



Nucléaire



Le nucléaire est-il nécessaire à la lutte contre le dérèglement climatique ?

Le caractère « non carboné » de l'énergie nucléaire lui vaut d'être considérée comme une des options pour lutter contre le dérèglement climatique. Cette énergie est même parfois présentée comme la seule solution permettant de produire massivement de l'électricité en limitant les émissions de gaz à effet de serre. Le recours au nucléaire est-il incontournable ?



Publié le 19 novembre 2015
Modifié le 1 avril 2016

En quelques mots

Bien que l'énergie nucléaire ne soit pas une énergie « sans carbone », il est incontestable que l'électricité qu'elle produit génère beaucoup moins d'émissions de CO₂ que la combustion d'énergies fossiles. Ce constat ne permet pour autant pas de statuer sur l'importance de cette énergie dans une stratégie globale de réduction des émissions de gaz à effet de serre, il est nécessaire de mener plus loin l'analyse.

Jusqu'à présent, le nucléaire n'a que faiblement contribué à la réduction des émissions de dioxyde de carbone. L'augmentation des émissions annuelles de CO₂ liées à l'énergie entre 1950 et aujourd'hui est vingt fois plus importante que les émissions annuelles évitées grâce au nucléaire. Même en France, son fort développement n'a pas pu permettre à ce pays de conserver un niveau soutenable d'émissions.

Aucun scénario mondial institutionnel ne mise sur un boom de l'énergie nucléaire. L'Agence internationale de l'énergie (AIE), qui propose un scénario ambitieux de développement de cette source d'électricité en multipliant par 2,5 sa capacité installée d'ici 2040, ne voit qu'un rôle mineur du nucléaire dans la baisse des émissions. Dès lors, cette technologie ne peut être uniquement regardée sous l'angle de son efficacité absolue. Elle doit être évaluée au regard de son efficacité relativement aux autres options disponibles – les économies d'énergie et les énergies renouvelables –, et de sa cohérence dans une solution combinant ces autres options. À ce titre, le nucléaire peut s'avérer être un frein à la mise en place d'une stratégie cohérente, et son développement ou son maintien là où il existe peut être contre-productif pour le déploiement d'une transition énergétique efficace.



La lutte contre le changement climatique passe avant tout par la diminution rapide du recours aux énergies fossiles, qui représentent aujourd'hui plus de 80 % de la consommation d'énergie dans le monde. Nous disposons principalement pour cela de deux leviers : réduire les consommations d'énergie nécessaires à la satisfaction de nos besoins, et remplacer les énergies fossiles par des énergies « non carbonées ». Celles-ci sont d'une part les énergies renouvelables, dans toute leur diversité, et d'autre part le nucléaire, dont le caractère massif est parfois mis en avant pour en faire la seule solution pouvant « être déployée immédiatement à grande échelle »¹.

Le recours à l'énergie nucléaire entraîne avec lui des risques spécifiques (prolifération, accident majeur, déchets radioactifs), et ce point est prégnant dans le débat sur les options. Mais il ne s'agit pas ici de discuter le niveau de gravité de ces risques, leur évolution en cas de recours accru au nucléaire, ou d'arbitrer leur mise en balance avec le risque climatique.

L'article se concentrera plutôt ici sur l'analyse du rôle que le nucléaire peut, du point de vue énergétique, jouer dans la lutte contre le changement climatique. Il s'intéressera à la fois à l'efficacité à laquelle cette option peut prétendre dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et à la cohérence du recours à cette option par rapport à d'autres options possibles, dans le cadre d'une action globale aussi forte que possible.

Contenu indirect en CO₂ et émissions évitées

La première étape, pour mesurer l'efficacité du nucléaire dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, est de comparer les émissions associées à son utilisation avec les émissions évitées par cette même utilisation. Cette comparaison est plus difficile qu'elle n'y paraît.

Commençons par les émissions engendrées par la production d'énergie nucléaire. À première vue, elles sont nulles. Contrairement à la combustion d'énergies fossiles, la réaction de fission nucléaire, dont on utilise la chaleur pour produire de l'électricité dans les réacteurs, ne dégage pas de gaz à effet de serre. Cependant, l'utilisation de cette source d'énergie nécessite diverses opérations qui sont des sources d'émissions de gaz à effet de serre : l'extraction du minerai d'uranium et sa transformation en combustible prêt à être utilisé dans les réacteurs, construction et exploitation des centrales, traitement et gestion des déchets radioactifs sur le long terme, et démantèlement des installations, sans oublier les transports associés aux différentes étapes.

Selon les hypothèses considérées dans les analyses de cycle de vie, le bilan de ces émissions indirectes peut fortement varier. Une étude méta-bibliographique, c'est-à-dire recensant les différentes valeurs publiées dans la littérature scientifique, avait défini en 2008 une fourchette allant de 1,4 à 288 grammes de CO₂ équivalent par kilowatt-heure (gCO₂éq/kWh)². Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) retient pour sa part une fourchette de 4 à 110 gCO₂éq/kWh³. Ainsi, le nucléaire n'est pas une énergie « non carbonée », mais plutôt une énergie « peu carbonée ». Avec quelques dizaines de grammes de CO₂ par kilowatt heure en ordre de grandeur, il se situe à un niveau proche des énergies renouvelables et très inférieur aux émissions des énergies fossiles.

Ces émissions indirectes doivent être comparées aux émissions « évitées » par la production nucléaire, c'est-à-dire qui auraient lieu sans cette production. Le résultat dépend évidemment très fortement de ce que la production nucléaire remplace, et donc des hypothèses que l'on introduit dans ce domaine (puisqu'on ne peut pas, par principe, mesurer ce qu'il y aurait à la place). L'industrie nucléaire utilise volontiers l'hypothèse selon laquelle chaque kWh se substitue à un kWh de production d'une centrale au charbon, ce qui correspond à 900 à 1000 gCO₂éq évités. On pourrait aussi formuler l'hypothèse selon laquelle la production du kWh nucléaire considéré aurait pu être fournie par des énergies renouvelables : dans ce cas, le kWh nucléaire n'évite aucune émission. On pourrait même considérer qu'un effort accru de réduction des consommations aurait pu rendre la production de ce kWh, par du nucléaire ou une autre filière, inutile.

Entre ces extrêmes, une méthode consiste à prendre l'hypothèse qu'un kWh nucléaire remplace un kWh fourni proportionnellement par les moyens de production qui composent le mix électrique hors nucléaire. Appliqué au niveau mondial, cela représente aujourd'hui environ 600 gCO₂éq/kWh⁴.

Une efficacité limitée sur l'évolution des émissions

Selon cette méthode, le nucléaire représente environ 1,5 milliards de tonnes de CO₂ évitées par an au niveau mondial : ce chiffre correspond à une estimation des émissions qui seraient générées si le système électrique mondial devait fournir la même production totale d'électricité sans la contribution du nucléaire. Ceci représente un peu moins de 4 % des émissions de CO₂ liées à l'énergie dans le monde (et moins encore du total des émissions de gaz à effet de serre, tous secteurs confondus). La méthode permet surtout de tracer l'évolution du rôle du nucléaire au fil des années, depuis son introduction dans le mix énergétique mondial dans les années cinquante.

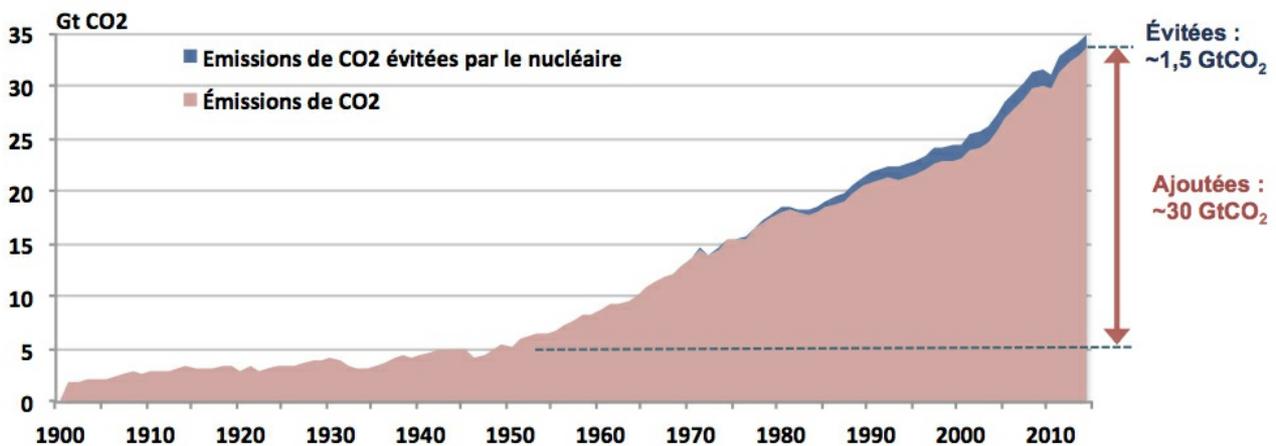


Figure 1 : Évolution des émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie – Source : d'après WRI (CAIT2), JRC (EDGAR), TSP, 2015

Cette analyse montre que l'impact du nucléaire sur les émissions mondiales de gaz à effet de serre est resté marginal. Son développement n'a pas été de nature à empêcher, ni même à infléchir de manière significative la hausse des émissions. Ainsi, les émissions de CO₂ liées à l'énergie ont augmenté pratiquement 20 fois plus au cours du développement du nucléaire que celui-ci n'en a évitées. Le cumul des émissions évitées par le nucléaire depuis son introduction représente environ l'équivalent de 1,3 an des émissions réelles actuelles⁴. L'Agence internationale de l'énergie (AIE), avec une méthode reposant sur une substitution nucléaire / fossiles, considère que le nucléaire a économisé deux années d'émissions de CO₂⁵.

Certains voient dans ce constat le fait que le nucléaire n'est pas une alternative au système énergétique qui génère cette hausse insoutenable des émissions. D'autres y voient au contraire le fait que le nucléaire n'a pas été suffisamment développé pour en contrer les effets. Après un fort développement jusqu'au milieu des années quatre-vingt, le parc nucléaire mondial a en effet connu une véritable stagnation. Sa contribution à la production électrique mondiale, après avoir atteint plus de 17 % dans les années 1990, était descendue à moins de 11 % en 2014.

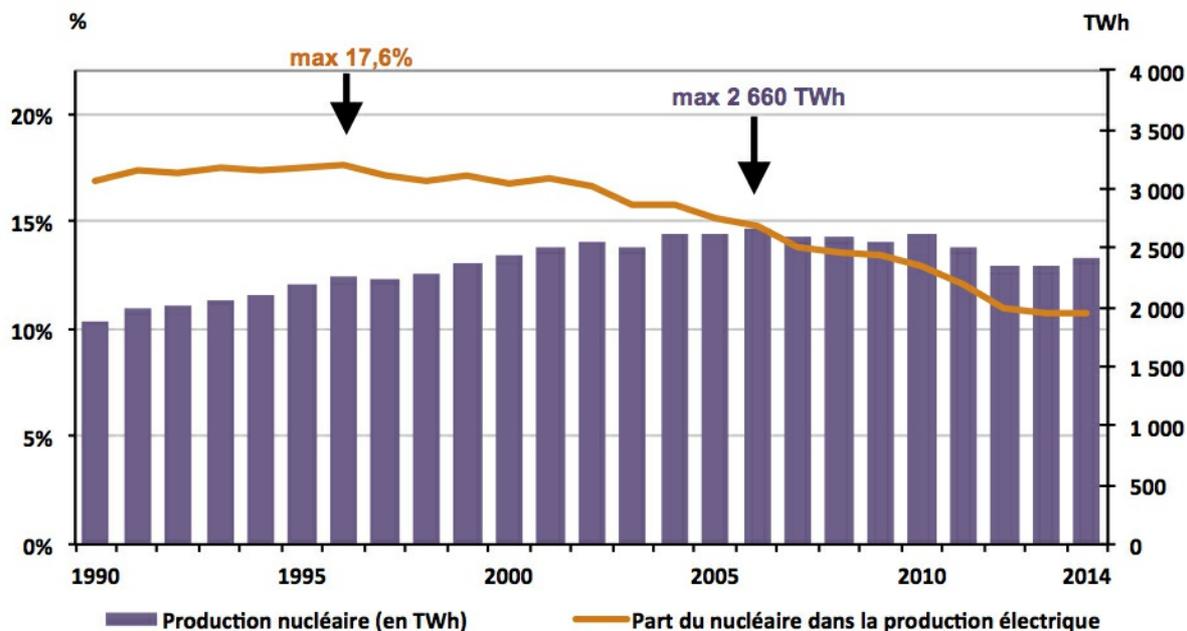


Figure 2 : Évolution de la production nucléaire mondiale – Source : WNISR, 2015

Un champ d'action limité

Un développement plus important du nucléaire aurait incontestablement permis d'éviter davantage d'émissions. Cette perspective reste toutefois limitée, pour deux raisons. La première est que le nucléaire fonctionne essentiellement pour produire de l'électricité. Il ne peut donc agir que sur les émissions liées au secteur électrique, qui ne représentent qu'un tiers environ de l'ensemble des émissions liées à l'énergie (l'électricité représente moins d'un quart de la consommation finale d'énergie mondiale), qui elles-mêmes représentent environ deux tiers de l'ensemble des émissions de tous les gaz à effet de serre, tous secteurs confondus.

Les 31 pays qui exploitent aujourd'hui des réacteurs nucléaires dans le monde en font l'expérience. Le nucléaire contribue à une baisse des émissions par rapport au recours à des centrales utilisant des combustibles fossiles, mais il n'existe pas d'exemple où il ramène les émissions à un niveau soutenable. Au contraire, pourrait-on dire, les États-Unis, qui ont longtemps été le premier émetteur de gaz à effet de serre avant d'être supplantés par la Chine, sont aussi le premier producteur nucléaire au monde, avec plus d'un quart de la production mondiale. L'exemple le plus pertinent dans ce domaine reste cependant la France. Pour répondre aux chocs pétroliers, celle-ci a développé à la fois une politique de maîtrise de la consommation d'énergie dans les bâtiments et les transports, de promotion de l'électricité pour les usages thermiques (chauffage et production d'eau chaude), et de construction d'un parc nucléaire qui fournit aujourd'hui plus de 75 % de son électricité. Ces politiques ont conduit, même si ce n'était pas à l'époque leur objectif, à une baisse d'environ 30 % des émissions de CO₂ du pays liées à l'énergie, dont la moitié environ peut être attribuée au parc nucléaire. Ce chiffre donne une bonne illustration du potentiel maximal d'action de ce levier, mais aussi de sa limite vis-à-vis du niveau de réduction nécessaire : en effet, alors que le nucléaire ne peut guère être poussé davantage, les émissions de gaz à effet de serre françaises restent environ quatre fois supérieures à un niveau soutenable⁶.

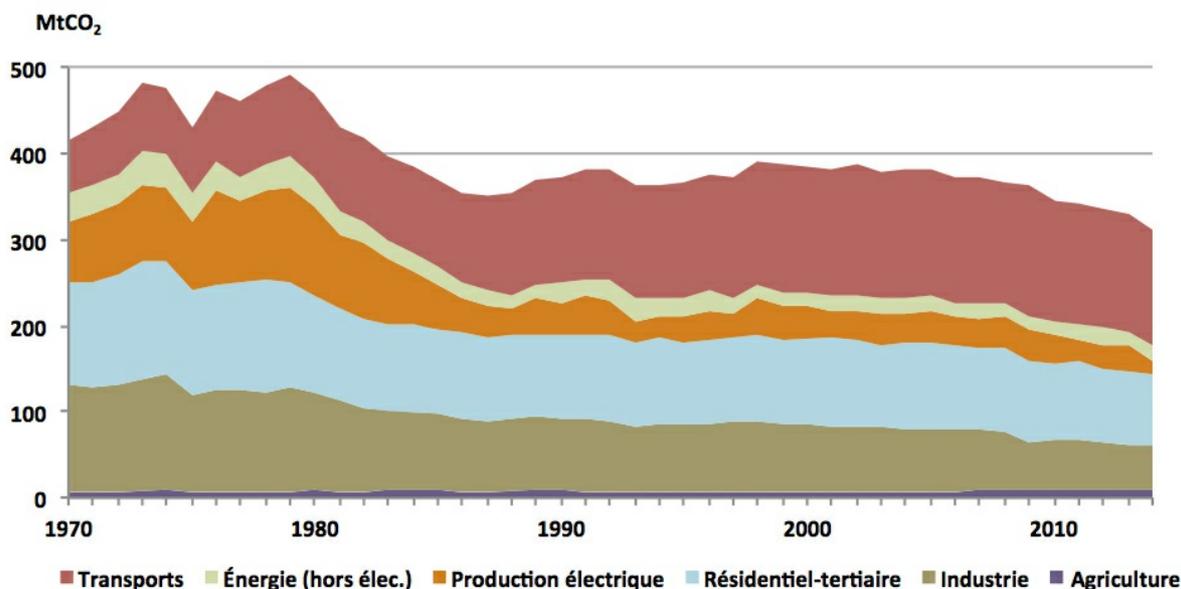


Figure 3 : Évolution des émissions de CO₂ liées à l'énergie en France – Source : CGDD, 2015

La seconde raison pour considérer que le champ d'action du nucléaire est restreint tient aux limites qui se sont imposées jusqu'ici à l'expansion de cette filière, qui ne s'est déployée que dans une minorité de pays, et souvent très loin de la part de production record observée en France (moins de 10 % dans 9 pays, moins de 20 % dans 8 autres). Le nucléaire est une technologie lourde et très capitalistique, dont le développement n'est pas à la portée de tous les pays. La capacité unitaire des réacteurs ne rend ceux-ci compatibles qu'avec des réseaux électriques de grande taille. C'est également une technologie à fort enjeu géopolitique, et controversée. De nombreux pays ont choisi de ne pas y recourir, tandis que dans les autres les projets se heurtent souvent à de multiples oppositions.

Un rôle au plus mineur

La place qu'occupe le nucléaire aujourd'hui, et les limites de son développement, expliquent sans doute pourquoi les scénarios de lutte contre le changement climatique ne lui accordent en général pas plus qu'un rôle mineur. Le « scénario 450 » de stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre à 450 ppm proposé par l'AIE illustre ce point⁵. Il projette un fort développement du nucléaire, multipliant sa production annuelle par 2,5 d'ici 2040 pour fournir à cette échéance 18 % de l'électricité mondiale. Ce développement important contribue seulement à 10 % environ de la réduction des émissions de CO₂ nécessaire pour atteindre l'objectif de stabilisation, par rapport à un scénario tendanciel. La contribution du nucléaire reste en fait loin derrière l'efficacité énergétique, qui représente la moitié environ du potentiel de réduction, et la combinaison des énergies renouvelables, qui en représente un quart.

Par ailleurs, le développement du nucléaire envisagé dans le scénario AIE n'a rien d'évident. Il faut pour cela tenir compte du vieillissement du parc nucléaire mondial, dont la prolongation de la durée de vie va nécessiter d'importants investissements, sans toutefois pouvoir être étendue à tous les réacteurs. Multiplier par 2,5 la capacité nucléaire installée d'ici à 2040 implique de mettre en moyenne 25 GW de nucléaire en service par an. Ce niveau, qui n'a historiquement été dépassé qu'en 1984 et 1985 (32 GW), au plus fort du développement du parc mondial, contraste avec une moyenne de 3 GW mis en service par an depuis 2000. L'année 2014 a vu 5 GW mis en service, pour un peu moins de 60 GW en construction, avec des délais qui vont de moins de 5 ans à plusieurs dizaines d'années par réacteur. Alors que le nombre de mises en construction décroît, il faudrait au contraire au minimum qu'il s'élève et se maintienne au quintuple du niveau actuel pour s'inscrire dans la projection de l'AIE.

Le travail mené par le GIEC sur les scénarios de lutte contre le changement climatique confirme largement cette analyse. Bien que la comparaison menée par le GIEC s'appuie quantitativement sur près de 1 200 scénarios, il est

difficile d'en tirer une lecture statistique. En effet, ces scénarios proviennent, en quantités variables, de 31 modèles au total, qui n'ont en général pas été conçus pour tester spécifiquement l'hypothèse de retrait de l'une ou l'autre des options de réduction des émissions. Ainsi une nette majorité des scénarios maintient un certain rôle pour le nucléaire, bien qu'en général aucun ne lui accorde un rôle majeur. On note toutefois que sur 9 modèles permettant de tester des scénarios sans nouvelle construction de réacteur dans le monde à partir d'aujourd'hui, 8 modèles produisent des scénarios atteignant effectivement sans nucléaire l'objectif de concentration maintenue entre 430 et 480 ppm[3]. Ils montrent par ailleurs des coûts pratiquement comparables par rapport aux scénarios maintenant du nucléaire. Le GIEC en conclut que « l'exclusion de l'énergie nucléaire du portefeuille des technologies disponibles se traduirait seulement par une légère augmentation des coûts d'atténuation [du changement climatique, ndlr] par rapport à la gamme complète des technologies disponibles ».

Une dynamique favorable à d'autres options

Si le nucléaire n'apparaît donc pas incontournable, tous les scénarios montrent en revanche le caractère indispensable des solutions que constituent l'efficacité énergétique d'abord et le développement des énergies renouvelables ensuite. Ce résultat est d'autant plus significatif que de nombreux scénarios reflètent encore mal la dynamique actuelle des différentes options. D'un côté, les projections des scénarios qui accordent un rôle au nucléaire rompent avec le déclin actuel de sa production ; de l'autre, les scénarios projettent souvent sur les énergies renouvelables un rythme de développement inférieur au potentiel qu'elles démontrent. Ainsi, par exemple, le scénario 450 de l'AIE projetait en 2011 un total de 88 GW de photovoltaïque installé dans le monde fin 2020, 40 GW étant déjà constatés fin 2010. En réalité, la capacité installée a déjà atteint fin 2014 plus du double, soit 187 GW.

La capacité de production photovoltaïque mondiale a augmenté de plus de 48 GW en 2014, et celle de l'éolien de près de 52 GW, soit quasiment 100 GW pour ces deux filières combinées⁷. Cette augmentation constitue un record, et le rythme n'a pratiquement fait qu'augmenter ces dernières années. Entre la base historique que constitue l'hydroélectricité et ce fort développement des nouvelles filières, la production d'électricité des énergies renouvelables progresse à la fois en volume et en part de la production mondiale. Elle fournit aujourd'hui plus de deux fois plus que le parc nucléaire.

Cette dynamique se reflète naturellement dans les investissements. Au niveau mondial, depuis le début des années deux mille, les investissements dans le développement des capacités de production électrique renouvelable ont en moyenne été dix fois supérieurs à ceux consacrés à la construction de nouveaux réacteurs.

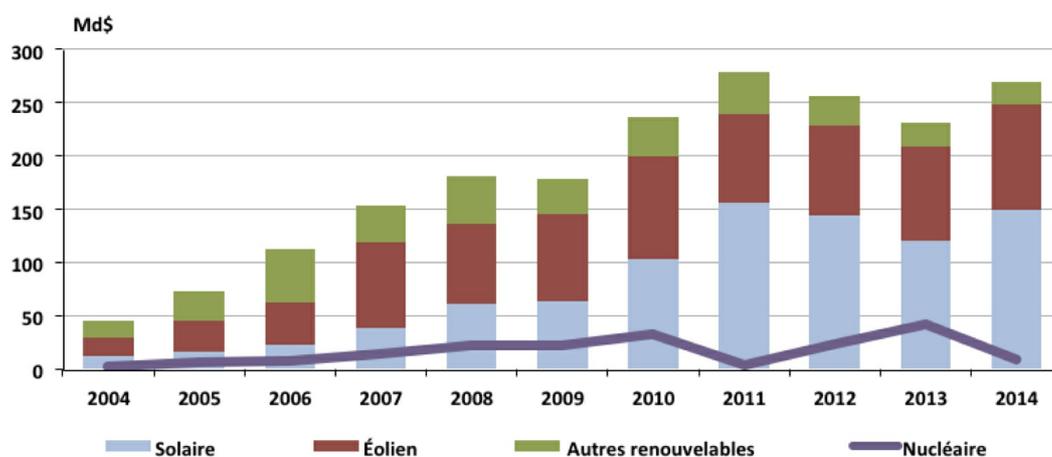


Figure 4 : Investissements annuels dans des nouvelles capacités électriques – Source : WNISR 2015, d'après Bloomberg New Energy Finance

C'est bien à ce niveau, de l'investissement, que les choses se jouent aujourd'hui. La place à long terme des

différentes options dans les scénarios est une chose, les décisions sur les priorités sur lesquelles concentrer ses efforts en sont une autre. La lutte contre le changement climatique passe par des investissements massifs, et chaque euro se doit d'être investi dans les options les plus efficaces et susceptibles de délivrer les résultats les plus rapides. L'efficacité énergétique et les énergies renouvelables les plus compétitives se montrent aujourd'hui de ce point de vue de plus en plus performantes que la construction de nouveaux réacteurs nucléaires.

Conclusion

Le nucléaire fait partie des options techniques pour substituer aux centrales thermiques utilisant des énergies fossiles une production d'électricité peu carbonée, afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Cela ne lui garantit pas pour autant un rôle dans la lutte contre le changement climatique. Celle-ci ne doit en effet pas consister à mobiliser indifféremment, sans hiérarchie, toutes les options mais au contraire se concentrer sur les options les plus performantes pour atteindre les résultats les plus rapides possibles. Le nucléaire n'a joué jusqu'ici, compte tenu de son niveau de développement, qu'un rôle marginal dans l'évolution des émissions mondiales, sans commune mesure avec le niveau de réduction à atteindre. Compte tenu des limites dans son champ d'action et son rythme de développement, son rôle ne peut que rester mineur dans les stratégies de lutte contre le changement climatique, dont les éléments incontournables sont plutôt l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. Ces options, plus efficaces, plus rapides à mettre en œuvre et de plus en plus compétitives, constituent donc à juste titre, sur la scène mondiale, les priorités actuelles d'investissement dans les solutions bas carbone.

Sources et références

1. ↑ Société française d'énergie nucléaire (SFEN), American Nuclear Society (ANS), European Nuclear Society (ENS), L'énergie nucléaire fait partie de la solution pour relever le défi du changement climatique, étude Nuclear for Climate, novembre 2015. <http://www.sfen.org/fr/le-blog-des-energies/cop-21-publication-de-letude-nuclear-climate>
2. ↑ Sovacool B., « Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power : A critical survey », Energy Policy, 36, avril 2008 – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508001997>
3. ↑ GIEC, Climate Change 2014 : Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report, 2014. Chapitre 7, Energy Systems : https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter7.pdf
4. ↑ Marignac, Y., Besnard, M., L'option nucléaire contre le changement climatique – Risques associés, limites et frein aux alternatives, WISE-Paris, rapport commandé par un groupe d'organisations non gouvernementales et coordonné par le Réseau action climat – France, octobre 2015. <http://rac-f.org/IMG/pdf/151027rapport-nucleaire-climat-final.pdf>
5. ↑ Agence internationale de l'énergie (AIE), World Energy Outlook, 2014 – <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2014/>
6. ↑ L'objectif rappelé dans les précédentes lois sur l'énergie est une division par quatre des émissions françaises de gaz à effet de serre entre 1990 et 205. Pour en savoir plus, [consultez cet article](#).
7. ↑ REN21, Renewables Global Status Report 2015, 2015 – <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report>

Crédit photo : [Denis789](#) – CC BY 2.0

