, pourquoi ne pas la développer ? L'agence Thomson-Reuters déclare dans son rapport<sup>2</sup> avoir « identifié trois méthodes de production d'électricité les plus susceptibles d'émerger des énergies alternatives et de dominer dans les trois prochaines décennies parmi l'hydrolien-houlomoteur, la fusion nucléaire et

---

1. Deutérium et tritium.

2. *Powering the planet 2045*, juin 2016.

le solaire photovoltaïque » et reconnaît ainsi la place que jouera la fusion dans le long terme.

De nos jours, 40 tokamaks sont en opération ou en cours de construction (Inde, Corée, Chine). La fusion nucléaire commencée dans les années 50 a beaucoup progressé ces dernières années. Le Réacteur Thermonucléaire Expérimental International (ITER) est un projet international de fusion expérimentale en construction depuis 2010 à Cadarache en France, qui associe plus de 35 pays dont l'Union européenne, le Japon, l'Inde, la Chine, la Russie, la Corée du Sud, les USA et la Suisse. Les objectifs sont de prouver la faisabilité scientifique et technique de la fusion. Le dernier pas avant la commercialisation de l'énergie de la fusion sera le projet DEMO. Les scientifiques s'accordent à dire que les réacteurs à fusion seront opérationnels à l'horizon 2050 même si les pays émergents pourront développer cette technologie bien avant le reste du monde grâce à des investissements massifs et une politique appropriée. Étant conscients des enjeux technologiques, économiques et environnementaux liés à l'énergie de demain, nous préconisons d'accélérer le développement de l'énergie de fusion par des embauches majeures dans les prochaines années et une industrialisation opérationnelle dès 2040.

*Pour des premiers réacteurs à fusion opérationnels dès 2040.*

« Une approche du type "Apollo" pourrait nous faire gagner du temps et rendre la fusion opérationnelle dès 2040. »

A. Fasoli, directeur du Swiss Plasma Center

Le développement de cette énergie des étoiles dans le cadre d'un projet cofinancé par l'Union européenne coïncidera avec l'augmentation de la part des énergies renouvelables afin d'arriver à l'horizon 2050 à un mix énergétique 100 % énergies renouvelables et fusion nucléaire. Les défis en robotique, supraconducteurs, physique des plasmas, astrophysique et sciences des matériaux sont immenses et seront sources d'innovations dans tous les domaines. Nous nous engageons sur le long terme avec ce thème d'avenir afin de créer une filière industrielle d'excellence française, pourvoyeuse d'emplois pendant des décennies et lancer une véritable innovation énergétique. Les investissements sont massifs mais seront étalés sur plus de 30 ans et répartis entre les pays partenaires. Le coût restera inférieur à un mix hypothétique composé de 100 % d'énergies renouvelables.

L'objectif est de faire de la France le centre de recherche mondial sur l'énergie de fusion en accueillant les plus grands scientifiques. Nous voulons une énergie efficace, propre et sûre qui fournira une électricité bon marché pour tous.

*Le défi aujourd'hui pour la fusion est autant politique que scientifique.*

Ainsi la question n'est pas tant de savoir si l'on doit sortir ou non du nucléaire, mais plutôt si nous voulons arrêter la fission nucléaire pour nous tourner vers l'énergie des étoiles et valoriser des années de savoir-faire français. La fusion n'est plus un mythe scientifique ou une utopie littéraire mais une réalité et il est grand temps d'accélérer le développement de cette énergie. Celle-ci nous permettra d'envisager la conquête et l'exploration spatiale sous un nouvel angle. Le temps de la fission est révolu, place désormais à la fusion.

Pour conclure, alors que la transition énergétique suit une orientation incohérente, nous souhaitons diriger la France vers un mix énergétique composé à 100 % d'énergies renouvelables et de fusion nucléaire à l'horizon 2050. Le premier volet consacré au développement des énergies renouvelables fixe des objectifs clairs pour 2030 en mettant l'accent sur les énergies marines renouvelables, le solaire de nouvelle génération et les énergies du futur en parallèle du ralentissement de l'éolien terrestre et du solaire d'ancienne génération dans le but de répondre aux défis écologique, économique, industriel et environnemental de la transition énergétique.

Le second volet a été dédié à la sortie progressive de la fission nucléaire et le développement de la fusion, énergie propre sans effet sur la santé ni sur l'environnement et compatible avec le développement durable. En intensifiant la recherche dans le cadre d'un consortium européen avec des embauches majeures, nous rendrons opérationnels les premiers réacteurs à fusion dès 2040 et créerons une filière

d'excellence française, source d'emplois pour des décennies. Enfin, pour réussir parfaitement la transition énergétique, nous favoriserons l'efficacité énergétique des bâtiments et encouragerons les économies d'énergie au quotidien. Comme le mentionne Émilie ci-dessous, nous pourrions également envisager de sensibiliser la population sur l'écologie, la protection de l'environnement, le tri des déchets, etc.

« Sensibiliser et éduquer la population : l'écologie est quelque chose de nouveau et qui s'apprend. En général les gens sont désemparés "qu'est-ce que je peux faire ?". Il serait bon de l'enseigner à l'école, de faire de la communication, de proposer des guides des gestes simples à faire, pour que tout le monde comprenne et puisse agir. »

Émilie