



Paris, le 30 avril 2024

POSITION DE LA SFEN

Contribution de la Sfen à la consultation publique sur le Schéma Décennal de Développement du Réseau de RTE

La Société française d'énergie nucléaire (Sfen) est une association scientifique et technique à but non lucratif, qui rassemble 4 000 professionnels, ingénieurs, techniciens, chimistes, médecins, professeurs, et étudiants, des sites industriels et des organismes de recherche nucléaire français. Sa mission est le développement des connaissances de toutes celles et ceux qui s'intéressent à l'énergie nucléaire.

RTE a lancé à la mi-mars 2024 une consultation publique portant sur le cadrage et les hypothèses du prochain Schéma Décennal de Développement du Réseau (SDDR). Ce plan a pour but de « garantir que le réseau public de transport d'électricité est adapté aux objectifs de politique énergétique fixés par l'État et que son développement ne constitue pas un frein à l'atteinte de ces objectifs ». Le présent document rassemble la contribution de la Sfen à un sous-ensemble des questions posées par RTE pour lesquelles la Sfen avait légitimité à s'exprimer. Il a été préparé par la section technique #8 « Economie et stratégie énergétique » de la Sfen.

Cadrage des scénarios de mix production – consommation et variantes

Question B2 – Cadrage des études technico-économiques – scénario de référence

Que ce soit sur les hypothèses générales (objectifs de décarbonation, électrification, réindustrialisation etc.) ou plus spécifiquement la place générale accordée au(x) nucléaire(s) aux côtés des renouvelables (prolongation du parc nucléaire existant, programme EPR2, SMR/AMRs), la Sfen est en accord, comme elle l'a exprimé lors de sa réponse à la consultation, avec les objectifs formulés dans le projet de la Stratégie française pour l'énergie et le climat (SFEC)¹.

La Sfen avait néanmoins proposé la mise en service d'une nouvelle capacité d'au moins 25 GW de production nucléaire d'ici 2050 » pour donner un cap clair à la filière et conserver une souplesse sur le mix de petits réacteurs modulaires (SMRs) et innovants (AMRs) complétant les 6+8 EPR2.

¹ Sfen, Position de la Sfen : réponse à la consultation sur la Stratégie française pour l'énergie et le climat (SFEC), Décembre 2023

Question B3 – Cadrage des études technico-économiques - variantes

S'agissant spécifiquement des éléments liés au développement du réseau, la Sfen relève trois points d'attention que devraient inclure les variantes prioritaires étudiées par RTE.

D'abord celle du déploiement à échelle des solutions d'électrolyse (6,5 GW d'ici 2030). Les retards récents constatés en France et à l'international invitent à la prudence. Puisque le SDDR sera conçue sur une trajectoire de montée en cadence progressive « dans un esprit de performance technico-économique et d'efficacité de la dépense publique », il pourrait être utile d'envisager des trajectoires de déploiement plus ou moins dégradées puisque ces électrolyseurs a priori situés sur des hubs de production nécessiteront un investissement dans le réseau pour le raccordement. La SFEC prévoit en outre de mobiliser cet hydrogène pour assurer la bascule à des combustibles décarbonés sur les centrales fossiles en cas d'un maintien rendu nécessaire pour la sécurité d'approvisionnement. Lorsque cela n'est pas possible, la SFEC envisage de recourir aux solutions de capture du CO₂ émis. S'agissant de technologies immatures à date, le choix de renfort des lignes reliant ces capacités fossiles sous hypothèse d'une décarbonation du combustible pourrait être pondéré par la probabilité de disponibilité de ces technologies à date.

Deuxièmement, les services de flexibilité que pourraient fournir dans la pratique ces électrolyseurs devrait également faire l'objet d'un examen attentif, d'autant qu'ils seront pourvoyeurs de flexibilité dont la valeur pour le système électrique va croissant avec la pénétration des renouvelables. D'une part, le potentiel de flexibilité (relevé dans l'étude des gestionnaires de réseaux de transport français) ne reflète pas aujourd'hui la réalité des demandes de raccordement ; d'autre part, d'autres pays font face à des défis techniques irrésolus sur ce mode de fonctionnement des électrolyseurs. Bien que les enjeux économiques soient limités d'après l'étude, si l'approvisionnement se trouve être en base, le réseau devra pouvoir soutenir l'appel de charge des sites de production – ce qui peut impacter le programme de raccordement et donc la trajectoire industrielle de RTE.

Troisièmement, la Sfen relève l'enjeu majeur de l'interaction avec le système européen, qui contribue également aux besoins de flexibilité. A l'export, l'enjeu est celui de l'impact sur le dimensionnement du réseau et des interconnexions d'un retard de calendrier des pays voisins, notamment en capacité flexible.

Enfin, comme elle l'avait fait dans le cadre de la consultation pour le précédent Bilan prévisionnel, la Sfen ne juge pas pertinent d'introduire une différenciation du taux d'actualisation en fonction d'hypothèses sur l'évolution du contexte macroéconomique. Le possible lien causal entre mondialisation et taux d'actualisation n'est pas présenté dans le document de cadrage est apparaît comme très spéculatif à ce stade. En effet, il n'existe pas de consensus sur cette question, [un récent rapport de la Banque Centrale Européenne](#) concluant ainsi à une relation « ambiguë » à la fois sur le plan théorique et empirique.

Hypothèses de localisation relatives à la consommation d'électricité (industries, transports, numérique, tertiaire et résidentiel)

Question B5 – Hypothèses de localisation - secteur industriel et production d'hydrogène

La Sfen est d'accord avec le principe d'évaluer l'impact de la localisation des différents types d'électrolyseurs dans une optique d'optimisation technico-économique. La Sfen invite à croiser ces analyses avec celle du choix (non arrêté à date) d'implantation des premiers réacteurs de série Nuward qui pourrait offrir des applications au-delà de l'électricité (chaleur et production d'hydrogène).

Le SDDR ne devrait pas non plus se borner aux besoins liés aux sites industriels déjà existants puisque de nouveaux sites liés à des opportunités d'investissement émergentes pourraient voir le jour dans les prochaines années.

Secteur numérique

Question B7 – Hypothèses de localisation - secteur industriel et production d'hydrogène

Corroborant les observations de RTE pour la France, la Sfen rapporte des annonces récentes aux Etats Unis de nouveaux data centers, avec de très gros besoins électriques à un taux fiabilité très élevé, qui ne peuvent pas être satisfaits avec des énergies renouvelables intermittentes. La principale motivation est un risque de déficit d'énergie pilotable et décarboné . Le coût d'investissement dans un réacteur nucléaire pourrait être considéré comme secondaire par rapport à la perte de revenus potentielle, ce qui pousse ces acteurs à sécuriser des PPAs très attractifs qui pourraient stimuler la demande pour des SMR/AMRs. Ainsi :

- Les SMR/AMRs et la fusion nucléaire font partie du portefeuille technologique bas-carbone que Microsoft envisage pour la décarbonisation de ses activités industrielles². L'entreprise a signé un PPA avec la start-up de fusion nucléaire Helion³ et a initié des discussions avec des développeurs de SMR/AMRs, visant la construction de 1 ou 2 réacteurs d'ici 2032⁴.
- Amazon Web Services (AWS) a annoncé l'acquisition le 4 mars 2024 d'un data center de 960 MW situé près de la centrale nucléaire de Talen en Pennsylvanie. Talen Energy's data center campus at a nuclear power station in Pennsylvania.
- Google, Microsoft et le sidérurgiste Nucor⁵ se sont associés en vue d'accélérer le développement des technologies bas-carbone pilotables, en particulier le nucléaire. La première étape, qui va être lancée dans plusieurs régions américaines, consiste à identifier des projets spécifiques avec lesquels les entreprises pourront s'engager, agréger leur demande, et dérisquer leurs investissements sur ces technologies nouvelles.
- Le PDG d'OpenAI a investi dans la société Oklo, un petit réacteur nucléaire dédié aux data centers. La même entreprise a annoncé conjointement avec Microsoft un investissement de 100Md\$ pour un campus de supercalculateurs, afin de développer des modèles d'intelligence artificielle. Ce projet ne demanderait pas moins de 5 GW de capacité électrique.

² <https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RW1fApf>

³ <https://www.power-technology.com/news/helion-signs-ppa-with-microsoft/>

⁴ <https://world-nuclear-news.org/Articles/Nuclear-industry-ready-to-help-end-users-cut-emiss>

⁵ <https://www.sfen.org/rgn/google-microsoft-et-nucor-sallient-pour-la-transition-energetique/>

Ces projets et les sommes en jeu montrent que la dynamique de marché peut être très rapide. Au-delà de la saturation (ou non en cas de solution locale de production) du réseau, les flux d'électricité nucléaire peuvent également être impactés en cas de solutions « behind the meter », ce qui peut nécessiter des modifications dans la typologie du réseau comme le précise le document de consultation.

Hypothèses de localisation relatives à la production et au stockage d'électricité – Nucléaire

Question B10 – Hypothèses de localisation – parc nucléaire

La Sfen rappelle que courant 2024 sera rendu public l'audit de la Délégation interministérielle au Nouveau nucléaire (DINN) sur la maturité du Basic Design du réacteur EPR2 et notamment sur l'adhésion au calendrier officiel. Celui-ci table aujourd'hui pour une mise en service de l'EPR2 dans une fourchette 2035-2037, avec un scénario dégradé en 2038. Un recalibrage des hypothèses de mise en ligne de la trajectoire de référence avec le résultat de l'audit sera nécessaire le cas échéant.

Pour le choix des sites de la série de 8 EPR2, RTE peut fournir un éclairage vis-à-vis des enjeux de réseau. Toutefois, cet éclairage ne pourra fonder seul la décision puisque d'autres paramètres entrent en jeu pour EDF, qu'ils soient techniques comme la disponibilité du foncier ou relèvent d'enjeux politiques des territoires. Une variante haute au-delà de 25 GW de nouvelles constructions neuves d'ici 2050, en gardant une certaine flexibilité sur la nature des installations, pourrait être envisagée dans le cadre d'une planification industrielle à long terme du réseau de transport. La Sfen s'accorde donc sur le principe de garder une souplesse de localisation pourvu que les hypothèses n'aient pas un caractère prescriptif pour les sites non arrêtés.

Dans le même esprit, la localisation des sites pour les arrêts de réacteurs n'étant pas connue suivant le calendrier à date, la Sfen invite RTE à clarifier ses hypothèses et notamment de souligner qu'une configuration optimale du point de vue du réseau n'est pas de nature prescriptive. Ainsi, la Sfen suggère que dans son rapport final, et a fortiori dans sa modélisation, RTE considère un ensemble de trajectoires de fermeture.

La SFEC prévoit « au moins une tête de série de petit réacteur modulaire à eau pressurisée (SMR : Nuward) et un prototype de petit réacteur nucléaire innovant (AMR) d'ici 2030 ». La Sfen propose elle de lancer un programme de construction de deux centrales Nuward (soit deux fois deux réacteurs), l'une de référence sur un site nucléaire existant, démontrant ses capacités de cogénération, l'autre sur un site non nucléaire, pour la production d'électricité et de nouveaux vecteurs de décarbonation (chaleur non fossile industrielle et/ou urbaine, production d'hydrogène propre). Dans une logique d'optimisation, RTE pourrait proposer dans le cadre du SDDR des sites d'implantation fondés sur leur coût d'opportunité pour la collectivité (en termes économiques et environnementaux) par rapport à une situation de référence où le site serait connecté au réseau de transport. Concrètement, il est nécessaire d'identifier quels sont parmi les 50 sites industriels les plus émetteurs, ceux pour lesquels l'implantation d'un SMR générerait le plus de bénéfices pour la collectivité.

Etudes technico-économiques sur le réseau de grand transport

Question B19 – Etudes technico-économiques sur le réseau de grand transport (400–225 kV)

Comme précisé plus haut à la question B10, une solution technique à étudier est la construction de SMRs/AMRs sur les sites industriels pour desserrer la contrainte sur le réseau. Le SDDR pourrait offrir un volet spécifique sur les SMRs, en objectivant les opportunités économiques pour les parties prenantes.

Une autre solution technique est celle de la flexibilité apportée par les AMRs : d'une part la modulation de charge sur certains modèles est plus rapide que les réacteurs de grande puissance ; d'autre part en cogénération, certains modèles comme HEXANA (technologie RNR-Na) permettent de stocker la chaleur au sein de sels fondus, ce qui offre une flexibilité pour alimenter soit le réseau électrique via une turbine, soit un industriel qui a besoin de chaleur.