

DÉLIBÉRATION N°2025-197

Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 23 juillet 2025 portant communication sur le rapport de la Prospective sur « *l'insertion des petits réacteurs modulaires (SMR/AMR) dans les systèmes énergétiques* »

Participaient à la séance : Emmanuelle WARGON, présidente, Anthony CELLIER, Ivan FAUCHEUX, Valérie PLAGNOL et Lova RINEL, commissaires.

Les rapports de la Prospective de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) ont vocation à « *éclairer* » le débat public sur les grands enjeux énergétiques, à destination des décideurs politiques et économiques, mais également des citoyens qui s'y intéressent, des acteurs du monde académique et de la recherche.

Ces réflexions donnent lieu à un rapport public, qui est présenté au Collège de la CRE, dont l'ambition première est de faire preuve de pédagogie sur les enjeux associés, pour ce présent rapport, au développement des petits réacteurs modulaires.

La présente délibération a donc pour objet d'accompagner la publication du rapport de la Prospective de la CRE sur « *l'insertion des petits réacteurs modulaires (SMR/AMR) dans les systèmes énergétiques* ».

1. Le contexte et les objectifs lors du lancement du groupe de travail

1.1. Le lancement du groupe de travail

La CRE a lancé le 29 avril 2024 un nouveau groupe de travail sur « *l'insertion des petits réacteurs modulaires (SMR et AMR) dans les systèmes énergétiques* ». Ce groupe de travail co-présidé par Anne-Marie CHOHO, Directrice Générale de SETEC et François LÉVÉQUE, Professeur d'économie au Centre d'économie industrielle (CERNA) des Mines Paris-PSL, a permis d'évaluer l'impact de ces nouvelles technologies sur les marchés de l'énergie, en France et en Europe.

Dans un contexte de relance du nucléaire, le secteur a vu émerger des projets de petits réacteurs nucléaires de nouvelles générations (*Small Modular Reactor* – SMR et *Advanced Modular Reactor* – AMR) portés par des *start-ups* et des entreprises françaises et internationales.

Ces nouvelles technologies impliquent un nouveau modèle de développement pour ces réacteurs de plus petites tailles et puissances. Porteuses de promesses, ces innovations demeurent en cours de développement tout en ayant pour objectif un déploiement à grande échelle dans un délai de cinq à dix ans. À cet horizon, la filière devra néanmoins répondre aux incertitudes persistantes autour de son modèle économique et industriel, ainsi que de son intégration au système énergétique actuel.

C'est dans ce cadre que la Prospective de la CRE a réuni un groupe de travail composé d'une centaine de membres, experts du secteur, acteurs de la filière et académiques pour réfléchir au modèle de déploiement possible de ces technologies, notamment au travers du cadre réglementaire et économique. Ce groupe de travail a également eu l'occasion d'évaluer l'impact des SMR/AMR sur les systèmes électriques et les réseaux de chaleur, en France et à l'export.

1.2. Le cadrage des travaux

Les travaux de la Prospective de la CRE avaient pour objectif de mener une analyse du contexte et des enjeux liés au développement des SMR et AMR dans le cadre d'un groupe de travail dédié à ce thème. Ces petits réacteurs représentent, en effet, des alternatives aux grandes infrastructures nucléaires traditionnelles, avec des caractéristiques conçues pour être plus économiques, variées et respectueuses de l'environnement, notamment par la production de chaleur bas-carbone. Cependant, leur développement et leur intégration sont encore embryonnaires.

Le groupe de travail avait pour mission de contribuer à la réflexion selon plusieurs axes : les innovations technologiques des SMR et AMR, leur modèle économique, les défis industriels, leur intégration aux systèmes énergétiques existants et leur contribution à la décarbonation. La France et l'Europe risquent de prendre du retard par rapport à d'autres nations, soulevant des questions sur la manière dont ce retard pourrait être rattrapé. Une aide politique et financière serait très certainement nécessaire pour appuyer le développement et assurer la viabilité économique de ces nouvelles technologies.

La note de cadrage fixée par la CRE soulignait également l'importance de respecter des normes de sécurité rigoureuses, de mener à bien les procédures réglementaires et de développer les infrastructures et la formation adéquates pour leur déploiement. Il est effectivement essentiel d'anticiper l'approvisionnement en combustible (pour les AMR, un uranium plus fortement enrichi ou du plutonium) et de planifier la gestion des déchets radioactifs. De plus, l'acceptation publique est cruciale, nécessitant des consultations et des évaluations d'impact environnemental.

Les avantages potentiels de ces petits réacteurs incluent la contribution à la transition énergétique, la diversification du mix énergétique, la souveraineté énergétique et la réduction des risques de pénurie d'électricité ou de chaleur. Cependant, des risques demeurent, notamment l'intégration au modèle nucléaire actuel, l'impact environnemental, et la soutenabilité économique et organisationnelle.

Le groupe de travail devait donc formuler des recommandations pour intégrer efficacement les SMR/AMR dans le futur énergétique. Le but était aussi d'informer et de sensibiliser les décideurs politiques, économiques, et le public sur les enjeux et potentialités de ces nouveaux réacteurs dans la transition énergétique.

Ces travaux, qui ont donné lieu à un rapport validé par le Conseil scientifique de la CRE le 8 juillet 2025, permettront de définir un cadre propice au développement de cette nouvelle filière.

2. Le rapport présenté au Collège de la CRE

De nombreux pays développent des projets de SMR et d'AMR comme solution de décarbonation de la production de chaleur et d'électricité, sur leur territoire ou à l'export. Il s'agit majoritairement des pays déjà dotés d'une industrie nucléaire et d'une flotte de réacteurs de forte puissance. D'autres pays, plus nombreux encore, sont prêts à s'équiper quand la technologie des réacteurs modulaires aura atteint le stade industriel.

L'Europe présente un retard significatif dans le développement et les premiers pas de déploiement de ces réacteurs face à des concurrents comme la Chine, la Russie et les États-Unis. Cependant une opportunité de rattrapage existe indubitablement car aucun pays n'a encore atteint la phase industrielle, c'est-à-dire la production de série, seule à même de conférer une viabilité économique à ces nouvelles technologies. L'accélération des efforts de développement et la taille de marché requise pour le déploiement de séries de réacteurs dépassent l'échelle de la France. Le marché visé est *a minima* transfrontalier et européen.

Les SMR sont plus matures technologiquement que les AMR, qui sont néanmoins prometteurs en termes d'innovations et de diversité d'usages, notamment pour ceux qui produisent de la chaleur à plus de 300 °C. De plus, au sein même des AMR, on trouve une grande diversité de maturités technologiques, à la fois pour le réacteur lui-même et pour la production du combustible. Le combustible et la gestion des déchets seront donc des éléments cruciaux pour le succès des projets.

Pour les SMR, la matière première est accessible commercialement et sa fabrication est possible moyennant des modifications d'usines existantes. Pour les AMR, la production de la matière première nécessitera de nouvelles usines (d'enrichissement ou de retraitement selon le type de réacteur) et de fabrication de combustible, soit des investissements de montants comparables voire supérieurs aux réacteurs eux-mêmes. En outre, pour certains AMR, la technologie même du combustible est encore immature.

Le rapport souligne, par ailleurs, que des incertitudes demeurent sur les perspectives de marché à l'échéance de la décennie 2030 (fenêtre fixée au groupe de travail par la note de cadrage de la CRE). Ces perspectives seront notamment dépendantes de la compétitivité des solutions et de leur date d'arrivée sur le marché. En Europe, les usages électriques seront en concurrence avec les gros réacteurs et les énergies renouvelables (y compris sur les petits réseaux insulaires). Les usages en chaleur, limités pour les gros réacteurs souvent trop éloignés des points de consommation, sont prometteurs pour les SMR, tant pour les réseaux de chaleur urbaine que pour les usages industriels (à moins de 300 °C) ; des clients potentiels se manifestent déjà dans certains pays européens.

En France, une prise de conscience et, pour les réseaux de chaleur, une évolution législative seront nécessaires. Les usages en chaleur des AMR, potentiellement beaucoup plus larges, ne pourront se concrétiser que si les projets atteignent la maturité et la compétitivité industrielles à temps, face aux autres solutions technologiques de chaleur décarbonée.

Enfin, le rapport note que si des financements privés de capital-risque ont été obtenus par certains projets européens de SMR et d'AMR pour leur étape d'émergence, aucun fonds d'investissement prêt à financer l'étape, bien plus onéreuse et plus longue, d'industrialisation de ces réacteurs, n'a été identifié. Ainsi, les pays les plus avancés dans le passage à l'échelle industrielle ont tous bénéficié d'investissements publics supérieurs au milliard d'euros par projet, avant que des investisseurs privés (aux États Unis uniquement) n'estiment les risques suffisamment maîtrisés pour s'engager à cette échelle.

Communication de la CRE

La Commission de régulation de l'énergie (CRE) prend acte du rapport présenté par le groupe de travail de la Prospective sur « *l'insertion des petits réacteurs modulaires (SMR/AMR) dans les systèmes énergétiques* ».

La CRE partage les recommandations proposées par le groupe de travail et souligne, en particulier, que les marchés de l'électricité et de la chaleur sont globalement intéressants pour les SMR/AMR, notamment pour aider les pays européens à décarboner leurs productions électriques ou pour ceux dont les réseaux de transport d'électricité sont moins développés.

En France et dans les pays européens pour lesquels l'électricité est déjà décarbonée, les usages les plus prometteurs des SMR, premières technologies à arriver sur les marchés, sont la production de chaleur, réseaux de chaleur urbains et chaleur industrielle inférieure à 300 °C, pour les raisons suivantes :

- l'électricité bas-carbone *via* les gros réacteurs du parc électronucléaire d'EDF est accessible partout en France métropolitaine ; les territoires insulaires, souverains dans leur choix de solutions de production d'électricité, ont tous choisi les énergies renouvelables (EnR) dont la biomasse et n'envisagent pas le nucléaire, à date ;
- pour une même taille de réacteur et une même consommation de combustible, deux à trois fois plus de kWh de chaleur sont produits que de kWh d'électricité ; la production de chaleur donnera un prix moindre au kWh et présente de bonnes chances d'atteindre la compétitivité par rapport aux EnR ;
- la chaleur, contrairement à l'électricité, ne se transporte pas sur de longues distances, il faut la produire à proximité de la consommation ; c'est donc propice à des petits systèmes de production locaux ;
- la forte pénétration de la chaleur produite à partir de biomasse dans les réseaux de chaleur risque d'être limitée par la disponibilité du combustible (énergie-bois) liée à la gestion durable des ressources forestières, ainsi que par la concurrence avec d'autres usages (alimentation humaine et animale, construction, ameublement, rénovation énergétique, notamment) ; la CRE avait déjà alerté sur la disponibilité de la biomasse lors de la publication du rapport de la Prospective sur « *la biomasse et la neutralité carbone* », de mars 2023 ;
- enfin le développement des réseaux de chauffage urbain, qui peuvent entrer en compétition avec les réseaux de gaz, doit être analysé en lien avec le régulateur pour éviter une sous optimisation des infrastructures de ces deux sources d'énergies.

La présente délibération sera publiée sur le site internet de la CRE, accompagnée du rapport de la Prospective.

Délibéré à Paris, le 23 juillet 2025.

Pour la Commission de régulation de l'énergie,

La présidente,

Emmanuelle WARGON