



SMR— Développement et déploiement futurs en Europe

Réponse du CEA à consultation publique de la Commission européenne

Date d'émission : Décembre 2025

Introduction

Le CEA se félicite de l'intention de la Commission européenne de présenter une stratégie européenne pour les SMR. Comme elle l'indique dans le document de consultation publique, « toutes les solutions énergétiques à zéro ou faible émission de carbone sont essentielles pour stimuler les efforts de décarbonation du système énergétique de l'UE, tout en maintenant la compétitivité et l'accès à une énergie abordable dans l'UE, et en favorisant l'innovation et le développement des compétences ». L'énergie nucléaire contribue à l'ensemble de ces objectifs au sein de l'UE, et doit faire l'objet d'une stratégie de développement comme les autres composantes de sa politique énergétique.

Plus spécifiquement, plusieurs facteurs plaident pour une initiative européenne sur les SMR, en tant que compléments aux réacteurs de forte puissance :

- L'intérêt manifesté par de nombreux Etats membres pour le développement ou le déploiement de SMR dans leurs bouquets énergétiques et leurs politiques de décarbonation,
- La pertinence des SMR non seulement pour la fourniture d'électricité bas carbone en remplacement de capacités d'origine fossiles actuellement en service ou le développement de capacités nouvelles, mais également pour contribuer à la décarbonation par de nouvelles applications de l'énergie nucléaire, telles que la production de chaleur ou d'hydrogène.
- Le foisonnement d'initiatives privées porteuses de projets de SMR, souvent soutenues par des programmes nationaux au sein de l'UE, comme en France avec le programme France 2030.

La création de l'Alliance Industrielle européenne sur les SMR a marqué une étape importante dans l'émergence d'un cadre de coopération européen. Le CEA soutient les mesures identifiées dans le plan d'action stratégique adopté par l'alliance lors de son assemblée générale du 1^{er} septembre 2025.

Cependant, ce plan d'action n'épuise pas le champ des actions à conduire par l'UE pour assurer le développement et le déploiement des SMR. Une véritable stratégie de l'UE, mobilisant l'ensemble des instruments de politique publique, y compris des outils financiers adaptés, au-delà du dialogue et de la coopération entre acteurs industriels, est nécessaire.

Face à une concurrence internationale très active dans le domaine des SMR, notamment sur le marché européen, l'objectif d'une stratégie européenne pour les SMR devrait être de soutenir le développement de technologies souveraines et d'une filière industrielle européenne.

Sur ce marché encore émergent, la vitesse de déploiement des solutions industrielles constituera un critère majeur de réussite. La stratégie européenne pour les SMR devrait dès lors viser à dérisquer et accélérer l'arrivée à maturité d'une ou plusieurs offres européennes susceptibles de répondre à la

demande potentielle de secteurs tels que les industries énrgo-intensives ou les centres de données et de jouer un rôle dans la décarbonation de la chaleur dont la production est aujourd'hui massivement dominée par le gaz. Les projets européens de SMR sont aujourd'hui en phase de conception plus ou moins avancée, et l'enjeu est de permettre le passage le plus rapide possible à la démonstration puis au déploiement industriel. La dimension de leur financement est notamment à prendre en compte dans la compétition internationale particulièrement dynamique.

1. Assurer le leadership scientifique et technologique de l'Europe

a. Définir un agenda stratégique de recherche et d'innovation

La plupart des concepts de SMR ou d'AMR aujourd'hui en développement, ainsi que leur cycle du combustible associé, nécessitent des efforts encore importants de recherche scientifique et de développement technologique.

La stratégie européenne pour les SMR devrait ainsi reposer en premier lieu sur une vision exhaustive des besoins de R&D pour soutenir le développement de cette filière. Un travail a déjà été réalisé dans ce domaine par le groupe de travail de l'alliance industrielle européenne, mais la réflexion a été restreinte dans ce cadre aux demandes exprimées par les groupes projets sélectionnés au démarrage de l'alliance. Or ceux-ci ne couvrent pas toutes les technologies pertinentes. En particulier, la filière des AMR à neutrons rapides refroidis au sodium ne figure pas dans cette première liste, alors que l'Europe dispose à la fois d'une avance technologique et d'une expérience industrielle significative dans cette filière.

L'Union européenne devrait dès lors se doter d'un agenda de recherche et d'innovation cohérent et complet, identifiant l'ensemble des enjeux scientifique et technologique pour les différentes technologies pertinentes, pour les réacteurs et le cycle du combustible, au service de la souveraineté technologique et de la compétitivité industrielle européennes. Le travail réalisé par l'alliance industrielle sur les SMR est une bonne base de départ, mais devra être complété pour doter l'Europe d'une véritable vision stratégique globale des besoins de la filière, et non uniquement répondre aux demandes de quelques projets sélectionnés par l'alliance lors de son démarrage.

Un tel agenda stratégique de recherche et d'innovation pourrait être mis en œuvre de manière coordonnée entre les Etats membres et l'UE. Les fonds de l'UE devraient être mobilisés par la création d'un partenariat public-privé de R&D, pour lequel des synergies seraient à organiser ou à étendre entre les financements du programme de recherche et formation Euratom - qui ne peuvent pas être strictement limités aux questions de sûreté, de gestion des déchets et de radioprotection - et les instruments du programme Horizon Europe¹.

b. Infrastructures de recherche et infrastructures technologiques

Le CEA souligne par ailleurs la nécessité pour l'Europe de disposer des infrastructures de recherche permettant de produire les données scientifiques de base, de qualifier les développements

¹ en généralisant des précédents récents dans l'EIC, les bourses Marie-Skłodowska Curie pour la mobilité, et en développant des projets de R&D dans le pilier 2 pour traiter des questions non spécifiquement nucléaires tels que la numérisation ou les procédés industriels innovants

d'innovations techniques, de valider les outils de simulation, et de venir en appui aux démarches de sûreté nouvelles mises en œuvre dans les AMR.

Qu'il s'agisse des concepts de réacteurs, de qualification de composants et de combustibles, ou encore de la mise au point du couplage entre production d'électricité et nouveaux usages (chaleur, hydrogène...), le développement des projets de SMR portés par les industriels, grands groupes ou start-ups, exige le passage par des étapes expérimentales.

L'approche européenne en faveur des infrastructures de recherche et des infrastructures technologiques présentée récemment par la Commission européenne est pleinement pertinente dans le domaine nucléaire, et particulièrement pour les SMR. Une stratégie européenne pour les SMR devrait, dans ce domaine, promouvoir d'une part l'accès transnational aux outils existants et d'autre part renforcer les investissements dans des capacités nouvelles. Le CEA dispose d'installations et de l'expertise associée, qu'il souhaite pouvoir mettre à disposition de projets portés par des acteurs européens dans le cadre de partenariats de R&D. D'autre part, des outils expérimentaux nouveaux seront nécessaires pour accompagner la maturation des technologies et accélérer le passage à l'industrialisation des concepts, telles que des maquettes critiques et démonstrateurs.

La stratégie européenne pourrait s'appuyer dans ce domaine sur les travaux conduits au sein du projet « OFFERR² » qui a recensé les infrastructures existantes dans l'UE et identifié les besoins en outils expérimentaux aujourd'hui manquants. On peut citer à cet égard les exemples suivants :

- Une plateforme de co-génération pour caractériser le fonctionnement en conditions opérationnelles de la production combinée d'électricité et de chaleur pour contribuer à la production compétitive de molécules de synthèse (e-fuels), en priorisant le couplage avec les technologies de production d'hydrogène ou de molécules de synthèse, qui sera nécessaire quelle que soit la technologie retenue, SMR de type REP ou AMR ;
- Plusieurs pays européens, ainsi que le Centre commun de recherche, s'intéressent à la technologie des AMR rapides à sels fondus. La fabrication en Europe des sels combustibles chlorure fait actuellement l'objet de mises au point à l'échelle de quelques grammes synthétisés en laboratoire. Le développement accéléré vers un pilote de fabrication à l'échelle de plusieurs t/an par un acteur industriel nécessiterait un accompagnement tant expérimental que numérique pour contribuer à qualifier le procédé et le combustible à base de sels de thorium, uranium et/ou plutonium, voire d'actinides mineurs.

2. Accélérer le passage à la démonstration et au déploiement industriel

a. Mobiliser l'ensemble des acteurs autour d'un projet fédérateur de SMR portuaire

L'alliance industrielle européenne a montré l'intérêt d'un grand nombre d'acteurs d'origines très diverses pour le potentiel des SMR, qu'il s'agisse des développeurs, des fournisseurs, mais également

² Projet OFFERR : <https://cordis.europa.eu/project/id/101060008/fr>

des industries utilisatrices, des acteurs financiers, des autorités nationales et locales ainsi que de représentants de la société civile.

En complément des efforts de développement de l'offre technologique et industrielle, une stratégie européenne pour les SMR devrait également viser à organiser le travail collectif de l'ensemble de ces parties prenantes au service d'un projet fédérateur, où pourrait être pris en compte l'ensemble des paramètres nécessaires à l'émergence des SMR comme solutions pour la politique de décarbonation européenne.

Le CEA plaide dans ce cadre pour une initiative européenne visant à étudier les conditions de déploiement des SMR dans les zones portuaires, où le potentiel des SMR est très important : alimentation en énergie des ports, fourniture d'électricité et de chaleur pour les clusters industriels situés à proximité, production d'hydrogène pour les carburants de synthèse du transport maritime. Une telle initiative viserait à rassembler les grands opérateurs portuaires européens, les secteurs industriels implantés, pour recenser de manière précise et spécifique à chaque site les besoins en électricité et en chaleur, qualifier des sites en lien avec les régulateurs, identifier les conditions technico-économiques à remplir à des coûts compétitifs. Elle permettrait d'associer les autorités locales et nationales à travers la mise en place de « hubs d'énergies décarbonés » bénéficiant de conditions d'installation et d'expérimentation privilégiés.

b. Enjeu de modularité de la production

L'une des perspectives offertes par les SMR est de transformer le secteur nucléaire d'une industrie de construction sur site en une industrie manufacturière de production modulaire des composants et systèmes en usines. La stratégie européenne devrait donc promouvoir et soutenir l'émergence de projets européens de production modulaire de composants et systèmes SMR, susceptibles de fournir une base large de clients indépendamment de leur choix technologique, et d'accélérer la transition de la construction des premières unités vers la mise en place de séries préfabriquées en usines.

En effet, au-delà de la phase actuelle de développement et de construction de la tête de série, la mise en place de ces infrastructures représentera un second palier dans le développement des SMR, que l'Europe peut accélérer pour ses propres technologies en participant à leur financement.

De telles installations, qui auraient vocation à servir des projets issus de plusieurs Etats membres, pourraient s'inscrire dans un possible PIIEC nucléaire, en cours d'examen, ou venir en appui des projets industriels qui pourraient être sélectionnés dans ce cadre.

3. Ouvrir l'accès aux financements

L'accès au financement reste le facteur clef dans le développement d'une filière SMR européenne compétitive. Le passage des phases actuelles de conception à celles de démonstration et de déploiement industriel va nécessiter des montants d'investissement nettement supérieurs à ceux qui sont aujourd'hui engagés dans les programmes publics nationaux, comme France 2030, ou des levées de fonds privés par les start-ups en Europe.

Or l'écosystème européen est aujourd'hui confronté à une situation où d'un côté les investisseurs et les industriels utilisateurs hésitent à s'engager face aux risques technologiques et économiques d'un

secteur en émergence, alors que de leur côté, les développeurs ne sont pas en mesure sans co-investisseurs de faire les investissements nécessaires à la faisabilité technologique et/ou industrielle de leurs projets. Or les instruments de marchés classiques sont inadaptés pour participer au financement des investissements dans des capacités SMR. En l'état actuel de maturité des projets, les « *Power Purchase Agreement* » présentent des risques trop élevés et ne sont pas attractifs pour un marché des SMR qui n'existe pas encore.

Le soutien public apparaît dès lors indispensable pour dérisquer les projets et investissements privés.

A l'échelle européenne, les financements disponibles sont aujourd'hui essentiellement limités au programme de recherche et formation Euratom, dont le budget et le champ d'intervention sont très limités. En matière de R&D, la proposition de la Commission de doublement des crédits du programme pour la période 2028-2034 est un progrès à saluer. Mais les thématiques couvertes par ce programme doivent être élargies au-delà des seules questions de sûreté, de gestion des déchets et de radioprotection. Dans le domaine de la R&D, des synergies sont à organiser entre le programme Euratom et Horizon Europe (cf. point 1.a).

L'accès aux financements de l'UE ne peut plus, par ailleurs, être restreint à la R&D. En se dotant d'une stratégie européenne pour les SMR, l'UE reconnaît la contribution de ce secteur aux objectifs politiques de décarbonation, de sécurité d'approvisionnement et de compétitivité de l'UE.

En conséquence, l'ensemble des fonds destinés à soutenir ces objectifs, tels que le fonds d'innovation, le fonds de transition juste, la banque hydrogène et bientôt la banque de décarbonation industrielle et le fonds de compétitivité, devraient être ouverts aux projets nucléaires, et en particulier aux projets SMR présentés plus haut.

Pour l'ensemble de ces financements, le CEA recommande la mise en application de clauses de préférence européenne. Dans l'environnement géopolitique actuel, les dépendances technologiques et industrielles risquent d'être instrumentalisées stratégiquement. Une stratégie européenne sur les SMR ne peut avoir pour seule ambition de favoriser le déploiement de SMR en Europe sans considération de leur origine. Elle doit viser à soutenir l'émergence d'une filière industrielle proprement européenne, basée sur des technologies locales et non soumises au contrôle d'Etats tiers.