

La région Sud, fer de lance de la révolution énergétique avec les Small Modular Reactors (SMR)

Le 15^{ème} Comité d'Ingénierie Financière des Opérations d'Intérêt Régional de la Région Sud s'est tenu à Marseille le 5 décembre 2024, à l'occasion du SOFT à Marseille. Orchestrée par risingSUD, l'agence d'attractivité et de développement économique de la région Sud et animée par le cabinet EY, cette séquence de financement des projets et entreprises stratégiques pour le territoire régional a démarré par une table-ronde intitulée « Trajectoire de la décarbonation de l'industrie et nouvelles solutions énergétiques ». Ce document présente le compte-rendu des échanges.

Contexte et présentation des SMR

Le marché mondial du nucléaire, constitué d'environ 400 réacteurs, repose principalement sur la production d'électricité acheminée aux consommateurs à travers un réseau complexe d'intermédiaires, et s'appuie sur des réacteurs de grande capacité afin de favoriser les économies d'échelle, avec une taille critique d'environ 1 GW, permettant d'adresser les besoins en électricité d'un million d'habitants.

Malgré la stagnation des capacités de production d'électricité d'origine nucléaire à l'échelle mondiale le marché du nucléaire connaît un regain d'intérêt. L'énergie nucléaire est désormais reconnue comme un pilier essentiel des stratégies énergétiques bas carbone tout en étant compétitive et souveraine. Plusieurs nations, dont la France, ont annoncé la prolongation de la durée de vie de leurs réacteurs existants et le lancement de nouveaux projets.

Le plan *France 2030* vise notamment à relancer la filière nucléaire pour répondre aux objectifs de décarbonation et de neutralité carbone d'ici 2050. Avec un investissement de 1,2 milliards d'euros, il s'articule autour de plusieurs axes : innovation technologique, diversification des usages, gestion améliorée des déchets, et renforcement de l'autonomie énergétique grâce au multi-recyclage.

Le développement des petits réacteurs modulaires (SMR), est l'un des axes de développement de France 2030.

Les petits réacteurs innovants ou Small Modular Reactors (SMR) sont des réacteurs nucléaires de petite taille, généralement limités à une puissance de 300 MW soit environ un tiers de la capacité des réacteurs nucléaires conventionnels. Ils se caractérisent par leur modularité, qui permet une fabrication en usine et un assemblage sur site réduisant ainsi les coûts et délais d'installation.

Ils se distinguent par leur adaptabilité à des besoins énergétiques variés permettant un déploiement pour des applications variées : production d'électricité, chauffage urbain,

hydrogène vert et utilisation industrielle. Ils sont particulièrement adaptés à des besoins locaux « isolés », tels que les petits réseaux électriques et les applications industrielles spécifiques, tout en étant complémentaires aux énergies renouvelables intermittentes.

« Contrairement au marché traditionnel du nucléaire dominé par la vente de commodités (électrons) distribués sur un réseau par de multiples acteurs, ce nouveau marché se structure autour d'usages spécifiques ce qui explique l'émergence de plusieurs solutions sur le marché pour y répondre ».

Sylvain Bremond, Directeur Adjoint Délégué du Pôle de compétitivité Capenergies

Leur conception repose sur des technologies éprouvées comme les réacteurs à eau pressurisée (Gen. III et III+) et, à l'avenir, sur des réacteurs avancés (Gen. IV).

À ce jour, plus de 80 projets de conceptions de SMR sont en cours de développement à l'échelle mondiale, avec des premières mises en service prévues pour 2030, suivies d'un déploiement à plus grande échelle dans les années 2040. En Europe, la France et le Royaume-Uni disposent de projets solides de SMR, tandis que l'Europe de l'est manifeste un vif intérêt pour l'acquisition de cette technologie.

Dans la région Sud, cinq startups, sélectionnées dans le cadre de l'appel à projets France 2030, sont actuellement en pleine phase de développement. Cette dynamique s'inscrit dans un contexte régional où la filière nucléaire joue un rôle stratégique. En effet, la région se positionne comme un territoire clé de la recherche, grâce à la présence d'institutions telles que le CEA de Cadarache et le projet ITER, de l'ingénierie, avec la présence de la division d'ingénierie du parc nucléaire et de l'environnement d'EDF, et enfin de la formation, un secteur crucial pour soutenir l'innovation et la compétitivité. Elle abrite les sièges de plus de 210 entreprises spécialisées dans ce domaine contribuant à générer environ 18 500 emplois directs et indirects sur l'ensemble de la filière nucléaire en région, soit près de 9 % des emplois du secteur nucléaire en France.

La région Sud dispose donc d'atouts indéniables pour accompagner l'émergence et la structuration des SMR.

Cependant, la mise en œuvre de ces projets soulève de nombreuses questions : Comment concilier les enjeux économiques, environnementaux et sociétaux associés au déploiement des SMR ? Quels modèles économiques mettre en place pour répondre aux besoins des clients ? Quels sont les modèles de financement les plus adaptés à cette technologie émergente ?

Pour tenter d'y répondre, la table ronde organisée par la région Sud et risingSUD, et animée par **Walid Benyoussef**, Associé EY, a accueilli plusieurs experts :

- **Marie Esnault Bertrand**, Directrice Générale Adjointe Economie Formations Santé à la Région Sud
- **Sylvain Bremond**, Directeur Adjoint Délégué du Pôle de compétitivité Capenergies
- **Massimiliano Picciani**, Responsable Ecotechnologies / Bas Carbone BpiFrance
- **Giuseppe Sangiovanni**, Cofondateur du fonds Exergon Energy Transition Ventures
- **David Sorin**, Managing Director de Taranis Carbon Ventures
- **Philippe Detours**, Managing Partner en charge des fonds Infrastructure chez Demeter
- **Pascal Coste**, Senior Banker Grands Projets du Territoire à la CEPAC
- **Jean-Sébastien Oriou**, Avocat, Associé EY

5 startups de la région Sud avec une ambition d'expansion à l'international, lauréates de l'AAP Réacteurs nucléaires innovants étaient également présentes pour partager leur vision des perspectives de croissance et enjeux de financement des SMR représentées par :

- **Lucas Tardieu**, Architecte Réacteur et Co-fondateur de Stellaria (ex-CEA)
Stellaria, startup essaimée du CEA appuyé par Schneider Electric, développe le premier réacteur à cœur liquide au monde capable de renouveler 100 % de son combustible pendant son fonctionnement. Elle adresse les besoins de l'industrie lourde, des datacenters et de la production d'hydrogène.
- **Edouard Hourcade**, Président de Blue Capsule
Blue Capsule développe des petits réacteurs modulaires compacts, d'une puissance de 150MWh localisés sous terre et capables de fournir de la chaleur à des températures supérieures à 650°C. Ces réacteurs ciblent des clients qui utilisent actuellement du charbon ou du gaz pour chauffer leurs composants à des températures très élevées (ex : 750 à 850°C pour la fabrication du clinker).
- **Cesar Dulac**, Chargé Affaires Publiques et Communication de Calogena
Calogena, filiale du groupe industriel Gorgé, développe un petit réacteur modulaire à eau d'une capacité thermique de 30MWth spécifiquement pour alimenter les réseaux de chaleur. La startup tire parti de la technologie mature des réacteurs de type piscine utilisés dans les centres de recherche pour répondre aux besoins en chaleur bas-carbone de dizaines de milliers de foyers.
- **Paul Gauthé**, Directeur technique et co-fondateur d'Hexana
Hexana, startup essaimée du CEA et créée en 2023, développe un réacteur nucléaire modulaire à neutrons rapides refroidi au sodium d'une puissance de 800 MWth. La technologie développée vise à produire de la chaleur haute température et de l'électricité ultra bas-carbone nécessaires aux industries lourdes et énergivores et au transport longue distance (aérien, maritime).
- **Gregory Cherbuis**, Directeur Général Délégué et cofondateur d'Otrera Nuclear Energy
Otrera est une startup essaimée du CEA et créée en 2023 pour concevoir et fabriquer un réacteur nucléaire qui s'appuie sur la technologie des Sodium Fast Reactor pour produire 110 MW d'électricité et 180 MW de chaleur à 100-150°C. Ce projet, présidé par Frédéric Varenne, ancien chef de projet du réacteur Astrid vise à développer des réacteurs à destination des marchés de l'électricité et de la chaleur à des températures comprises entre 100 et 180°C.

Perspectives de croissance du marché

Selon les prévisions de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la part du nucléaire dans le mix énergétique mondial pourrait doubler d'ici 2050, passant de 5 % actuellement à 10 %, voire 14 %, dans un scénario visant à atteindre l'objectif zéro émission nette.

Dans ce contexte, les SMR pourraient représenter une part importante des nouvelles constructions nucléaires, en tirant parti de leur modularité et de leur capacité à réduire les

coûts. En effet, leur coût d'installation, estimé entre 15 000 et 20 000 USD/kW pour les démonstrateurs, devrait significativement diminuer pour atteindre 4 000 à 6 000 USD/kW en production en série d'ici 2050. Cette réduction attendue résulterait principalement des économies d'échelle et des progrès technologiques, rendant les SMR de plus en plus compétitifs sur le marché énergétique mondial.

La construction de 400 à 700 SMR pour une capacité cumulée de 60 à 100 GW, est prévue d'ici 2050. Les principaux marchés ciblés incluent l'Asie-Pacifique (50 % des projets), l'Europe (17 %) et l'Amérique du Nord (16 %).

Des projets de SMR sont déjà déployés en Chine et aux États-Unis, avec des avancées significatives, comme l'homologation d'un SMR par l'autorité américaine de sûreté nucléaire et la mise en service d'un premier réacteur en Chine. La pertinence de développer les SMR en France est validée par l'avancement de ces initiatives à l'international. Toutefois, les multiples initiatives émergeant en France et l'Europe demeurent encore à des stades de développement moins matures.

Par ailleurs, les pays avec des réseaux électriques moins développés représentent également une opportunité de marché d'export intéressante pour les startups qui développent des SMR.

Le marché des SMR pourrait ainsi atteindre entre 70 et 120 milliards de dollars par an, porté à 70% par la construction et 30% par les services (opérations et maintenance, combustible).

Cas d'usage 1 : L'industrie

Les SMR offrent des avantages considérables pour répondre aux besoins des zones industrielles, notamment leur modularité et leur capacité à fournir une énergie fiable et décarbonée. Ces technologies permettent de sécuriser l'approvisionnement énergétique des sites industriels, comme Fos-Berre, tout en réduisant l'empreinte carbone. Actuellement, ces zones sont vulnérables aux fluctuations des prix et aux restrictions d'approvisionnement des combustibles fossiles, notamment le gaz russe et les hydrocarbures du Golfe, dues à l'épuisement des ressources et au contexte économique et politique. Le cas des raffineries illustre bien l'ampleur des besoins énergétiques de l'industrie, qui peuvent atteindre plus de 1GW dont 70% de chaleur pour une grande raffinerie.

Face à ces défis, les industriels, notamment de l'industrie lourde, cherchent à diversifier leurs sources d'énergie, afin de garantir leur compétitivité. Les SMR, offrent une solution prometteuse en s'appuyant sur un modèle de production simplifié à un coût de construction inférieur aux réacteurs nucléaires classiques ; et des délais de mise en œuvre plus courts.

C'est dans ce contexte que Stellaria, Blue Capsule, Hexana et Otrera, développent des réacteurs permettant de répondre aux besoins massifs en énergie de l'industrie. Les SMR ouvrent également de nouvelles perspectives pour la décarbonation des processus industriels complexes (production d'hydrogène vert, chaleur industrielle à haute température, datacenters

- En effet, les datacenters, attirés en France par les délais administratifs réduits et l'offre d'électricité bas carbone, représentent de futurs grands consommateurs pouvant être alimentés par des SMR.
- Les SMR peuvent également remplacer les besoins des industries ayant habituellement recours au charbon ou au gaz pour chauffer leurs composants à des températures très élevées (ex : 750 à 850°C pour la fabrication du clinker). À l'échelle mondiale, ces besoins se chiffrent à 52 000 TeraWh.

L'intégration des SMR chez les industriels peut toutefois nécessiter une adaptation de leurs outils de production, impliquant un important travail de sensibilisation et d'incitation, notamment via des crédits et des financements comme le Fonds Européen pour l'Innovation.

Cas d'usage 2 : Le chauffage urbain

La production de chaleur à basse température et basse pression (100°C à 6 bars) à destination du chauffage urbain constitue un autre marché adressable par les SMR.

C'est le parti pris de la startup Calogena qui s'appuie sur une technologie mature pour l'appliquer à un nouveau marché.

« Le véritable défi réside dans l'innovation du marché lui-même, en utilisant une technologie existante et en l'adaptant pour répondre à un besoin croissant. »

César Dulac, Chargé Affaires Publiques et Communication de Calogena

En Europe, la chaleur représente environ 40 % de l'énergie finale consommée, dont 80 % à des températures inférieures à 100°C principalement utilisées pour le chauffage et l'eau chaude résidentielle.

Le développement des réseaux de chaleur offre une solution pérenne et efficace pour faire face à cette forte demande de chaleur basse température. Au niveau européen, un objectif a été fixé pour doubler le raccordement aux réseaux de chaleur d'ici 2030.

En France, les réseaux de chauffage urbain connaissent une croissance notable. En 10 ans, le nombre de bâtiments connectés aux réseaux de chaleur a augmenté de 82 %. L'objectif de 90TeraWh d'ici 2035, soit entre 300 000 et 360 000 logements raccordés chaque année d'ici cette échéance, illustre les perspectives de croissance encore très importantes pour ce marché.

Le projet LIFE Heat&Cool, lancé fin 2021 et piloté par la Région Sud, a pour objectif de favoriser la massification des réseaux de chaleur et de froid utilisant des énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) sur le territoire régional. Ce projet s'inscrit dans une stratégie visant la neutralité carbone à horizon 2050.

Principaux enjeux, notamment en matière de financement

Le développement des SMR se heurte à plusieurs défis majeurs.

Favoriser le déploiement à grande échelle des SMR au travers d'une planification énergétique et d'un cadre réglementaire partagés

Un défi majeur réside dans la diversité des réglementations nationales, qui ralentit les processus d'approbation et augmente les coûts. Une harmonisation internationale des réglementations et des standards communs pour la conception, la fabrication, l'obtention des licences et la production des composants est essentielle pour réduire les coûts et accélérer la construction des SMR, tout en maintenant un haut niveau de qualité et de sécurité. La collaboration renforcée entre régulateurs et la création d'organismes internationaux, comme l'Alliance industrielle européenne pour les SMR, faciliteront l'adoption des SMR à l'échelle mondiale et encourageront les investissements transfrontaliers, grâce à l'harmonisation des exigences et à des garanties renforcées pour les acteurs du secteur.

Veiller aux respects des normes et à l'acceptabilité sociale des SMR

Les enjeux de sécurité nucléaire et de gestion des déchets doivent être abordés de manière transparente pour gagner la confiance des parties prenantes. Une coopération entre les acteurs industriels, régulateurs et collectivités est nécessaire pour respecter les normes, accélérer les approbations et développer une chaîne logistique solide. Le succès des projets pilotes est essentiel pour démontrer la fiabilité des SMR.

Répondre aux besoins de ressources humaines de la filière

Pour répondre aux objectifs de développement des SMR il est crucial de combler les pénuries de main-d'œuvre qualifiée, notamment d'ingénieurs et de techniciens spécialisés dans la conception, la construction et l'exploitation via la mise en place de formations spécifiques visant à préparer une main-d'œuvre compétente et prête à soutenir le développement et l'exploitation des SMR à long terme.

« Ces défis s'appliquent non seulement à la construction des réacteurs mais aussi la gestion du combustible, tant en amont qu'en aval. Les adresser nécessitera des investissements conséquents et une coordination efficace entre les acteurs concernés pour établir une filière complète et un écosystème durable pour le cycle du combustible nucléaire. »

Sylvain Bremond, Directeur Adjoint Délégué Capenergies

Concevoir des modèles économiques adaptés aux besoins des utilisateurs

La standardisation et la production en série des SMR doit s'articuler avec une nécessaire adaptation aux besoins et spécificités des clients finaux (industriels, réseaux urbains ...) tant sur le plan technique que financier.

Ainsi le modèle traditionnel, basé sur la conception et vente de réacteurs sous licence, qui permet de diversifier les usages tout en s'adaptant aux besoins locaux spécifiques pourrait progressivement céder la place à des offres de services intégrés. Ces nouvelles approches, telles que la vente d'énergie ou de chaleur clé en main ou « energy-as-a-service », permettent aux clients de bénéficier des avantages des SMR (approvisionnement sécurisé, énergie bas carbone...) sans avoir à supporter les coûts d'investissement élevés et les complexités techniques associées à l'exploitation. En effet, la question des modalités et coûts d'exploitation des SMR est aussi prise en compte par les industriels qui exigent des garanties sur la technologie et l'opérateur pour être rassurés sur les risques opérationnels associés à ces projets. Les SMR leur offrent ainsi la possibilité de maîtriser les coûts d'exploitation et de production de l'énergie estimés à 50€/MWth.

Ce modèle, plus flexible et attractif pour les utilisateurs et pour les investisseurs rassurés par les revenus récurrents, pourrait accélérer l'adoption des SMR et favoriser des relations à long terme entre fournisseurs et utilisateurs notamment en proposant des services complémentaires (formation, maintenance, gestion) tout au long du cycle de vie des SMR afin de faciliter leur usage.

« De nombreux industriels continuent de considérer l'énergie comme une commodité à l'exception de ceux spécialisés dans les infrastructures, qui sont plus enclins à intervenir sur la construction, le déploiement, voire l'exploitation des installations. »

Edouard Hourcade, Président de Blue Capsule

Ces deux approches facilitent l'intégration des SMR pour répondre à des besoins multiples, contribuant à une plus grande flexibilité et accessibilité.

Adapter les modalités de financement pour répondre aux besoins des projets fortement capitalistiques, encore perçus comme risqués par les financeurs privés

Les coûts de construction des premiers SMR sont estimés entre 15 000 et 20 000 USD/kW, ce qui est nettement supérieur aux grandes centrales nucléaires. Toutefois, une baisse progressive des coûts de 30 à 60% est attendue grâce à l'industrialisation et à l'effet d'échelle. Cette baisse des coûts pourrait atténuer une partie des risques associés aux projets initiaux, qui, rendent l'accès aux financements difficile.

Soutien de l'Etat

Pour surmonter cet obstacle, les pouvoirs publics jouent un rôle déterminant dans le soutien du développement des SMR, notamment en finançant en partie le développement et les coûts de construction des premiers projets pour rassurer les clients et investisseurs. En effet, des garanties gouvernementales et des subventions sont indispensables pour faciliter la sécurisation des investissements privés.

Le plan France 2030, qui prévoit un grand plan d'investissement d'1Md€ dans la filière nucléaire opéré par Bpifrance, illustre bien cet engagement. Il vise à déployer un premier petit réacteur nucléaire modulaire en France à horizon 2030 et est réparti en deux enveloppes :

- 500 millions d'euros pour NUWARD, la filiale d'EDF dédiée au développement de son réacteur SMR à eau pressurisée
- 500 millions d'euros pour l'appel à projets (AAP) "Réacteurs nucléaires innovants", dont l'objectif est de favoriser l'émergence nouveaux acteurs développant différentes technologies, en réponse à usages variés. 11 projets ont été retenus dans le cadre de cet appel à projet (AAP) qui prévoit un financement initial de 129,8M€ à l'issue de l'audit actuellement mené par le Haut-Commissariat à l'énergie atomique.

Le soutien à l'innovation prévu dans cette première phase vise à subventionner le développement de nouveaux projets de réacteurs innovants avec un ratio d'1€ de subvention pour 1€ de fonds propres privés, pour entraîner un effet de levier. Deux phases de financement complémentaires par de la subvention et des prises de participations minoritaires, permettant d'atteindre un soutien total de 390M€ par projet, sont prévues à partir de 2024 pour accompagner la validation des preuves de concept et la construction. La stratégie d'investissement en cours de définition, sera similaire à celle des fonds privés mais avec une propension plus élevée au risque et des attentes en matière de rentabilité moins exigeantes. La sélection des projets qui en bénéficieront se fera sur la base des compétences de l'équipe, la capacité à mobiliser des capitaux, la faisabilité à court terme, les perspectives de rentabilité et le niveau de maturité. Ces décisions seront examinées, compte tenu du contexte budgétaire complexe, par le Conseil de Politique Nucléaire, dans les prochains mois.

« L'appel à projets a joué un rôle de catalyseur du développement de ces projets, favorisant l'émergence d'un écosystème public-privé. Il a permis de définir des objectifs clairs avec un calendrier de financement bien défini autour de 3 phases (10 millions d'euros pour la phase 1, 80 millions pour la phase 2, et 300 millions pour la phase 3). Ce cadre a apporté une visibilité et une stabilité essentielles pour les développeurs de projets. »

Gregory Cherbus, Directeur Général Délégué et cofondateur d'Otrera Nuclear Energy

En complément, l'Etat a confié au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), un rôle clef d'appui et d'expertise scientifique et technique de leurs projets et de financement de l'innovation via une enveloppe de 50M€. À l'échelle nationale, plusieurs questions demeurent par ailleurs, notamment concernant les prêts que BPI France pourra accorder aux projets de SMR une fois que les démonstrateurs seront actifs, ainsi que les garanties nécessaires au déploiement de ces projets stratégiques.

« En tant qu'opérateur public, BPI France a pour rôle de mitiger les risques et d'apporter des garanties aux projets. Étant donné le long processus de déploiement des réacteurs nucléaires, un soutien pérenne et à long terme de l'État est essentiel pour assurer la montée en puissance des projets et maintenir la confiance des investisseurs et industriels. Il doit toutefois s'imbriquer avec un soutien de l'Europe et des collectivités locales. »

Massimiliano Picciani, Responsable sectoriel Ecotechnologies / Bas Carbone Bpifrance

Soutien de l'Europe et des collectivités

« Le succès de ce modèle repose sur un triptyque gagnant : le soutien de l'État, de l'Europe et des collectivités locales. »

Gregory Cherbuis, Directeur Général Délégué et cofondateur d'Otrera Nuclear Energy

La coordination des financements nationaux et européens, notamment à travers des dispositifs tels que l'EIC Accelerator et la BEI, est indispensable.

Par ailleurs, pour adresser le marché européen, notamment celui des industries lourdes, qui présente un fort potentiel en Espagne, Allemagne et Italie, il est également crucial de travailler sur la stabilité réglementaire à échelle européenne. La création d'une Alliance industrielle européenne des SMR joue ainsi un rôle clé dans le financement de ces projets, et envoie un message politique fort. La reconnaissance du nucléaire dans la taxonomie verte de l'Union européenne facilite d'autant plus son intégration dans le financement durable.

Enfin, les régions et départements, acteurs locaux clés, doivent également s'engager activement pour garantir le succès du déploiement des SMR à l'échelle nationale. La région Sud, siège de 6 des 11 lauréats du programme « Réacteurs nucléaires innovants » de France 2030 a donc aussi un rôle clé dans le développement et financement des SMR.

« Face aux enjeux de décarbonation de l'industrie, notamment dans la Zone Fos-Etang de Berre, il est nécessaire d'étudier l'ensemble des solutions disponibles, dont le nucléaire. La région Sud, qui ne dispose pas de centrale nucléaire à ce stade, bénéficie néanmoins d'un écosystème industriel très développé, caractérisé par une forte culture de l'innovation permettant l'émergence de nombreuses initiatives, notamment au sein des startups lauréates à l'AAP « Réacteurs nucléaires innovants ». Notre objectif est de soutenir et de faire prospérer ces innovations. »

Marie Esnault Bertrand, Directrice Générale Adjointe Economie Formations Santé Région Sud

Le soutien des pouvoirs publics peut, au-delà du financement de l'innovation et des investissements, se poursuivre en garantissant des contrats d'achat d'électricité à long terme, en mettant en place des subventions dégressives par kW pour les premières unités et en mettant en place des partenariats public-privé. Ces actions peuvent ainsi contribuer à réduire les risques financiers pour les banques et investisseurs privés.

Soutien du secteur privé

Le financement des projets SMR s'inscrit dans un contexte de transformation du modèle économique du nucléaire. On observe un glissement significatif du modèle traditionnel, qui reposait sur des grands porteurs de technologies ou des groupes d'État capables de lever de la dette pour financer la recherche et le déploiement. Ce changement est porté par des startups innovantes, qui, bien que disruptives, manquent souvent des ressources nécessaires pour financer leurs projets et ont besoin de capital privé pour développer leurs projets.

« En raison des besoins substantiels en capitaux propres, la participation du secteur privé reste essentielle pour soutenir ces projets, et ne peut se limiter à l'écosystème financier français. Il est donc impératif d'intégrer l'Europe ainsi que des investisseurs internationaux, tels que les fonds coréens, singapouriens et saoudiens, à l'instar des pratiques observées aux États-Unis. »

Paul Gauthé, Directeur technique et co-fondateur d'Hexana

Les investisseurs privés, quant à eux, ont donc un rôle essentiel à jouer dans ces projets co-financés à deux tiers par le secteur privé. L'alignement de leur stratégie et conditions d'intervention (thèse d'investissement, phase d'investissement, stratégie de sortie, etc.) avec les besoins des projets SMR sera primordial pour structurer un financement efficace et garantir la réussite de ces initiatives.

Exergon se distingue comme l'un des premiers fonds de capital-risque en Europe à se concentrer spécifiquement sur ce secteur, faisant du nucléaire une partie clé de sa stratégie, contrairement à une majorité des fonds qui adoptent une approche à l'opportunité.

« Nous avons tendance à sous-évaluer la capacité du capital à accélérer le développement de technologies innovantes. Les investissements massifs dans le secteur photovoltaïque ont permis d'atteindre un coût de production des panneaux considérablement inférieur aux prévisions des années 2000. Une dynamique similaire peut être observée pour les SMR en Chine, où le premier SMR est déjà opérationnel, et aux États-Unis, où les autorisations ont été délivrées pour son déploiement. »

Giuseppe Sangiovanni, Cofondateur et Managing Partner
du fonds Exergon Energy Transition Ventures

Le financement des SMR se déploie en trois grandes phases :

1. **La phase de financement technologique** : Cette étape, qui va de l'amorçage (pré-seed, seed) jusqu'à la série A, comporte un risque élevé pour les investisseurs privés. Exergon, en tant que fonds de capital-risque, intervient dès les premières étapes, en soutenant des projets avec un faible niveau de maturité technologique (TRL 4-5) pour les amener vers un TRL 7.
2. **La phase de croissance** : Lorsque les projets atteignent un niveau de maturité plus élevé (TRL 7), des fonds de croissance tels que Taranis, peuvent intervenir. Ces fonds financent des projets qui ont démontré leur potentiel mais dont la rentabilité n'est pas encore avérée.
3. **La phase de développement** : Enfin, les fonds de private equity orientés sur le rachat et le développement, prennent le relais dès lors que les projets génèrent des revenus et sont rentables.

Dans le cas du nucléaire, la transition entre la phase de croissance/développement et le financement d'infrastructures se fait rapidement. Lorsque le démonstrateur est validé et la faisabilité du projet est démontrée, il devient crucial d'attirer des capitaux importants pour le déploiement et la commercialisation notamment auprès de grands groupes industriels et de fonds d'infrastructures qui interviendraient à l'échelle de sociétés de projet dédiées (SPV) montées pour chaque nouveau projet de SMR et qui posséderaient et exploiteraient le module nucléaire via des contrats de rachat à long terme. Le choix du lieu d'implantation de ces SPV, qui peut entraîner des surcoûts et des risques financiers pour le projet, constitue dans ce cas, un facteur déterminant dans l'analyse de l'opportunité d'investissement.

Des partenariats avec les investisseurs et industriels dès les premières phases de développement des SMR pour favoriser leur implication, pourraient être mis en place sous le modèle de ce qui se fait aux États-Unis où des entreprises comme Amazon et Google investissent en capital dans des projets énergétiques.

« Pour les fonds d'infrastructure, tels que DEMETER, qui ont une durée d'investissement de 10 à 15 ans, avec une période d'investissement répartie sur 4 à 5 ans, la question de l'horizon temporel des investissements est essentielle, Il est crucial que l'investissement intervienne à un moment où le projet est suffisamment avancé pour être livré dans les délais définis par le fonds et générer être rentable dès les premières années. »

Philippe Detours, Managing Partner en charge des fonds Infrastructure chez Demeter

Enfin, les banques, qui financent généralement entre 60 et 70 % des projets d'infrastructures classiques, doivent être parties prenantes de ce processus pour assurer le financement de ces projets fortement capitalistiques.

« Les banques telles que la CEPAC, filiale du groupe BPCE qui intervient sur tous les segments d'entreprises, commencent à porter de l'intérêt aux SMR avec quelques réserves quant à la profondeur du marché de la liquidité pour financer tous ces projets coûteux. »

Pascal Coste, Senior Banker Grands Projets du Territoire à la CEPAC

L'intérêt des banques pour les projets de SMR est conforté par les compétences des équipes, l'existence d'un écosystème nucléaire important sur le territoire et l'intérêt des industriels en tant que client qu'investisseur. Cependant, en raison de l'absence de modèles économiques clairement définis, de sources de revenus, et d'actifs tangibles servant de garanties pour les banques, les projets de SMR ne sont pas jugés « bancables » à ce stade.

Dans un premier temps, la mise en place de modèles financiers adaptés pour atténuer les risques sera donc essentielle pour financer ces projets à long terme. Les banques peuvent notamment intervenir sur des montants limités en adoptant un bon ratio equity/dette, identifier des schémas de remboursement (prêts relais sur fonds propres ou subventions), proposer des crédits couverts par des garanties publiques telles que les garanties de projets stratégiques ou encore s'associer avec d'autres banques pour accompagner le projet sur le long terme.

Avec le développement progressif de ces technologies et la diminution des risques perçus, les SMR devraient progressivement bénéficier de conditions de financement plus attractives, favorisant ainsi leur adoption à grande échelle.

Conclusion

Les SMR constituent une solution prometteuse pour atteindre les objectifs de neutralité carbone d'ici 2050 en diversifiant les applications de l'énergie nucléaire. Leur déploiement repose sur une coordination étroite entre gouvernements, industries et régulateurs pour surmonter les défis techniques, financiers et sociaux associés à ces projets.

Les résultats des audits techniques en cours ainsi que le développement des premiers SMR à échelle industrielle jouent un rôle crucial pour démontrer la faisabilité des SMR, favoriser leur acceptabilité sociale et permettre leur adoption à grande échelle.

L'évolution du cadre réglementaire, tant au niveau national qu'européen, et l'harmonisation des normes au niveau international seront également nécessaires pour accélérer les procédures d'approbation et diminuer les coûts.

Enfin, le financement des projets, enjeu majeur pour leur déploiement à grande échelle devra s'appuyer sur un soutien public renforcé, combiné à des mécanismes de financement privés adaptés afin de surmonter les coûts initiaux élevés et de rendre ces projets attractifs pour les investisseurs.