

2 décembre 2022

Comité permanent de la science et de la recherche
131, rue Queen, 6^e étage
Chambre des communes
Ottawa (Ontario) K1A 0A6
Canada
Courriel : SRSR@parl.gc.ca

Coalition for Responsible Energy Development —Nouveau-Brunswick
B.P. 4561
Rothesay (Nouveau-Brunswick) E2E 5X3
Courriel : info@crednb.ca

RÉF. : Présentation aux audiences sur les programmes internationaux ambitieux : petits réacteurs nucléaires modulaires

Depuis mars 2020, notre Coalition effectue des recherches et soulève des préoccupations au sujet des petits réacteurs nucléaires modulaires (PRNM) proposés pour le Nouveau-Brunswick, ainsi que des conceptions de PRNM proposées pour d'autres provinces. Nous avons également encouragé la mise en œuvre urgente de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, avec les technologies de stockage et les réseaux intelligents correspondants. Notre objectif est de répondre aux besoins énergétiques des Canadiennes et des Canadiens tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique, et ce, le plus rapidement possible, sur la base d'études professionnelles récentes de modélisation énergétique. Nos préoccupations sont exposées ci-dessous, et nous vous encourageons à consulter les recherches d'experts sur chacune d'entre elles.

Quel est le lien entre les PRNM et l'objectif stratégique du Canada en matière de recherche ambitieuse?

Nous reconnaissons le manque de « style de financement et de programmes pour faire de la recherche ambitieuse en ce moment au Canada » souligné par M. Bengio lors de vos audiences. Nous vous encourageons à adopter son approche consistant à s'appuyer sur des ressources nationales et internationales neutres pour déterminer les défis stratégiques tels que l'action climatique, la prévention des pandémies ou les dysfonctionnements des services publics. Des pistes d'investigation qui présentent un potentiel ambitieux pour relever ces défis peuvent alors être envisagées. Il s'agit de remplacer la dépendance à l'égard des propositions de recherche émanant des groupes de pression industriels par un champ ouvert de possibilités de recherche mieux adaptées aux défis stratégiques.

Le rapport sur l'état de l'industrie nucléaire mondiale pour 2021 révèle une industrie nucléaire en déclin dans le monde entier, de moins en moins capable de concurrencer les nouvelles sources d'énergie. Les arrêts majeurs d'infrastructures nucléaires vieillissantes en France cette année, ainsi que les milliards de dollars de dépassement de coûts et les décennies de retard dans la construction de nouvelles centrales nucléaires, ont mis à mal la crédibilité de l'énergie nucléaire en tant qu'option abordable. (Flamanville 3, France, a maintenant 10 ans de retard et a dépassé cinq fois le budget prévu. Deux unités de Vogtle, en Géorgie aux États-Unis, commencées en 2009, ont 10 ans de retard et ont coûté deux fois plus cher que

prévu, soit 28,5 milliards de dollars). L'industrie nucléaire a donc tenté de se réinventer comme une « petite industrie modulaire » en utilisant ses ressources financières considérables pour promouvoir les concepts non éprouvés des PRNM, dans de multiples variétés concurrentes d'unités de puissance qui n'existent pas encore.

Toutes les conceptions des PRNM sont censées être des solutions à « faibles émissions » à la crise climatique. Le résumé de sept articles rédigés par des **experts** en énergie (dont Mycle Schneider, auteur principal du rapport World Nuclear Industry Status Report 2021), à la fin de ce document, indique clairement que **l'énergie nucléaire n'est pas la solution climatique dont nous avons besoin**. Il est urgent de construire des infrastructures d'énergie renouvelable. Les PRNM arriveront trop tard pour atteindre les objectifs urgents de 2030 et seront trop coûteux pour permettre la transition dont nous avons besoin.

Fiabilité des réclamations concernant les PRNM

Nous devons faire preuve de prudence avant d'accorder notre confiance envers les affirmations des promoteurs de PRNM, avant tout parce que de tels réacteurs n'existent pas encore. Ils se trouvent, en effet, à l'étape de la conception initiale, étape qui devrait être suivie par des années de production de matériaux, d'approbations, de préparation du site, de construction et d'itérations de tests, avant d'atteindre la viabilité commerciale ou d'être annulés. Les « renaissances nucléaires » antérieures ont été vantées à grand renfort de publicité, financées par des fonds publics, puis discrètement abandonnées une fois le financement public épuisé, et ce, sans que le secteur privé prenne en charge les risques du « nouveau nucléaire ».

Un examen indépendant de l'expérience acquise avec les technologies des précurseurs pourrait aider à évaluer les affirmations de « sûr à "l'éloignement" » et les multiples utilisations proposées pour les PRNM. La prétention de fournir un soutien complémentaire de « charge appelée » pour l'intermittence du vent ou du soleil semble réfutée par des recherches récentes. Le fonctionnement en continu convient mieux aux réacteurs nucléaires à forte intensité de capital, alors que l'éolien et le solaire grugent une partie de la part de marchés du nucléaire.

L'expérience du projet de PRNM le plus avancé, soit NuScale, dans l'Utah, qui a commencé en 2013, a démenti les affirmations selon lesquelles, pour de tels réacteurs, l'approbation et la construction seraient plus rapides et l'énergie plus abordable. Il est maintenant prévu que les travaux de conception s'achèvent en 2024 et que la mise en service ne survienne que dans sept ans, lorsque la centrale produira 462 mégawatts de puissance combinée à partir de six unités. Les coûts prévus sont passés de 3,6 milliards de dollars en 2017 à 6,1 milliards de dollars au début de 2022. Les milliards de dollars de subventions prévus par la nouvelle législation américaine permettraient de réduire le coût de l'électricité de 120 à 100 dollars par mégawattheure. Les services publics municipaux qui comptent sur ce projet pour passer à une énergie non émettrice envisagent de toute urgence l'énergie solaire, avec le stockage sur batterie comme solution de rechange. La banque d'investissement Credit Suisse a constaté qu'avec les mêmes nouveaux crédits d'impôt américains, le coût de l'énergie solaire pourrait être aussi bas que 4 \$ par mégawattheure.

En bref, un document de recherche réputé sur ces affirmations constituerait une bien meilleure base pour sélectionner la recherche ambitieuse que d'inviter le personnel de communication d'un promoteur à faire des présentations. Ce personnel, sans aucune formation scientifique ni en physique ni en ingénierie nucléaire, ne peut que répéter des descriptions simplistes des avantages que présente sa

technologie, à partir d'un texte promotionnel présenté sur son site Web. Une telle présentation est tout de même suivie d'un accord qui se traduit par un oui ou un non après que des députés déjà épris de la technologie des PRNM aient répondu à une série de questions suggestives.

Capacité de commercialisation et compétitivité future des PRNM

La publication de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) intitulée « SMR Book 2020 » (*Le livre des petits réacteurs modulaires 2020*, en anglais seulement) répertorie 72 conceptions exclusives distinctes dans le monde entier, qui se répartissent en six grandes catégories de technologies nucléaires, c'est-à-dire l'environnement concurrentiel des futurs PRNM canadiens. La compétitivité des coûts revendiquée pour les PRNM dépend de la production de masse en usine de conception modulaire, qui à son tour, dépend d'un volume de ventes suffisant pour attirer l'investissement dans une conception d'usine coûteuse. Cette conception exige des normes très élevées pour les unités modulaires à qualité contrôlée et leur interconnexion, compte tenu de la chaleur et de la radioactivité inhérentes à la réaction de fission nucléaire que les modules abriteront.

Compétitivité des coûts de l'électricité

Le Comité bénéficierait d'une analyse indépendante des coûts de l'énergie, en s'appuyant sur des sources internationalement reconnues telles que le groupe Lazard. Pour avoir un premier aperçu de la compétitivité des coûts de l'électricité produite par les PRNM, l'Ontario Clean Air Alliance a utilisé des estimations de l'industrie pour arriver à ces comparaisons de kilowattheures le 20 janvier 2021 : Efficacité énergétique (1,7 c), prix au comptant de l'énergie hydraulique au Québec (2,2 c), prix contractuel de l'énergie hydraulique au Québec (5,0 c), énergie solaire (3,8-5,5 c), énergie éolienne terrestre (3,4-7 c), prix de l'énergie nucléaire 2021 (9,6 c), énergie éolienne terrestre (11,2 c), prix de l'énergie nucléaire 2026 (coût de la remise à neuf), nouveau réacteur proposé dans la région du Grand Toronto, à savoir le PRNM de Westinghouse (16,3 c).

Analyse d'impact – Si seulement!

Le promoteur de X-Energy, qui prétendait « accueillir favorablement l'analyse d'impact » et « ne pas prendre de raccourcis », était soit mal informé, soit de mauvaise foi. La *Loi sur l'évaluation d'impact* de 2019 a supprimé les petits réacteurs nucléaires modulaires de la liste des projets nécessitant une évaluation d'impact, lorsqu'ils sont placés sur le site d'un grand réacteur existant. L'obligation pour les PRNM de subir une analyse d'impact a été supprimée du projet de loi en réponse aux groupes de pression, non seulement de l'industrie nucléaire, mais aussi de l'organisme de réglementation soi-disant indépendant qu'est la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN)! La justification pour exempter une technologie nucléaire nouvelle et très différente, avec un combustible, des coûts, des liquides de refroidissement et des déchets différents, lorsqu'elle est placée à côté de la technologie existante (réacteur CANDU refroidi à l'eau lourde), a été perdue dans les coulisses politiques à ce stade.

Les PRNM financés actuellement au Canada correspondent à la description de M. Bengio, à savoir « tous les domaines et sans direction ». Il s'agit de huit projets en Ontario et au Nouveau-Brunswick, utilisant cinq technologies de refroidissement différentes et huit combustibles différents (uranium enrichi entre 4,5 % et 19,7 % et plutonium de qualité réacteur), avec des plans d'élimination des déchets différents. Trois autres conceptions sont en cours d'examen par la CCSN.

La technologie exclusive de chaque PRNM n'est pas digne d'un programme de recherche ambitieux

M. Bengio a recommandé que le financement public de la recherche ambitieuse soit assorti de conditions, c'est-à-dire qu'il soit lié à l'obligation de communiquer les découvertes afin d'en multiplier les avantages, grâce au travail d'autres innovateurs et chercheurs. Les affirmations de X-Energy concernant l'avantage concurrentiel de sa forme exclusive de combustible TRISO, sur laquelle repose sa « sûreté à "l'éloignement" », ne répondraient pas à ce critère de « recherche ambitieuse »

Émuler les initiatives nucléaires des autres pays

La référence au soutien du gouvernement américain à l'énergie nucléaire, et l'implication que le Canada devrait suivre sans tenir compte du contexte, fausseraient et induiraient en erreur les décisions du Canada sur le financement de l'énergie nucléaire. Les États-Unis, un pays vaste et très riche, ont une longue histoire de financement public dans le domaine nucléaire, y compris des milliards de dollars alloués pour des projets qui ont échoué pendant 25 ans, avant que la décision ne soit prise d'amortir les investissements. La plupart des pays qui ont investi massivement dans le nucléaire civil dans le passé ont également investi dans des utilisations nucléaires militaires, des sous-marins aux armes, pour lesquelles le nucléaire civil fournit un soutien à la chaîne d'approvisionnement en matières et en expertise nucléaires. Le Canada n'a ni les ressources financières ni la raison d'être militaire d'un tel investissement.

Financement : le privé contre le gouvernement – Diligence raisonnable

Un autre point sous-entendu dans les audiences était que le financement privé de la recherche sur les PRNM par les sociétés promotrices était une indication de leur engagement et de leur confiance envers un résultat commercial réussi. Il est toutefois essentiel d'examiner la proportion de fonds engagés par les entreprises, par rapport aux fonds publics demandés au Canada et à d'autres gouvernements, et sur quelle période. Investir plusieurs millions au départ pour attirer un financement public beaucoup plus important est un moyen de financer les salaires du conseil d'administration, de la direction et du personnel de l'entreprise pendant des années, quel que soit le résultat! À titre d'exemple, le Congrès a récemment alloué 1,1 milliard de dollars au programme de démonstration de réacteurs avancés de X-Energy et prévoit y allouer 2,2 milliards de dollars jusqu'à l'exercice 2025. Ce fait n'a pas été remis en question lors de vos audiences, quant à sa relation avec les opérations canadiennes de X-Energy. Lorsque vous effectuez votre « diligence raisonnable » pour l'utilisation de fonds publics, y compris la vérification des déclarations relatives à la technologie d'un promoteur, nous vous recommandons de commencer par les normes de l'organisme de réglementation des valeurs mobilières pour la promotion légale d'un investissement!

Soumis par Gail Wylie, présidente de la Coalition for Responsible Energy Development –
Nouveau-Brunswick

(Les résumés des articles suivent aux pages 4 à 10.)

Contre le récit de l'industrie nucléaire :
une énergie 100 % renouvelable est une énergie fiable pour lutter
contre le changement climatique sans nucléaire (résumé des sources faisant
autorité)

Partie 1 : Le nucléaire n'est pas une solution pour le climat

Partie 2 : Les énergies 100 % renouvelables peuvent fournir une énergie fiable sans le nucléaire

Partie 3 : Les PRM ne sont pas une solution ni pour l'industrie nucléaire ni pour le climat

Partie 1 – Le nucléaire n'est pas une solution pour le climat

Le nucléaire ne fait tout simplement pas partie d'une stratégie viable pour lutter contre le changement climatique <https://www.nuclearconsult.com/blog/> [EN ANGLAIS SEULEMENT]

Communiqué – Déclaration – Le 6 janvier 2022 publié par Nuclear Consulting Group, par :

- *Gregory Jaczko, ancien président de la Commission de réglementation des États-Unis*
- *Wolfgang Renneberg, ancien chef de la sûreté des réacteurs, de la radioprotection et des déchets nucléaires, ministre fédéral de l'environnement, Allemagne*
- *Bernard Laponche, ancien directeur général de l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie, ancien conseiller du ministre français de l'Environnement, de l'Énergie et de la Sécurité nucléaire*
- *Paul Dorfman, ancien secrétaire du Comité du gouvernement britannique chargé d'examiner le risque de radiation des émetteurs internes (CERRIE)*

Ces quatre experts ont publié le récent communiqué, citant l'urgence de la crise climatique et la nécessité de réduire les émissions de GES pour y faire face, et s'inquiétant du fait que l'énergie nucléaire soit promue comme une réponse, alors qu'elle ne peut pas relever ce défi. Selon eux, le « nucléaire n'est en réalité ni propre, ni sécuritaire ou intelligent, mais une technologie complexe ayant le potentiel de causer des torts considérables ».

Ils énumèrent 10 défis insurmontables liés à l'énergie nucléaire : (résumés ici en bref)

- * trop coûteuse en termes absolus;
- * plus coûteuse que les énergies renouvelables;
- * trop coûteuse et risquée pour obtenir du financement sur les marchés financiers – donc dépendante d'un financement public très important;
- * non viable en raison du problème non résolu des déchets radioactifs;
- * financièrement non viable, car le risque total n'est pas assurable;
- * militairement dangereuse – risque de prolifération;
- * intrinsèquement risquée étant donné les accidents en cascade provenant de huit sources;

* sujette à des problèmes de sécurité non résolus avec des concepts plus récents non éprouvés; trop lourds et complexes pour être construits ou exploités par des régimes industriels efficaces;
* peu susceptible de contribuer à atténuer le changement climatique d'ici 2030 étant donné la longueur des délais de développement ou de construction.

Chaque euro investi dans l'énergie nucléaire aggrave la crise climatique

<https://www.dw.com/en/nuclear-climate-mycele-schneider-renewables-fukushima/a-56712368> [EN ANGLAIS SEULEMENT]

Entrevue de Mycele Schneider, auteur principal du Rapport sur l'état du nucléaire dans le monde de 2021 (WNISR 2021 409 pages) par DW News 29 août 2021 (Deutsche Welle – le diffuseur international de l'Allemagne)

Interrogé sur le rôle de l'énergie nucléaire dans la limitation de l'augmentation de la température mondiale à 1,5 degré Celsius, M. Schneider a souligné l'urgence de la réduction des gaz à effet de serre et le critère de la quantité et de la rapidité avec lesquelles chaque euro dépensé peut y parvenir.

Le nouveau nucléaire prend trop de temps et détourne les fonds des options de décarbonisation plus rapides

« Et si nous parlons de la construction de nouvelles centrales électriques, alors l'énergie nucléaire est tout simplement exclue. Non seulement parce qu'il s'agit de la forme de production d'électricité la plus coûteuse aujourd'hui, mais surtout parce qu'il faut beaucoup de temps pour construire des réacteurs. Plus précisément, chaque euro investi dans de nouvelles centrales nucléaires aggrave la crise climatique, car cet argent ne peut plus être utilisé pour investir dans des options efficaces de protection du climat. »

Le nucléaire existant ne peut être compétitif sur le plan financier

M. Schneider explique que même pour les centrales électriques qui existent, leur utilisation est limitée, car :

* « [...] de nombreuses mesures nécessaires à l'efficacité énergétique sont désormais moins chères que les coûts d'exploitation de base des centrales nucléaires », et

* « [...] Les énergies renouvelables sont aujourd'hui devenues si bon marché que, dans de nombreux cas, elles sont inférieures aux coûts d'exploitation de base des centrales nucléaires. »

Pourquoi construire de nouveaux bâtiments ou poursuivre des activités non rentables?

M. Schneider met en évidence les facteurs à l'origine de projets d'énergie nucléaire apparemment non rentables. Les facteurs vont des intérêts stratégiques militaires fondés sur les liens avec le pouvoir civil en France, à la construction de la centrale de Hinkley Point au Royaume-Uni, cofinancée par la Chine dans le cadre de ses investissements en infrastructures pour des objectifs géopolitiques plutôt que financiers. De même, les facteurs comptables et financiers jouent un rôle dans le report des investissements de démantèlement, par exemple en France où « seul un tiers (des fonds requis) a été mis de côté »

Coûts des déchets radioactifs de haute activité

M. Schneider souligne que « personne ne sait combien cela coûte réellement, car il n'y a pas d'installation de stockage permanent opérationnelle ». Il soutient que les projets les plus avancés se trouvent en Finlande et en Suède, où la conception des installations de stockage des années 1980 a rencontré des problèmes de corrosion des conteneurs en cuivre et où la viabilité n'est toujours pas claire. De même, la discussion sur le retraitement des déchets est « encore plus éloignée ».

L'énergie nucléaire ne sera pas la solution au changement climatique

<https://www.foreignaffairs.com/articles/2021-07-08/nuclear-energy-will-not-be-solution-climate-change> [EN ANGLAIS SEULEMENT]

Article d'Allison Macfarlane dans le magazine Foreign Affairs de juillet 2021 Avant d'être nommée à l'école de politique publique de l'UBC, M^{me} Macfarlane était professeure de politique scientifique et d'affaires internationales à l'Université George Washington. Elle est titulaire d'un doctorat en géologie du MIT. De juillet 2012 à décembre 2014, elle a été présidente de la Commission de réglementation nucléaire des États-Unis, la seule personne ayant une formation en géologie à siéger à cette commission. De 2010 à 2012, M^{me} Macfarlane a fait partie de la Blue-Ribbon Commission on America's Nuclear Future, créée par l'administration Obama pour élaborer une stratégie nationale pour les déchets nucléaires de haute activité du pays.

Reconnaissant que « le monde est presque à court de temps en ce qui concerne la décarbonisation du secteur de l'énergie », M^{me} Macfarlane note l'intérêt du secteur privé et des pouvoirs publics pour une électricité nucléaire innovante.

Elle conclut toutefois que « compte tenu des longs délais de développement de prototypes à pleine échelle de nouvelles conceptions avancées et du temps nécessaire à la mise en place d'une base de fabrication et d'une clientèle pour rendre le nucléaire économiquement plus compétitif, il est peu probable que l'énergie nucléaire commence à réduire de manière significative notre empreinte énergétique en carbone, même dans 20 ans [...] »

Expérience actuelle et passée. M^{me} Macfarlane indique que de nombreuses centrales nucléaires ferment aux États-Unis, alors que le nucléaire lutte pour rester viable. Elle décrit les défis que représentent les coûts d'investissement et les délais de livraison de divers petits réacteurs modulaires en phase de démarrage, puis met en évidence leur principal défi, à savoir leur besoin en nouveaux combustibles, « qui doivent faire l'objet d'une autorisation et être produits, gérés pendant leur utilisation, stockés et éliminés une fois usés ». Beaucoup d'entre elles nécessitent un enrichissement plus élevé que celui pratiqué aux États-Unis et présentent également un risque de prolifération plus élevé. Elle décrit les importants dépassements de coûts et les retards actuels des mégaprojets nucléaires en cours de construction aux États-Unis, en France et en Finlande.

Énumérant les nombreux obstacles économiques, techniques et logistiques auxquels l'énergie nucléaire est confrontée, elle conclut que nous avons besoin d'un soutien gouvernemental fort en faveur des technologies existantes, facilement déployables et non émettrices de carbone, afin de sauver la planète du changement climatique, plutôt que de compter sur une « solution miracle » nucléaire.

Comparaison des coûts de l'énergie nucléaire

Rapport international de Lazard pour 2020, sur les coûts actualisés de l'électricité provenant de différentes sources. En dollars US par mégawatt, les coûts varient comme suit :

Source d'électricité	Fourchette des coûts actualisés par MWh	
Énergie éolienne	26 \$	54 \$
Énergie solaire à l'échelle des services publics	29 \$	42 \$
Énergie géothermique	59 \$	101 \$
Énergie nucléaire à grande échelle	129 \$	198 \$

Partie 2 – Les énergies 100 % renouvelables peuvent fournir une énergie fiable sans le nucléaire

Briser 3 mythes sur les énergies renouvelables et le réseau électrique

<https://e360.yale.edu/features/three-myths-about-renewable-energy-and-the-grid-debunked>
[EN ANGLAIS SEULEMENT]

Article dans Yale Environment 360, coécrit par :

Amory Lovins, écrivain américain, physicien, président et scientifique en chef du Rocky Mountain Institute. Un défenseur de longue date de la voie de l'énergie douce – augmentation de l'efficacité énergétique et des sources d'énergie renouvelable et avantages sociaux associés. M. V. Ramana, professeur et titulaire de la chaire Simons sur le désarmement, la sécurité mondiale et humaine à la School of Public Policy and Global Affairs (SPPGA), UBC. Il a obtenu son doctorat en physique à l'Université de Boston et a occupé des postes universitaires à l'Université de Toronto, au MIT, à Yale et à Princeton, travaillant sur l'avenir de l'énergie nucléaire dans le contexte du changement climatique et du désarmement nucléaire.

Ils abordent trois mythes qui ont empêché une large acceptation des énergies renouvelables en réponse au changement climatique.

Mythe 1 : Le premier mythe qu'ils réfutent est l'idée qu'« un réseau qui dépend de plus en plus des énergies renouvelables est un réseau peu fiable ». En utilisant les données du SAIDI de 2020 représentant la « durée moyenne des coupures de courant » subies par les clients, ils ont

montré des taux de coupure beaucoup plus faibles pour les réseaux dont la part d'électricité renouvelable est plus importante, tant en Europe qu'aux États-Unis.

Deuxième mythe : l'idée que « des pays comme l'Allemagne doivent continuer à compter sur les combustibles fossiles pour stabiliser le réseau et soutenir l'énergie éolienne et solaire variable ». Ils montrent comment, entre 2010 et 2020, les énergies renouvelables et les économies d'énergie de l'Allemagne ont plus que compensé les baisses significatives de l'énergie fossile et nucléaire, permettant l'utilisation d'énergies renouvelables à coût nul ou modeste, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

Mythe 3 : le cliché souvent répété que l'énergie solaire et éolienne ne peut pas être créée « quand le vent ne souffle pas ou que le soleil ne brille pas », elle ne peut pas être la base d'un réseau qui doit fournir du courant 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, 365 jours par an. Il s'agit là aussi d'un faux argument en faveur des sources d'énergie traditionnelles telles que le nucléaire. Si les combustibles fossiles et l'hydroélectricité présentent également une certaine vulnérabilité face aux ruptures d'approvisionnement en combustible ou aux faibles niveaux d'eau, ce sont les centrales nucléaires qui connaissent le plus grand nombre d'arrêts planifiés et non planifiés, notamment en France.

Au cours de la dernière décennie, les centrales nucléaires au Japon et aux États-Unis ont connu des interruptions de plus en plus fréquentes dues aux conditions climatiques et météorologiques. Les meilleures approches, qui peuvent s'appuyer sur des énergies renouvelables rentables, comprennent : l'utilisation des réseaux (intelligents) pour soutenir les centrales non fonctionnelles, des prévisions météorologiques précises pour permettre à certaines énergies renouvelables d'en soutenir d'autres, la résilience des énergies renouvelables locales, l'utilisation du stockage par batterie à mesure qu'il devient moins cher, la flexibilité de la demande et la diversité des sources – tant sur le plan géographique que technologique.

Remarque : Les arrêts non planifiés de centrales nucléaires font également partie de l'expérience canadienne. La station de Point Lepreau, au Nouveau-Brunswick, a connu des problèmes de fiabilité depuis sa remise à neuf en 2012, qui a coûté 2,4 milliards de dollars et duré quatre ans et demi. Depuis, 500 millions de dollars supplémentaires ont été nécessaires pour améliorer les immobilisations. Le dernier arrêt a duré 40 jours pendant la saison de pointe de la demande, à partir de janvier 2021, en raison de problèmes mécaniques.

Selon un professeur de Stanford, les États-Unis peuvent atteindre une énergie 100 % propre grâce au vent, à l'eau, au soleil et à l'absence de nucléaire

<https://www.cnbc.com/2021/12/21/us-can-get-to-100percent-clean-energy-without-nuclear-power-stanford-professor-says.html>

Article de Catherine Clifford, journaliste spécialiste du climat et de l'environnement Entretien de CNBC avec Mark Jacobson, professeur de [génie civil et environnemental](#) à l'[Université de Stanford](#) et directeur de son programme Atmosphère et énergie^[1]. M. Jacobson, qui a élaboré

des plans techniques et économiques visant à convertir l'infrastructure énergétique de 50 États, 143 pays (dont le Canada) et des dizaines de villes pour qu'elle soit alimentée à 100 % par le vent, l'eau et la lumière du soleil et sans nucléaire!

M. Jacobson estime que les États-Unis pourront répondre à leurs besoins énergétiques d'ici 2050 en utilisant 100 % de l'énergie éolienne, hydraulique et solaire. Il a établi une feuille de route pour la transition vers un réseau d'énergie propre d'ici 2035, dont 80 % seraient réalisés d'ici 2030.

La planification de la stabilité du réseau est essentielle compte tenu de la variabilité de l'énergie solaire et éolienne.

M. Jacobson note: « Mais il s'avère que, tout d'abord, lorsque vous interconnectez l'éolien et le solaire sur de vastes zones, ce qui se fait actuellement, vous uniformisez assez bien l'approvisionnement. »

« De la même manière, l'éolien et le solaire sont complémentaires et l'hydroélectricité est la solution de rechange parfaite, car on peut l'allumer et l'éteindre instantanément. »

Il note également que la tarification de l'électricité peut contribuer à déplacer la demande à l'extérieur des heures de pointe.

Enfin, la feuille de route actuelle de M. Jacobson comprend désormais l'utilisation innovante de batteries de quatre heures pour la stabilité du réseau, alors que les batteries de très longue durée doivent encore être commercialisées.

Répondre à la trame narrative concurrente de l'industrie nucléaire

Dans la dernière partie de l'article, M. Jacobson décrit le défi que représente le fait de devoir promouvoir la mise en œuvre urgente de la technologie existante en matière d'énergie renouvelable, en concurrence avec la promotion bien financée de l'innovation nucléaire, actuellement en développement à long terme et qui ne sera pas disponible pour une transition urgente.

Pour contrer le discours sur le nucléaire qui s'appuie sur la peur des pannes d'électricité, il faut montrer comment la stabilité du réseau est assurée. La combinaison énergétique de chaque État est conçue à l'aide de trois types de modèles : – la conversion de la demande actuelle en niveaux projetés pour 2050, un modèle météorologique qui prévoit les champs de vent et de soleil toutes les 30 secondes, et enfin un modèle qui fait correspondre la demande de 2050 à l'offre d'énergie provenant du vent, de l'eau et du soleil toutes les 30 secondes.

Les énergies renouvelables contre le nucléaire : 256-0

<https://www.pv-magazine.com/2021/09/28/renewables-vs-nuclear-256-0/> [EN ANGLAIS SEULEMENT]

Article dans le magazine PV du 28 septembre 2021 par Emiliano Bellini, interviewant Mycle Schneider, consultant nucléaire français, expert en charge de base et auteur principal du *World Nuclear Industry Status Report (WNISR) 2021*.

M. Schneider explique que « l'énergie nucléaire n'est pas pertinente sur le marché de la capacité électrique d'aujourd'hui » et souligne la baisse de 4 % de l'énergie nucléaire produite alors que l'énergie renouvelable non hydraulique a augmenté de 14 %. Cette situation est causée par plusieurs facteurs.

Les coûts des énergies renouvelables en baisse

« À l'échelle mondiale, le coût des énergies renouvelables est désormais nettement inférieur à celui de l'énergie nucléaire ou du gaz. » À titre d'exemple, aux États-Unis, le coût moyen actualisé de l'électricité du solaire photovoltaïque est passé de 64 \$/MWh en 2015 à 37 \$/MWh en 2020, tandis que le coût moyen actualisé de l'électricité du nucléaire est passé de 117 \$/MWh à 163 \$/MWh.

Le WNISR prévoit que « d'ici 2050, les coûts de l'énergie solaire photovoltaïque devraient représenter un cinquième de ceux de l'énergie nucléaire, dans l'UE, en Chine, en Inde et aux États-Unis ». De même, l'AIEA prévoit « une baisse importante et continue des coûts de l'énergie éolienne et solaire en mer ».

La longueur du délai de construction d'une nouvelle centrale nucléaire par rapport à l'urgence climatique

Le rapport décrit le temps nécessaire à la construction des réacteurs existants, à savoir un délai moyen de 10 ans entre le début de la construction et le raccordement au réseau.

M. Schneider critique particulièrement les propositions de conception et de construction de nouveaux réacteurs de « quatrième génération » :

« Nous n'avons tout simplement pas le temps de gaspiller l'effort, l'intelligence, la main-d'œuvre et le financement pour des technologies fantaisistes qui pourraient ou non fonctionner, plus probablement dans les années 2030 ou 2040, alors que des concepts abordables, de l'efficacité aux énergies renouvelables, sont facilement disponibles. » Il cite l'exemple de l'investissement de Bill Gates dans les petits réacteurs modulaires à partir de 2006 : « Quinze ans plus tard, il n'a rien à montrer – aucune conception sous licence nulle part, aucun site, aucun prototype ». Il cite également l'échec des projets en Russie et en Chine.

Remarque : lors d'un webinar organisé par la School of Public Policy de l'UBC en octobre 2021, Mycle Schneider a présenté sa réflexion sur le changement conceptuel en cours : « Le solaire et l'éolien couvrent à eux seuls une grande partie de ce que l'on appelait autrefois la "charge de base" ». Il a précisé que « le concept de charge de base a fondu comme neige au soleil. Le nucléaire ne dispose pas de cet espace, mais il est en concurrence directe. » Il a suggéré que le meilleur système est celui qui comporte de multiples sources et une modification de la conception du système pour en tirer le meilleur parti.

Partie 3 : Les PRM ne sont pas une solution pour l'industrie nucléaire ou le climat

Les petits réacteurs modulaires peuvent-ils contribuer à atténuer le changement climatique? (Annexe 3 Pages X à X)

<https://doi.org/10.1080/00963402.2021.194160>

Article publié en ligne le 21 juillet 2021 et par Bulletin of Atomic Scientists 2021, vol. 77, coécrit par : Arjun Makhijani est président de l'Institute for Energy and Environmental Research (IEER) et l'auteur de Prosperous, Renewable Maryland : Roadmap for a Healthy, Economical and Equitable Energy Future. M. V. Ramana est titulaire de la chaire Simons sur le désarmement et la sécurité mondiale et humaine à l'École de politique publique et d'affaires mondiales de l'Université de Colombie-Britannique.) Ancien membre du Conseil pour la science et la sécurité du Bulletin et membre du Groupe international sur les matières fissiles, du Groupe Pugwash canadien, du Groupe international d'évaluation du risque nucléaire et de l'équipe qui produit le rapport annuel sur l'état de l'industrie nucléaire mondiale.

Les auteurs appliquent neuf perspectives différentes pour examiner les récentes affirmations concernant les propositions de petits réacteurs modulaires (jusqu'à 300-345 MW d'électricité) dans la lutte contre le changement climatique, comme suit.

Typologie – Plusieurs entreprises en démarrage proposent divers nouveaux modèles qui se répartissent en deux types : – Les réacteurs à eau légère, dont la licence pourrait être accordée avec une complexité moindre compte tenu de la similitude avec la technologie existante, par opposition à de nouvelles conceptions utilisant une série de nouveaux combustibles, modérateurs et réfrigérants.

Économie et échelle – Les auteurs concluent que, faute d'économies d'échelle par rapport aux grands réacteurs, la compétitivité des PRM par rapport aux autres sources d'énergie sera difficile. L'expérience historique met en doute les allégations d'efficacité obtenues par la production de multiples d'un modèle. La production de masse nécessiterait un volume de demande très improbable.

Fabrication en série – Il faudrait pour cela résoudre les problèmes rencontrés dans le passé, notamment les modèles à eau légère nécessitant le remplacement de gros générateurs de vapeur coûteux.

Les résultats du développement des PRM au cours de la dernière décennie n'ont pas été à la hauteur des prévisions, avec la conception la plus avancée de l'eau légère – Nuscale – dont le déploiement n'est maintenant prévu que pour 2029-2030, malgré un financement public important et une révision de certification prévue à l'origine pour 2015, et les estimations de coûts, sans que la construction n'ait encore commencé, sont passées de 4,8 milliards de dollars en 2018 à 6,1 milliards de dollars en 2020. À l'heure actuelle, certains clients des services publics d'origine abandonnent.

Les antécédents des technologies PRM à eau non légère proposées sont examinés à partir de l'histoire de leur recherche et développement et les échecs passés sont notés. Il s'agit notamment des réacteurs « refroidis au sodium », des réacteurs refroidis au gaz à haute température et des réacteurs à sels fondus.

D'autres défis sont examinés : La réglementation; les risques de prolifération; les coûts permanents des déchets du combustible usé, qui s'ajoutent aux décennies précédentes, y compris les nouveaux problèmes propres aux déchets spécifiques des nouvelles technologies; et les risques commerciaux liés à l'installation d'usines à grande échelle face à une demande incertaine.

Conclusion : Les auteurs concluent, à la lumière de leur analyse technique et économique, ce qui suit :

« Il n'y a aucune perspective réaliste que les petits réacteurs modulaires puissent contribuer de manière significative à la nécessité d'une transition rapide vers un système électrique sans carbone. Y investir, c'est jeter de l'argent par les fenêtres. »