

Croire en la surgénération. Les transformations d'une utopie nucléaire

Martin Denoun, Claire Le Renard, Ange Pottin

DANS **FLUX** 2025/4 n° 142 , PAGES 71 À 89

ÉDITIONS **UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL**

ISSN 1154-2721

DOI 10.3917/flux1.142.0071

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://shs.cairn.info/revue-flux-2026-5-page-71?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour Université Gustave Eiffel.

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur cairn.info/copyright.

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.



Croire en la surgénération. Les transformations d'une utopie nucléaire

Martin Denoun, Claire Le Renard, Ange Pottin

INTRODUCTION

Depuis les années 1940, une idée issue d'une équation neutronique anime les spécialistes du nucléaire : en convertissant, à l'intérieur de réacteurs nucléaires adaptés, la totalité de l'uranium 238, isotope non fissile de l'uranium, en plutonium 239 fissile, on multiplierait par 100 la ressource disponible, garantissant l'approvisionnement pour des siècles tout en réutilisant la majeure partie du combustible irradié. Cette idée d'abondance énergétique et d'équilibre matériel par le nucléaire a pris pour nom la « surgénération » et habite encore aujourd'hui certains discours de promotion du nucléaire en contexte d'urgence climatique.

Dès les années 1950, dans de nombreux pays, la technologie de réacteurs à neutrons rapides (RNR) permettant cette conversion a été mise à l'étude. Des dispositifs expérimentaux ont été construits : d'abord des « maquettes » et réacteurs de laboratoires, assortis de leurs ateliers de traitement des combustibles, puis des réacteurs destinés à produire de l'électricité, à une échelle de plus en plus grande. Mais dans les pays occidentaux, les différents programmes ont été ralentis, différés puis abandonnés au fil des décennies 1970 à 1990 (Camp, 2018 ; Denoun, 2022 ; Finon, 1989 ; Fjaestad, 2015 ; Keck, 1980 ; Le Renard, 2021 ; Lehtonen, Lieu, 2011 ; Sauvage, 2013). En parallèle de ces abandons de

RNR, des réacteurs nucléaires de technologies plus éprouvées étaient industrialisés, sans être pour autant auréolés de la vision d'abondance liée à la « surgénération ».

Les arrêts de programmes RNR font l'objet des explications les plus contrastées : en France, selon les acteurs du secteur nucléaire, l'abandon de projets conséquents s'explique par un « manque de soutien » financier, politique ou institutionnel. À l'opposé, la surgénération et la manipulation massive de matériaux très radioactifs¹ qu'elle nécessite sont jugées non viables par d'autres, car spécialement dangereuses pour un bénéfice énergétique non avéré : en résumé, une « société du plutonium [...] moralement indéfendable et techniquement sujette à caution »². L'étude et la mise en œuvre de projets de réacteurs à neutrons rapides « surgénérateurs » ont été marquées par des épreuves³ qui ont entamé leur crédibilité. Comment, dès lors, expliquer la longévité et la durabilité de l'idée de surgénération malgré ces épreuves et les arrêts des programmes ?

Cet article s'organise autour de l'hypothèse suivante : la force de l'idée de surgénération tient en partie au fait que ce terme désigne moins une opération technique qu'une utopie. On peut définir préliminairement l'*utopie* comme un genre de discours à la fois fictif et performatif, décrivant une

société imaginaire d'une manière qui rend sa réalisation désirable. Les promoteurs de la surgénération s'inscrivent dans la lignée de plusieurs utopies techniques et politiques. La première, qui remonte au XVII^e siècle, a été formulée dans *La nouvelle Atlantide* de Francis Bacon (Bacon, 2012 [1702]), qui décrit une société de savants œuvrant pour le bien de tous, jouissant d'une grande autonomie, source d'autorité et financée par un État à la politique ordonnée et conservatrice (Bierman, 1963). Émilie Hache a montré comment cette utopie s'inscrivait dans une vision patriarcale du monde, où le pouvoir presque instantané de production technique de l'opulence doit l'emporter sur les exigences de la subsistance (Hache, 2024), vision qui caractérise bien la pensée des savants nucléaristes dont il est question ici. La seconde lignée, qui remonte au XIX^e siècle, est le saint-simonisme, où des ingénieurs formés par l'État organisent de façon rationnelle, autour de grands réseaux techniques, la relation de la société aux ressources qu'elle utilise (Picon, 2002).

L'impressionnant développement des sciences et techniques nucléaires dans la première moitié du XX^e siècle a pu raviver chez certains physiciens, ingénieurs, économistes et industriels des échos de ces utopies (Fressoz, 2022). Avec la découverte expérimentale de la fission et de la surgénération nucléaires dans les années 1930, on pouvait désormais accéder aux vertus les plus secrètes de la nature et étendre l'empire de l'esprit humain vers le cœur de la matière. Avec le projet Manhattan, un groupe de savants et d'industriels financé à fonds perdu par l'État a pu mettre au point en peu de temps une grande infrastructure de production nucléaire (McCray, 2004), offrant par là un précédent historique qui rendait pensable la réalisation d'une nouvelle Atlantide de la *Big Science*. Le mouvement *Atoms for Peace* initié par les États-Unis promouvait la vision d'un ordre nucléaire mondial désirable, apportant modernité et abondance aux

pays du « Tiers-monde » (Krige, 2010). Le traitement à grande échelle du plutonium a été l'occasion de mettre en place des complexes industriels et d'habitation utopiques à Hanford (États-Unis) et à Mayak (URSS) (Brown, 2024). La nationalisation de l'infrastructure électrique dans l'après-guerre en France, animée de l'idéologie d'une électricité abordable pour tous et toutes, fournissait un modèle d'organisation étatique pacifique pour le bien commun (Hecht, 2004 ; Yon, 2016). L'utopie baconienne de la surgénération naît dans ce creuset technico-politique.

Des travaux de SHS sur le nucléaire mobilisent la notion d'utopie, mais elle dérive de catégories d'acteurs et ne fait pas l'objet d'une définition (Brown, 2024 ; Fressoz, 2022 ; Krige, 2010). Par utopie *technique*, nous entendons plus précisément une vision du futur qui prétend, par une redéfinition des relations entre la technique et la nature, inaugurer un nouveau temps. Si la force d'une telle utopie est suffisante, elle peut alors générer des développements matériels considérables et persister bien après leur arrêt. Elle doit cependant être distinguée d'autres concepts tels que les promesses technoscientifiques ou les imaginaires sociotechniques, qui contribuent également à orienter le développement des technosciences. L'économie de la promesse technoscientifique permet d'obtenir des moyens au sein d'un régime compétitif de financement de la recherche (Joly, 2010), ce qui a été bien montré par les travaux de sociologie des *expectations* (Borup et alii., 2006, Van Lente, 1993). L'imaginaire sociotechnique, quant à lui, a partie liée avec la construction des nations (Jasanoff, Kim, 2015). L'utopie, si elle entretient des liens avec la promesse et l'imaginaire, dessine cependant un horizon qui les dépasse : pour les promoteurs de la surgénération, il ne s'agit pas seulement d'attirer des investissements, mais de redéfinir les relations entre la technique et la nature pour remédier pour des millénaires aux problèmes d'approvisionnement énergétique. Face à une telle

caractérisation, il nous est souvent demandé : mais y ont-ils vraiment cru ? Pour répondre à cette question plus profonde qu'il n'y paraît, et de manière ne pas réduire l'utopie au rapport peu contraignant qu'elle entretiendrait aux pesanteurs du réel, nous partons d'une approche pragmatiste de la croyance.

La force d'une idée se mesure à l'aune de la croyance qu'elle génère. Pour se maintenir dans le temps, il faut que des acteurs croient à cette idée, la défendent contre des contradicteurs éventuels, la diffusent dans de nouvelles arènes. Cependant, les motifs de croyance sont toujours divers et varient généralement sur un axe qui va de la foi la plus ardente au calcul stratégique le plus froid. Nous partons ici d'une conception de la croyance qui englobe l'ensemble de ces motifs car elle ne s'inscrit pas dans une opposition dualiste à ce qui relèverait de la connaissance⁴. Repartant des conceptions de Peirce pour qui la croyance est une disposition à agir, nous analysons la croyance en la surgénération du point de vue de ses effets : quels discours, quels programmes, quelles réalisations matérielles et quelles controverses sont générés par cette croyance ? Pour Peirce, la croyance engendre un cours d'action relevant d'une démarche d'enquête qui va permettre à la croyance de se fixer plus ou moins profondément (Peirce, 1877)⁵. Née dans le *Metallurgical Laboratory* d'Enrico Fermi à Chicago enrôlé dans le projet Manhattan, la croyance en la surgénération n'est pas un pur contenu mental, mais un ensemble d'actions expérimentées. Afin d'éviter les écueils d'une histoire rétrospective qui disqualifierait par avance une utopie considérée comme irréalisable, une telle conception de la croyance appliquée à l'utopie surgénératrice permet de se rendre attentif aux manières dont cette croyance se stabilise ou se modifie face aux épreuves qu'elle génère et rencontre. Si certains travaux ont insisté à raison sur l'importance du gouvernement de la critique nucléaire (Topçu, 2013), nous avançons néanmoins que les variations des formes utopiques ne

peuvent être réduites à une économie de discours visant simplement à convaincre et enrôler. Elles produisent des formes d'attachements et façonnent les pratiques des acteurs aux prises avec le projet utopique.

Or, l'une des spécificités de l'utopie surgénératrice est qu'elle a généré énormément de faits : des équations, des calculs, des procédés, des usines chimiques, des matières et des matériaux, des formations, des normes, des machines, en somme toute une infrastructure matérielle et épistémique (Coutard, 1999 ; Edwards, 1998 ; Sar, Ruhleder, 1996). Mais la signification à accorder à cette accumulation de faits donne lieu à des affrontements entre acteurs, où se joue le renforcement ou l'affaiblissement de l'utopie surgénératrice. Pour certains, elle a contribué à rendre « tangible » (Chateauraynaud, 2004) l'utopie : des morceaux en ont déjà été mis en place, des preuves partielles de notre capacité future à la réaliser ont été administrées. Pour d'autres, elle fournit au contraire une preuve de l'infaisabilité du système technique sur lequel repose l'utopie : les investissements massifs réalisés n'ont pas empêché le repli de ces programmes à partir des années 1970. Cet affrontement ne se résout pas sur le mode d'une corroboration ou d'une réfutation expérimentales, mais se déroule comme une série d'épreuves que l'utopie génère et rencontre. Dès lors, comprendre la permanence de l'utopie surgénératrice exige de reconnaître qu'elle ne se maintient pas dans le temps sans se transformer : ce qui, à une époque, a pu être compris comme l'aboutissement presque nécessaire de l'énergie nucléaire, est devenu, au gré des épreuves traversées dans différentes arènes au sein de l'industrie, une possibilité pour le futur, dont la crédibilité est maintenue par le fait que des morceaux en ont été réalisés dans le passé ; ce que l'on décrira ici comme un passage de l'utopie d'un mode majeur à un mode mineur.

L'enquête a été menée auprès des acteurs qui ont promu et perpétué l'idée de surgénération, des années 1950 aux années 2020. Le matériau est issu de trois thèses, menées à partir d'enquêtes empiriques fouillées à la recherche des discours originaux des acteurs du secteur nucléaire (Denoun, 2022 ; Le Renard, 2021 ; Pottin, 2022). Ce matériau totalise collectivement la réalisation de 150 entretiens, la consultation de 150 boîtes d'archives, ainsi qu'un très large corpus de littérature grise. Les archives sont issues de fonds privés, conservés par d'anciens cadres d'Électricité de France (EDF), du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et du Syndicat national du personnel de l'énergie atomique (SNPEA), ainsi que de fonds institutionnels : Archives nationales, EDF-Archives, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Les entretiens ont été menés auprès d'une grande variété d'acteurs (des responsables politiques, industriels et administratifs, des physiciens et des chimistes, et des ingénieurs) liés aux institutions principales du secteur nucléaire (ministères, parlement, hautes administrations, EDF, CEA, COGEMA, ASN, IRSN⁶) et engagés dans des projets allant des années 1950 aux années 2020. Enfin, la littérature grise concerne les nombreux rapports et documents techniques produits par ces acteurs.

Dans cet article, nous allons suivre ces transformations rencontrées par l'utopie surgénératrice en France depuis les années 1970 en nous concentrant sur quelques arènes parmi les nombreuses où elle fut mise à l'épreuve. Dans une première section, nous analyserons les traits de ce que nous proposons de nommer le mode majeur de l'utopie surgénératrice : l'aboutissement nécessaire de l'énergie nucléaire et une voie du salut énergétique de l'humanité, avancée pour mobiliser les investissements dans un marché nucléaire en formation. Dans une deuxième section, nous suivrons des ingénieurs et leurs directeurs, aux prises avec les difficultés de réaliser la matérialisation de l'utopie. Cette

« vignette » décrit les tensions générées, entre ces acteurs, par la traduction économique de matérialités nécessaires à la mise en œuvre de la surgénération. Dans une troisième section, nous examinons la manière dont cette utopie se maintient dans le temps à travers ce que nous appelons le mode mineur de l'utopie surgénératrice : la technologie nucléaire des réacteurs à neutrons rapides conçue comme une technologie d'assurance qu'il faut maintenir disponible dans le futur. Ces trois modes d'existence ne sont pas chronologiques, au sens où ils coexistent et voient leur poids relatif varier dans le temps.

« HEUREUSEMENT, CES RÉACTEURS QUI NOUS ASSURENT L'AVENIR SONT LÀ » : LE MODE MAJEUR DE L'UTOPIE SURGÉNÉRATRICE

La surgénération recouvre une utopie technique radicale : les savants nucléaires y voient une technologie en mesure de sauver la société humaine en modifiant radicalement son rapport aux ressources naturelles. Théoriquement capable de démultiplier les réserves d'uranium en transformant une large part des résidus nucléaires en un gisement artificiel, la surgénération pourrait assurer l'approvisionnement énergétique sur les millénaires à venir, sans rien extraire de la croûte terrestre. Ainsi, un ingénieur interrogé dans une récente audition parlementaire⁷ a pu avancer que, grâce à la surgénération, les 320 000 tonnes d'uranium appauvri, autrement inutilisables, détenues par l'industrie française représentaient l'équivalent de « 500 fois le charbon [consommé] depuis le XIX^e siècle pour produire de l'électricité » (OPECST, 2021, p. 135). La surgénération fournit ainsi la pointe ultime du développement du nucléaire, et même, selon certains acteurs, son aboutissement nécessaire. Comme nous allons le voir dans cette section, cette idée a notamment été mise en avant par les élites du secteur nucléaire pour motiver le déploiement industriel de cette énergie.

réacteurs surrégénérateurs¹⁴ permettent d'extraire de l'uranium cinquante à cent fois plus d'énergie et nous assurent l'avenir ». Et, ce faisant, ceux-ci nous sauvent d'une perspective bien sombre. Sans nucléaire surgénéré, « on assistera [...] à une course aux ressources qui n'exclura pas les solutions de force » ; en effet, « il serait illusoire de croire que les deux tiers de la planète pourraient se laisser condamner au désespoir énergétique sans réagir ». L'idée de surgénération permet ainsi, à une époque où la France est soupçonnée de faire le jeu de la prolifération nucléaire¹⁵, un saisissant retournement : en démultipliant les sources de matériaux hautement fissiles, on ne prépare pas la guerre, mais on assure la paix mondiale en contrant le désastre de la pénurie, et en ouvrant au « Tiers-monde » la voie de l'abondance énergétique.

Quels sont les ressorts de cette démonstration ? Pour mobiliser les troupes, Giraud, charismatique porte-parole du nucléaire surgénéré, s'appuie sur une panoplie d'opérations épistémologiques courantes dans la prospective nucléaire, mais qu'il rend d'autant plus saillantes qu'il leur donne un rôle rhétorique central.

Notons tout d'abord que cette démonstration vient ramasser, en un nombre très limité de prémisses simples, le problème de la justice énergétique à l'échelle planétaire. Celui-ci se voit ramené à un nombre donné de tonnes équivalent pétrole qu'il s'agit d'extraire, de produire, de répartir et de consommer. C'est ce genre d'abstraction qui est à l'œuvre dans les grandes équivalences qui structurent l'idée de surgénération, telle que celle entre de l'uranium appauvri entreposé dans de grands hangars et deux siècles de consommation mondiale de charbon. Or, dans ces équivalences, ce sont non seulement les qualités matérielles des matériaux et des opérations techniques, mais aussi les relations sociales entre les différents acteurs de la production énergétique qui se voient remises dans un

lointain arrière-plan – ce n'est pas la même chose d'extraire du pétrole et de manipuler du plutonium hautement critique et par ailleurs susceptible d'être détourné pour faire des bombes –, au profit d'une vision « déterrestree » de l'infrastructure nucléaire (Pottin, 2024). La surgénération s'insère dans une prospective énergétique qui a été réduite à un jeu de grandeurs abstraites et homogènes.

Du même coup, cette abstraction vient grandement simplifier le « paysage temporel » (Adam, 2005 ; Bensaude-Vincent, 2021) des questions énergétiques : celui-ci devient une ligne unique que suit une humanité homogène et sur laquelle elle ne parvient, faute de solution technique adéquate, qu'à s'offrir de brefs « sursis ». Contre cette perspective tragique, l'idée de surgénération vient ouvrir un paysage temporel radicalement modifié, quoique tout aussi pauvre en relief : celui d'un équilibre énergétique parfait, une forme d'état de stase qui s'étendrait pendant des millénaires : « la France a, sur étagère », dit un ingénieur du CEA dans une vidéo de la Société française d'énergie nucléaire, « du plutonium et de l'uranium, lui permettant, sans mines d'uranium et sans enrichissement de l'uranium, de produire de l'énergie pendant des milliers d'années¹⁶ ». Ainsi, cet horizon temporel fait des résidus nucléaires la voie de l'utopie énergétique du futur, tout en négligeant leurs longues périodes radioactives¹⁷.

Mais alors, on voit poindre une utopie qui n'appartient pas en propre au nucléaire, ni même aux enjeux énergétiques. Cette utopie, c'est celle d'une société industrielle qui s'alimenterait, pour se perpétuer, de sa propre dynamique productive, en toute autonomie, sans mobiliser les milieux naturels. Comme le dit un rapport de 1976, « sur le long terme, [...] le nucléaire offrira une solution massive quasi-certaine, celle des surrégénérateurs », qui « ont un mérite tout à fait exceptionnel pour un pays comme la France : l'énergie primaire devient

un simple sous-produit de la production d'énergie secondaire¹⁸ ». Cette représentation s'inscrit dans la lignée de la vision patriarcale du monde dont Émilie Hache a retracé une genèse intellectuelle : celle qui entend voir la *production*, appuyée sur une maîtrise de la nature, associée aux hommes et à la science moderne, remplacer la *génération*, reléguée à un statut secondaire de reproduction et dévalorisée, associée aux femmes et à la nature : « on n'accompagne plus la (re)génération du monde par des rituels et une immense attention, on le produit et on le reproduit, sans limites. Il s'agit désormais de s'affranchir (de) – ou dominer – la nature¹⁹ » (Hache, 2024, p. 18).

Quelle est la forme politique de cette utopie technique ? Le discours de Giraud dessine également un ordre politique national et international où les acteurs du nucléaire occupent une place de choix. À l'échelle nationale, « l'État » se trouve dans la position d'arbitre et ce sont « nous, les techniciens, qui devons fournir les termes du choix » ; les questions telles que « par quoi le nucléaire serait-il remplacé » et « où vaut-il mieux investir le franc marginal » sont « autant de questions dont la réponse ne peut être que le fruit d'une étude qui, à la limite, ne peut être faite que par des experts ». À l'échelle internationale, Giraud soutient que « c'est par une coopération internationale honnête que sera apporté au monde le meilleur bénéfice de cette énergie nucléaire dont il ressortira un besoin croissant ». À un moment où le nucléaire fait l'objet d'attaques concernant le risque de prolifération des armes nucléaires, où certains voient dans la « *plutonium economy* » les germes d'une société en état de mobilisation policière et guerrière permanent²⁰, le nucléaire surgénéré vient fournir au marché libre des matières fissiles un horizon pacificateur.

Comment expliquer, donc, la longévité de l'idée de surgénération ? Cette idée prend la forme d'une utopie qui vient couronner et donner tout son sens

– à la fois direction et signification – au développement nucléaire : bien ordonné, le nucléaire aboutit nécessairement à une refonte des relations entre les humains et les ressources énergétiques qui permet l'avènement d'un ordre juste à l'échelle mondiale. Dans cette utopie, les savants nucléaires détiennent un rôle majeur. On comprend qu'elle puisse, pour certains d'entre eux, devenir un objet de foi – et, de fait, résister aux épreuves qui entament sa crédibilité.

« UN PROBLÈME DONT LA SOLUTION N'EST PAS TOUT À FAIT CERTAINE » : PEUT-ON MATÉRIALISER UNE UTOPIE ?

Cette foi dans le développement technique a suscité des vocations. À la fin d'un entretien de plus en plus chargé du deuil d'un prototype fermé (Superphénix, on y reviendra), un ingénieur en retraite confiait que son choix de carrière avait été orienté par une conférence d'André Giraud à laquelle il avait assisté lors de ses études. L'abandon du prototype objet de tant d'efforts n'expliquait pas toute sa tristesse : à travers la surgénération, c'est à la résolution des injustices planétaires que l'étudiant ingénieur avait voulu dédier sa carrière²¹. Ainsi, dans les années 1970, certains ingénieurs des projets de réacteurs à neutrons rapides pensaient travailler pour « l'avenir énergétique de l'humanité » (Sauvage, 2009, p. 12). Ils ambitionnaient de réaliser l'utopie surgénératrice à travers ce qui semblait premier : le réacteur « surrégénérateur ». Ce faisant, les qualités matérielles des objets comme des opérations techniques ont fait irruption dans les pratiques quotidiennes des professionnels qui les manipulaient, tout autant que dans les cénacles parisiens qui réunissaient leurs directions. Les archives témoignent de moments de friction entre la croyance dans la surgénération et ce qui pourrait apparaître comme des réfutations empiriques, échelonnés au fil des années 1970.

Peut-on jalonner la réalisation d'une utopie ? En France, depuis les années 1950, plusieurs projets ont tenté de mettre en œuvre la surgénération, cette idée si séduisante sur le tableau noir des équations de physique neutronique. Dans les années 1960, un premier réacteur expérimental, appelé Rapsodie pour « RAPide SODium », a été construit par le CEA à Cadarache, sous les auspices d'Euratom. Puis le projet de réacteur nommé « Phénix » a été chargé de démontrer la possibilité matérielle de faire fonctionner un réacteur à neutrons rapides à une échelle massive, 250 MW, taille à l'époque d'une centrale industrielle brûlant du charbon. Ce projet, soutenu au plus haut niveau de l'État, résonnait avec une vision gaulliste tant de la technique que de la souveraineté nationale. Au début des années 1970, la fin de ce chantier était menée tambour battant à Cadarache.

La perspective de l'époque consistait à réaliser la surgénération à l'échelle industrielle avec des réacteurs de grande taille – au moins 1000 MW – et les usines liées. Mais certains des ingénieurs travaillant au prochain réacteur avaient des doutes sur les conditions de faisabilité de la surgénération industrielle. Les promoteurs de la surgénération décalquent l'économie sur l'abstraction énergétique. Le prix de revient serait « intéressant à partir d'un combustible pratiquement inépuisable », écrivait un ingénieur de la direction des Études et Recherches d'EDF en 1970. Il soulignait pourtant les difficultés de la transcription de lois neutroniques dans des projets d'ingénierie : « la mise au point de réacteurs rapides surrégénérateurs économiquement et industriellement fiables est encore un problème très difficile et dont la solution n'est pas absolument certaine. »²² Au sein des équipes du CEA, en 1969, un ingénieur du corps des Mines cherchait à alerter sur les dangers de la croyance en la surgénération : il adressait au conseiller technique du ministre du Développement industriel et scientifique une note exposant que la

surgénération ne pouvait être rentable, dénonçant au passage la constitution du « mythe » de la surgénération (Padovan, 2024, p. 98-99). Dans un journal amateur circulant dans les équipes du CEA, questionnait : « Croit-on sérieusement qu'après traversée du désert, l'arrivée dans la terre promise de la surrégénération va faire disparaître toutes les difficultés ? »²³

Ces tensions se sont exprimées dans les discussions animées des années suivantes, entre les directeurs des institutions portant les projets nucléaires. Le langage de la rentabilité et de l'économie a été traduit et transporté dans des réunions parisiennes les qualités matérielles et les relations sociales, laissées de côté par les mises en équivalences de l'abstraction énergétique. En 1971, en effet, est actée la collaboration entre EDF et CEA pour la conception d'un grand réacteur de l'ordre de 1000 MW – finalement 1200 MW – nommé Superphénix. Le montage prévu pour Superphénix consiste en un projet porté par trois compagnies électriques dans trois pays, la France, l'Allemagne, l'Italie. Une doctrine de financement public du « surcoût de l'innovation » y prévaut : le montant dépassant celui d'une centrale nucléaire industrielle « de référence » doit être couvert par une subvention étatique. Le raisonnement qui permet de financer la matérialisation de l'utopie surgénératrice repose sur une comparaison avec le nucléaire industriel.

Le chiffrage économique d'un kWh produit par Superphénix, et plus encore de la part correspondant à un « surcoût de l'innovation », va devenir l'enjeu de discussions animées entre EDF et le CEA : André Giraud ne souhaite pas voir la ligne budgétaire de son établissement préemptée par le « surcoût de l'innovation » d'un réacteur de grande taille, qui risque d'être élevé. Un groupe de travail « Aspects économiques » présidé par Georges Vendryes²⁴ rend son rapport en mars 1972 : dans des termes optimistes, il aligne le futur industriel sur l'utopie

surgénératrice et souligne « l'avantage économique offert par les centrales à neutrons rapides ». Le raisonnement repose sur plusieurs opérations. D'une part, la séparation entre Superphénix et la « filière » – devenant ici synonyme du modèle de centrale suivant, chargé de réaliser la surgénération industriellement²⁵. D'autre part, des hypothèses fortes concernant la baisse de coût future, « les variations de coût d'une centrale à l'autre provenant aussi bien de l'effet de taille²⁶ que du progrès technique réalisé ». Enfin, le rapport prévoit « l'abaissement du coût du cycle du combustible » et conclut : « Nous croyons pouvoir accorder suffisamment de crédibilité à ces hypothèses pour affirmer que la filière à neutrons rapides a des chances réelles de s'imposer par sa compétitivité. »²⁷

Le montage de ce projet est suivi de près par les directions d'EDF et du CEA, qui confient l'évaluation économique à une nouvelle équipe bicéphale. Le chiffrage, étayé par des devis plus précis, s'élève au niveau le plus haut envisagé dans la fourchette d'incertitudes des hypothèses précédentes. Vont alors se succéder des moments d'épreuves et de confrontation : comment une utopie aussi séduisante peut-elle se matérialiser dans de premières installations aussi coûteuses ? Début 1973, le représentant du ministère de l'Industrie demande si le but n'est pas de « gonfler la subvention demandée à l'État »²⁸. Au sein d'EDF, les économistes et la direction de l'Équipement calculent et recalculent, mais le coût du réacteur reste élevé, et EDF demande au CEA un schéma permettant de garantir le « bénéfice prévu sur la ligne recharge » – puisque charger un réacteur avec du combustible issu de la surgénération devrait, logiquement, être moins coûteux que l'achat d'uranium. Fin 1973, le directeur général d'EDF rappelle que la solution de référence, cadrant le calcul économique, serait de « ne pas faire le 1200 MW ». Le ministère des Finances bloque le projet dans l'attente d'un plan de financement conjoint à EDF et au CEA – qui ne parviennent

pas à s'accorder sur le chiffrage total ou la clé de répartition entre les établissements. L'abstraction surgénératrice achoppe sur les qualités matérielles et les relations sociales qu'elle avait remises dans l'ombre.

En juin 1975, plusieurs rapports et devis permettent de préciser les coûts. Contre toute attente, l'évaluation du coût de construction de Superphénix a doublé depuis le rapport de mars 1972, alors que l'inflation explique un facteur 1,45 seulement. Le coût des installations et des opérations nécessaires au « cycle » ne peut pas compenser le surcoût du réacteur ; au contraire il s'avère « nettement plus cher que l'eau légère²⁹ ! » annote Marcel Boiteux, directeur général d'EDF.

Entre les équations, la prospective énergétique et l'utopie surgénératrice, le passage a été comme immédiat, mais de l'utopie à la matérialisation, le chemin est tourmenté, pavé d'épreuves, jalonné de mises en équivalences et de traductions contestées. Pour certains des acteurs, ces épreuves constituent des réfutations de la possibilité de construire des installations industrielles réalisant la surgénération dans un avenir temporel raisonnable. Début 1976, Superphénix est bloqué mais l'utopie surgénératrice demeure.

En avril 1976, l'Élysée annonce la réalisation de Superphénix au titre de la diplomatie technique franco-allemande. Sensibles à la position d'André Giraud qui cherchait à préserver le budget du CEA, les services de l'État ont tranché l'épineuse répartition des coûts de manière que le surcoût soit pris en charge par la facture d'électricité, bien au-delà du coût prévu par la doctrine. Cependant, certains des directeurs, confrontés depuis quatre ans au « problème très difficile » de l'ingénierie et l'économie de ces programmes, n'adhéraient plus à l'utopie surgénératrice dans un futur proche. Le mouvement du combustible surgénéré ne s'effectuait pas sans frottements. Loin d'autoriser des économies permettant

d'être plus dispendieux sur les devis d'un réacteur innovant, la matérialité du « cycle » se réinvitait à travers son coût élevé.

L'engagement de Superphénix était acté, mais les directeurs d'EDF ont demandé aux ingénieurs de retourner à leurs tables à dessin pour concevoir un réacteur de la « filière », économique et optimisé. Un rendez-vous leur a été donné pour 1979, mais la copie n'a pas été jugée suffisamment probante pour envisager la réalisation de la surgénération sous la forme d'un parc industriel. Dès ce moment, la *Revue Générale Nucléaire*³⁰ publie des prises de parole de cadres dirigeants d'EDF qui reprennent au conditionnel les termes de l'utopie surgénératrice et reportent de plusieurs années la perspective d'industrialisation : « il reste à faire du [réacteur] rapide un produit commercial, construit industriellement, en série, susceptible d'être acheté par un producteur d'électricité. Mais un tel objectif est-il accessible ? » (Destival, 1979)

Dès lors, des lignes de discours divergentes sur la surgénération, émanant de directeurs du secteur nucléaire, coexistent dans l'espace public. L'une d'elles réaffirme l'utopie de la surgénération, avec un propos sur une « filière » future justifiant recherches et développements. L'autre récuse la possibilité que cette technologie soit à maturité industrielle dans un futur proche. Ces deux lignes ne sont pas incompatibles : au contraire, l'utopie se déplace dans un futur plus lointain, dont la « filière » constitue un jalon.

Que reste-t-il alors du lien de Superphénix à cette utopie ? Dès le début des années 1970, il est détaché de la « filière » dans sa conception. Après avoir été différé, le projet de réacteurs destinés à lui succéder a été abandonné au milieu des années 1980, entraînant à son tour l'abandon du projet d'usine dédiée au combustible. Le lien entre l'installation matérielle Superphénix et la démonstration de la surgénération se distend dans les années 1990, et

même dès les années 1970 dans les arènes technocratiques. Superphénix n'a pas produit de validation empirique de la surgénération, ni de réfutation. Ceci ne tient pas à sa durée de fonctionnement ou aux conditions de son arrêt, mais à la distance qui sépare l'abstraction de l'expérimentation³¹. Le débat ne s'est jamais éteint sur les conditions de l'expérience, ni sur l'interprétation et la portée des « frottements » qui se sont sans cesse réinvités dans le processus d'ingénierie et de matérialisation. La faisabilité de la surgénération n'est pas une proposition qui s'inscrirait dans un espace poppérien, pour laquelle on pourrait produire une preuve réfutable. Les promoteurs de l'utopie surgénératrice l'ont réaffirmée pour mieux la repousser dans un ailleurs hors du monde technico-économique et industriel des prochaines décennies, insensible aux cours d'événements survenus à Superphénix.

« ON NE PEUT PAS NE PAS INVESTIR DANS CETTE ASSURANCE » : LE MODE MINEUR DE L'UTOPIE SURGÉNÉRATRICE

Ces dernières décennies, l'utopie surgénératrice a été mise à rude épreuve. À l'échelle mondiale, depuis la fin des années 1970, le nombre de projets et de réacteurs à neutrons rapides s'est écroulé. La plupart des pays occidentaux ont abandonné leurs programmes en cours et fermé leurs réacteurs à neutrons rapides en fonctionnement. Le forum international Génération IV, créé en 2001 sous l'impulsion du Département de l'Énergie états-unien, a bien tenté, afin d'encourager les investissements, de lui redonner les atours d'une promesse séduisante en temps de futurs incertains, mais ceci n'a pas permis de lancer de nouveaux programmes. Aujourd'hui, seules la Russie, la Chine et dans une moindre mesure l'Inde exploitent ou construisent quelques RNR prototypes de taille significative, qui représentent cependant à l'échelle de chacun de ces pays des investissements mineurs. Par ailleurs, ces prototypes ne suffisent aucunement à réaliser

matériellement l'idée de surgénération qui nécessite l'articulation d'infrastructures dont il a été montré qu'elle était hautement improbable (Denoun, 2022, Le Renard, 2021, Pottin, 2024).

À l'échelle française, on vient de retracer l'une de ses tentatives contrariées de matérialisation. La fermeture de Phénix en 2009 a laissé le pays sans RNR électrogènes. Aucun des successeurs imaginés à Superphénix n'a été construit. Dernier en date, le projet Astrid n'a finalement pas dépassé le stade de l'étude de projet financée près de 700 millions d'euros entre 2009 et 2019. Le CEA, porteur du projet, avait perdu le soutien pourtant modéré d'EDF, ainsi que celui de l'Élysée depuis l'élection du président Hollande. François Jacq, alors nouvel administrateur général du CEA, annonce la fin d'Astrid en 2019 et l'abandon d'un horizon tangible pour les RNR. La rupture de ton est saisissante : « L'ascèse est un exercice permanent, alors que la tentation inverse est grande », dit-il à propos de la gestion du CEA dans son ensemble alors qu'il regrette dans le même temps la « fuite en avant » de l'organisme sur plusieurs sujets dont les RNR³². Les discours d'André Giraud irrigués par l'imaginaire du salut mondial semblent bien loin. Au moment des premières déclarations de François Jacq, certains scientifiques et ingénieurs, au CEA comme à EDF, ont craint l'enterrement de l'utopie surgénératrice.

Brisons le suspense : l'enterrement n'a pas eu lieu. En revanche, l'utopie surgénératrice a assurément changé de mode d'existence puisque depuis l'arrêt d'Astrid, c'est la première fois depuis 1957 que la France n'a plus aucun RNR en fonctionnement ni de programme en vue d'en construire. Appelons ce mode d'existence le mode mineur de l'utopie surgénératrice et définissons-le comme le fait de présenter la surgénération comme une voie qu'on ne peut pas fermer tout à fait, comme un recours qu'il faut maintenir disponible. Le mode majeur présentait l'utopie technique comme nécessaire, le mode

mineur la présente comme disponible. Ces deux modes, loin d'être exclusifs, se sont toujours articulés, mais l'importance prise par le mode mineur est une transformation profonde du secteur nucléaire français au cours des deux dernières décennies³³.

Si l'arrêt d'Astrid ne laisse plus aucun doute sur le mode mineur de l'utopie surgénératrice, le passage graduel à ce mode mineur est ancien. On l'a vu précédemment, les espoirs d'une réalisation matérielle rapide du système de la surgénération s'effritent au moment même où sont formulées par Giraud les annonces les plus optimistes. L'argument en faveur du maintien de la disponibilité de la surgénération n'a cessé de prendre de l'importance depuis. Arrêtons-nous sur l'une des nombreuses expressions de cet argument, construite à bas bruit, mais qui soutient pour une bonne part l'édifice rhétorique des défenseurs du maintien de l'utopie surgénératrice : les réacteurs à neutrons rapides comme une *technologie d'assurance*.

La conception assurantielle de la technologie surgénératrice consiste à défendre l'idée que cette technologie est une assurance contre les aléas du futur. L'aléa principal contre lequel il s'agit de se prémunir est le même depuis les années 1950 : le risque d'une pénurie d'uranium, à ceci près que jusqu'au milieu des années 1970, cette pénurie était présentée comme un risque très probable à moyen terme. Depuis les années 1980³⁴, cette possibilité est davantage présentée comme un risque qui pourrait survenir dans un futur et qui mérite donc de se préparer à son éventualité. Cette conception assurantielle a été réaffirmée par le CEA dans son dossier 2012 relatif aux systèmes nucléaires du futur et remis à l'IRSN en vue de préparer le lancement du projet Astrid. Dans ce dossier, le CEA reconnaît que le lancement de RNR relèverait dans un premier temps de « motivations plus stratégiques qu'économiques », ce qui donne aux RNR « le rôle d'une assurance »³⁵. En 2021, dans le rapport parlementaire

concernant l'abandon d'Astrid, le rapporteur rappelait que « la quatrième génération doit également être prise en compte dans une dimension quasi assurantielle »³⁶. Ces expressions visent à justifier la nécessité de lancer des programmes de constructions ou à regretter leur absence.

Cette conception assurantielle est renforcée dans des contextes de fermeture et d'effondrement des visions du futur, comme cela a été le cas lorsqu'il était acquis que tant Superphénix qu'Astrid n'auraient pas de suite. Ce qui prémunit contre les aléas du futur, ce n'est plus le fait de lancer des RNR pour des motifs stratégiques mais le fait de maintenir disponible leur lancement dans un futur indéterminé. C'est une forme qui détache la technologie de ses dimensions immédiatement stratégique et économique.

L'Institut de technico-économie des systèmes énergétiques (I-Tésé), rattaché à la Direction générale du CEA, est chargé de concevoir des scénarios énergétiques à partir des données des laboratoires de recherche du CEA et de celles des industriels. Au moment du lancement d'Astrid, le laboratoire est chargé de modéliser plusieurs scénarios de déploiement. Il va également calculer la valeur d'option³⁷ d'Astrid :

On peut émettre la conjecture que dans un monde incertain c'est utile d'avoir la possibilité d'exercer cette option [des RNR], et que cette option soit une option nationale. Depuis des années on a fait des calculs d'options. Il y a 5 ans, Nathalie Popiolek³⁸ a fait un calcul d'options où elle disait que la valeur d'options d'Astrid, c'était entre 0,5 et 1,5 milliard.³⁹

Le calcul de la valeur d'option vise à évaluer la valeur d'un investissement dans le futur. Dire que la valeur d'option se situe entre 500 millions et 1,5 milliard d'euros signifie qu'un investissement à cette hauteur pour de la R&D sur Astrid constitue le meilleur investissement possible : au-dessous de

cette fourchette, le coût de « ne pas faire de R&D se révélerait statistiquement supérieur, et au-dessus, c'est le coût de la R&D qui serait statistiquement supérieur. Mais compte tenu de l'intervalle temporel lointain, ces calculs de valeur d'option se confrontent à des degrés d'incertitude et de complexité que le modèle ne prend pas en compte, d'où l'introduction du motif de l'assurance :

Il y a quelques points techniques qui sont incontournables et qui permettent d'éclairer un peu la vision de choses, mais aujourd'hui personne n'est capable de dire ce qu'il faut. En termes de stratégie, encore une fois, j'ai dit, mais je pense qu'on ne peut pas ne pas investir en termes d'assurance. Ce qu'on dit souvent, c'est qu'en termes d'assurance on sait bien qu'on aura besoin de nucléaire, on ne sait pas à quel volume mais donc il faut continuer à faire le minimum pour avoir les compétences, et sur les REP, et sur les RNR qui vont les remplacer, et sur le retraitement.⁴⁰

Le raisonnement prend donc la forme de la double négation : « on ne peut pas ne pas investir », on ne peut pas abandonner la technologie. Maintenir la possibilité de son déploiement dans le futur est une assurance pour le futur énergétique. Ce déploiement peut donc ne pas avoir lieu. Mieux, le projet n'est plus la réalisation de cette technologie mais son simple maintien dans le futur, à l'état de possibilité : « il faut considérer ces technologies-là comme des technologies d'assurance. Et pas du tout comme des technologies qui forcément vont se réaliser. C'est le fond de notre discours ici »⁴¹.

La notion de « technologie d'assurance » se traduit par une attitude d'attente vis-à-vis du futur. Il s'agit de se préparer, de se donner les moyens « d'être prêt », « si le besoin s'en fait sentir ». L'effort consisterait alors à maintenir les moyens techniques et humains dans le futur : « Aujourd'hui on construit les EPR ça nous suffit, on ne veut pas changer de technologie, mais on était bien dans : j'exploite le futur, je regarde à long terme, j'entretiens des

compétences pour garantir, si le besoin s'en fait sentir, quelque chose dans 50 ans »⁴². Il faut alors « être prêt » à une date inconnue, sachant que l'advenue pourrait être repoussée « éternellement » comme elle pourrait « arriver plus vite que prévu »⁴³.

Que signifie pratiquement rendre disponible – ou éviter de rendre indisponible – une technologie porteuse d'un projet utopique ? Un des piliers de cette disponibilité est épistémique. Comment conserver et maintenir des connaissances et des compétences qui se sont constituées au contact de machines et de programmes alors même que les machines sont démantelées et les programmes arrêtés ? En effet, « garder cette option ouverte le cas échéant »⁴⁴ suppose de maintenir les compétences en période de disette.

Dès 1986, alors qu'il devient clair que Superphénix n'aura pas de successeur, le CEA met en place un programme de « gestion des connaissances » (aussi connu comme « *knowledge management* »), et devient un précurseur de ces méthodes en France. Des fiches sont créées avec l'enregistrement d'entretiens avec des acteurs décrivant des processus qui n'apparaissent pas dans les calculs finaux. La démarche est étendue à toute la R&D liée aux neutrons rapides en 1993⁴⁵. En 2002, c'est l'AIEA qui lance un programme de ce type, le *Fast Reactor Knowledge Preservation System* (AIEA, 2008). Enfin, dès 2017, la direction de la Cellule projet Astrid a mis en place un programme visant à rendre disponibles pour le futur les acquis du programme. L'objectif est celui d'une « mise sous cocon avec la volonté de se dire que le challenge serait de redémarrer et de monter en compétence dans un temps beaucoup plus court »⁴⁶. Si la démarche de conservation est toujours considérée comme un « pis-aller » par les acteurs en charge de ces programmes, elle nous intéresse ici car elle témoigne de la manière dont le maintien d'une utopie requiert un travail constant d'adaptation par les

acteurs qui la portent, même dans les cas comme celui de l'utopie surgénératrice où les promesses semblent se maintenir intactes dans le temps.

En ce sens, l'utopie surgénératrice dure car elle parvient à maintenir son cœur doctrinaire (le passage à la surgénération nous projette dans un futur libéré des contraintes du sous-sol) en changeant les conditions de possibilité (de la nécessité à la disponibilité). Cette souplesse rend l'utopie soluble dans une variété de scénarios mobilisés par les acteurs selon leurs intérêts circonstanciés.

CONCLUSION

En étudiant, à travers quelques vignettes, le parcours de l'utopie de la surgénération nucléaire en France, nous avons décliné trois modes d'existence de cette utopie technique. Le premier, que nous avons qualifié de mode majeur, est celui où la surgénération prend la forme de l'aboutissement de la situation énergétique de l'humanité – à la fois sommet et salut – dans un cadre où les choix politiques sont structurés par des techniciens travaillant au bien commun de l'humanité. Le second est celui de l'utopie technique comme utopie qui cherche à se matérialiser dans des infrastructures. C'est là que se jouent les épreuves et les mises en discussion, qui se soldent par une séparation entre, d'un côté, les prototypes et, de l'autre, la « filière » repoussée dans le futur, ligne de fuite où survit l'utopie. Ce qui nous amène au troisième mode d'existence, que nous avons qualifié de mode mineur : l'utopie technique est celle qui doit rester disponible dans les savoir-faire, les équipes et les connaissances techniques au sein de l'industrie, afin d'être le cas échéant en mesure de déployer cette option, devenue assurantielle. Ces trois modes d'existence ne sont pas des moments qui se succèdent dans le temps. Ils existent simultanément dans différentes arènes et c'est leur poids relatif qui varie dans le temps : ainsi, dès les années 1970, les mises à l'épreuve de

la surgénération alimentaient déjà la justification d'un mode mineur alors même que dans les discours publics, le mode majeur était exprimé sous ses formes les plus maximalistes ; inversement, aujourd'hui encore, certains acteurs du nucléaire défendent le mode majeur alors même que le mode mineur semble s'être imposé assez largement.

L'utopie surgénératrice est une utopie technique qui frappe par sa capacité à résister à l'épreuve du temps, malgré les difficultés technico-économiques rencontrées et la fin de la grande majorité des programmes. Pour durer, la croyance en la surgénération a eu besoin d'une série d'appuis : une idée issue de physiciens renommés promettant le salut ; la constitution de communautés d'ingénieurs portant l'idée de manière à ce qu'elle soit financée ; le lancement de programmes construisant des morceaux bien tangibles de cette utopie ; le maintien des savoirs relatifs à l'utopie technique au sein des acteurs nucléaires. Si cette utopie n'est pas morte, ce n'est pas simplement parce que les acteurs nucléaires sont capables, grâce à leurs relais au sein de l'administration d'État, de la faire tenir sans un réel ancrage matériel, c'est aussi qu'il est toujours possible de croire en la surgénération : des forums internationaux défendent encore la nécessité de son advenue en reconduisant la fascination pour l'équation neutronique de la surgénération ; des programmes ont été lancés ces 15 dernières années ; des installations expérimentales sont toujours en exploitation ; le retraitement industriel des combustibles irradiés en vue d'une utilisation future dans d'éventuels réacteurs à neutrons rapides est maintenu et des annonces récentes visent même à le renforcer considérablement.

Cette exploration de l'utopie de la surgénération peut éclairer d'autres idées technicistes résistant aux épreuves de matérialité. Dans la modélisation de futurs énergétiques et climatiques,

l'utopie surgénératrice a inspiré l'idée que les problèmes peuvent trouver une solution technologique. Aujourd'hui, la technologie de BECCS (Combinaison de bioénergie et de piégeage et stockage du carbone) tient ce rôle dans les scénarios du GIEC conformes à l'accord de Paris (Beck, Oomen, 2021 ; Rayner, 2016). La BECCS est aujourd'hui plébiscitée sur le mode majeur de l'utopie : ses défenseurs prétendent qu'elle pourra nous sauver du réchauffement climatique en raisonnant à grande échelle sur des abstractions et des mises en équivalences. Malgré les effets d'annonce, seuls des dispositifs expérimentaux de taille modeste ont vu le jour jusqu'à présent. Alors que des contre-expertises mettent fortement en doute la capacité à la matérialiser à grande échelle dans les délais impartis par les scénarios du GIEC, son existence comme technologie salvatrice se maintient pourtant dans les discours publics.

Martin Denoun : docteur en sociologie de l'EHESS, Martin Denoun est chercheur postdoctorant au centre de recherche Spiral au département de sciences politiques de l'Université de Liège. Après avoir poursuivi son travail de thèse sur l'industrie nucléaire dans le cadre du projet Mundec, il participe depuis fin 2025 au lancement d'un nouveau projet sur le vieillissement des bétons armés des ponts et des barrages. À l'intersection de l'histoire et de la sociologie des sciences et des STS, ses recherches portent sur les politiques infrastructurelles et les processus de fragilisation des grandes infrastructures. martin.denoun@uliege.be

Claire Le Renard : Docteure en sociologie, et chargée de recherche au Laboratoire Techniques, territoires, sociétés. Ses recherches se situent à la croisée des Science and Technology Studies et de la sociologie de l'action publique, et questionnent les modalités du changement sociotechnique dans le secteur de l'énergie sous contrainte environnementale. Sa thèse, soutenue en 2021, porte sur les décisions d'engagement et de désengagement du prototype nucléaire Superphénix, en lien avec les circulations d'expertises. LATTIS, École Nationale des Ponts et Chaussées | Institut Polytechnique de Paris, CNRS, Univ Gustave Eiffel. Claire.le-renard@enpc.fr

Ange Pottin est professeur junior en humanités environnementales à l'Université Bourgogne Europe. Il a été postdoctorant au Centre français de recherches en sciences sociales de Prague et au département de Science and Technology Studies de l'Université de Vienne. Ses recherches

sont à la croisée des STS et de la philosophie des sciences et des techniques. Il a récemment publié *Le nucléaire imaginé : le rêve du capitalisme sans la Terre* (La Découverte, 2024). ange.pottin@ubp.fr

NOTES

(1) Le plutonium, qui n'existe pas à l'état naturel dans la croûte terrestre, est extrêmement radiotoxique, – un milligramme de plutonium inhalé ou ingéré peut causer une leucémie – et réactif – la constitution d'une « masse critique » peut entraîner une réaction en chaîne spontanée résultant dans l'émission de rayonnements gamma mortels. Le combustible irradié, au sein duquel on récupère le plutonium par traitement chimique, contient un grand nombre d'autres éléments durablement radioactifs.

(2) « Déclaration d'inquiétude » de scientifiques américains, Encadré, *La Cueule Ouverte* n° 96, 10 mars 1976, p. 4

(3) Nous entendons ici épreuve à la fois au sens du « réel » qui vient résister (Latour, 1984) et des contraintes de justifications que cela fait peser sur les acteurs (Boltanski, Thévenot, 1991).

(4) La critique de ce dualisme a été tôt réalisée par les pragmatistes états-uniens Peirce, James, Dewey et Mead. Procédant de la même critique, la notion de faitiche chez Latour (2009) vise à symétriser la croyance dans le fétiche des individus des sociétés colonisées et celle dans les faits, conçus comme autonomes, des épistémologues des sociétés industrialisées.

(5) Cette conception a cependant évolué chez Pierce. Sur l'abandon progressif de la centralité de la croyance chez Pierce, notamment dans le domaine scientifique, voir (Girel, 2004).

(6) COGEMA : Compagnie générale des matières nucléaires (devenue ensuite Areva, puis aujourd'hui Orano) ; ASN : Autorité de sûreté nucléaire.

(7) Jean-Pierre Pervès, membre du conseil scientifique de l'association Sauvons le climat et ancien du CEA.

(8) *World Nuclear Industry Report 2024* (<https://www.worldnuclearreport.org/reactors.html#tab=iso>, consulté le 28/04/2024)

(9) Ce point est visible dans les archives du ministère des Affaires étrangères consultables aux Archives Nationales. Ministère des Affaires Etrangères, Centre d'analyse et de prévision, D/575, Paris, le 4 novembre 1977 (destinataire indiqué : R. Mentré), Note, in AN, boîte n° 19810057/24, dossier « INFCE », cité in (Pottin, 2024).

(10) Giraud André, « Le cycle du combustible : ombres et lumières », in (AIEA, 1977), vol 2, pp. 217-235.

(11) Millions de tonnes équivalent pétrole.

(12) Cette logique en deux temps est développée entre autres dans les rapports de la commission pour la production d'électricité d'origine nucléaire, dite PEON, publiés entre 1964 et 1980.

(13) Les estimations des réserves d'uranium ont augmenté dès la fin des années 1970 avec la découverte de gisements très importants en Australie et au Canada. Ce phénomène s'est allié à la baisse drastique du développement nucléaire à la même époque pour retirer à cette partie de la démonstration sa force de conviction.

(14) Jusqu'aux années 1980, les termes « surrégénération » et « surgénération » sont interchangeables.

(15) Le projet de construction d'une usine de retraitement du combustible irradié par la France au Pakistan a été arrêté, probablement sous pression des États-Unis, en 1976 – soit deux ans après le premier essai nucléaire par l'Inde.

(16) Vidéo intitulée « Le nucléaire est une énergie durable – Joël Guidez (CEA) », publiée sur Youtube le 11 décembre 2013 (<https://www.youtube.com/watch?v=rYcCjhQ1XOs>, consulté le 25/08/2024).

(17) Et ce alors même que le traitement chimique du combustible usé génère de nombreux résidus.

(18) (Commission PEON, 1981, p. 18).

(19) Francis Bacon est souvent convoqué comme source intellectuelle de cette utopie modernisatrice. L'auteur de la *Nouvelle Atlantide*, également auteur de *The Masculine Birth of Time*, est parfois analysé comme l'un des principaux coupables intellectuels de la « mort de la nature » comme puissance régénératrice dans l'idéologie patriarcale de la science moderne (Merchant, 2021)

(20) Cette inquiétude trouve dans les années 1975-1977 des échos dans des rapports d'experts de l'influente fondation Ford états-unienne (Keeny, 1977) ou de la *Royal Commission on Environmental Pollution* britannique (Flowers, 1976) qui ont un large retentissement.

(21) Entretien avec un ingénieur d'EDF retraité, octobre 2009.

(22) « Réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides ». Note sans en-tête, référencée « MB, 04.1970 ». EDF DER. 7 pages.

(23) *La Tribune enchaînée*, 1970. Ce texte a été transmis par un de ses anciens collègues.

(24) Georges Vendryes (1920-2014) : ingénieur et physicien ayant exercé des responsabilités au sein du CEA, promoteur de la surgénération – au point d’être désigné « père » des RNR en France.

(25) On se réfère à l’une des acceptions parmi les trois que les ingénieurs des projets donnent au mot de « filière », détaillées dans (Le Renard, 2021, p. 64).

(26) L’effet de taille désigne la réduction des coûts spécifiques d’investissement (c. à d. ramenés au MW) à mesure que la taille de l’installation augmente.

(27) DOCUMENT ECONOMIQUE DE SYNTHÈSE. Groupe de Travail EDF-CEA n° 9. « Aspects économiques » FILIERE NEUTRONS RAPIDES. Mars 1972. Consulté à EDF-Archives, cote 943301.

(28) Ce passage s’appuie sur les comptes-rendus des réunions dites « Article 1 » réunissant chaque mois des directeurs du CEA, d’EDF et du ministère de l’Industrie, ainsi que sur les courriers et échanges préparatoires de ces réunions. On ne détaille pas ici la cote de chaque document, mais toutes les sources à l’appui de ce paragraphe sont référencées dans (Le Renard, 2021, pp. 163-172 ; 220-230).

(29) « L’eau légère » se réfère ici au type de réacteurs nucléaires alors largement déployés dans le cadre d’un programme industriel.

(30) Revue de la Société française d’énergie nucléaire citée plus haut.

(31) Le statut de Superphénix comme objet épistémologique a été travaillé dans (Le Renard, 2024), qui analyse la décision d’arrêt de Superphénix en 1997.

(32) Audition du 17 avril 2018 devant la commission des affaires économiques.

(33) Ces deux modes recoupent ce que (Denoun, 2022) appelle « régime de salut » et « régime de sauvetage ».

(34) Une brève réapparition de cette forme destinale de la pénurie d’uranium a eu lieu dans le cadre du forum

Génération IV au cours des années 2000 lorsque l’industrie a cru un temps à une « renaissance », avant que la catastrophe de Fukushima en 2011 vienne tempérer ces espérances.

(35) *La gestion durable des matières radioactives avec les réacteurs de 4^e génération*, Dossier CEA 2012, Tome 1, p. 23. Archives IRSN FAR-D090113-000055.

(36) *L’énergie nucléaire du futur et les conséquences de l’abandon du projet de réacteur nucléaire de 4^e génération « Astrid »*, rapport de l’OPECST, 8 juillet 2021, p. 114.

(37) Le calcul de la « valeur d’option » est un des appuis principaux de l’économie financière pour appréhender le futur, c’est-à-dire pour évaluer le bon niveau d’investissement en fonction des probabilités de gains futurs. Pour une analyse en profondeur de ce calcul, voir (MacKenzie, 2003).

(38) (Popiolek, Mathonnière, 2010 ; Popiolek, Shari Tehrani, 2013).

(39) Entretien avec un économiste au CEA, septembre 2018.

(40) Entretien avec un ingénieur-économiste au CEA, septembre 2018.

(41) Entretien avec un économiste au CEA, septembre 2018.

(42) Entretien avec un ingénieur d’EDF R&D, mars 2019.

(43) Entretien avec un physicien nucléaire au CNRS, octobre 2018.

(44) Entretien avec un chef de département à Cadarache, CEA, novembre 2018.

(45) ACCORE et MADONNA, les deux programmes de ce type liés aux RNR, sont montés en partenariat avec Framatome et EDF.

(46) Entretien avec un cadre de la Cellule projet Astrid, CEA novembre 2018.

RÉFÉRENCES

Adam B., 2005, *Timescapes of Modernity: The Environment and Invisible Hazards*, London : Routledge.

AIEA, 1977, *Nuclear Power and Its Fuel Cycle: Proceedings of an International Conference on Nuclear Power and Its Fuel Cycle Held by the International Atomic Energy Agency in Salzburg, 2-13 May 1977*.

AIEA, 2008, *Fast Reactor Knowledge Preservation System: Taxonomy and Basic Requirements* (n° NG-T-6.3).

Bacon F., 2012, 1^{re} éd. 1702, *La nouvelle Atlantide traduite en françois, et continuée, avec des réflexions sur l’institution et les occupations des académies françoise, des sciences et des inscriptions, par M. R. (Raguet.)*, Paris : Hachette Livre : BnF.

Beck S., Oomen J., 2021, Imagining the corridor of climate mitigation – What is at stake in IPCC’s politics of anticipation?, *Environmental Science & Policy*, vol. 123, p. 169-178. DOI : 10.1016/j.envsci.2021.05.011

Bensaude-Vincent B., 2021, *Temps-paysage : pour une écologie des crises*, Paris : Le Pommier.

Bierman J., 1963, Science and Society in the New Atlantis and Other Renaissance Utopias, *PMLA*, vol. 78, n° 5, p. 492-500. DOI : 10.2307/460726

Boltanski L., Thévenot L., 1991, *De la justification : les économies de la grandeur*, Paris : Gallimard.

Brown K., 2024, *Plutopia : une histoire des premières villes atomiques*, Arles : Actes Sud.

- Camp M., 2018, "Wandering in the Desert": The Clinch River Breeder Reactor Debate in the U.S. Congress, 1972–1983, *Technology and Culture*, vol. 59, n° 1, p. 26-47. DOI : 10.1353/tech.2018.0005
- Chateauraynaud F., 2004, L'épreuve du tangible : Expériences de l'enquête et surgissements de la preuve, in : Karsenti B., Quéré L. (sous la direction de), *La croyance et l'enquête : Aux sources du pragmatisme*, Paris : Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, p. 167-194. DOI : 10.4000/books.editionsehess.11215
- Commission PEON, 1981, *Rapports de la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire 1976-1977*.
- Coutard O. (sous la direction de), 1999, *The governance of large technical systems*, London : Routledge.
- Denoun M., 2022, *Du salut énergétique au sauvetage de la filière nucléaire française. Enquête sur l'évolution des visions du futur au cœur d'un système sociotechnique*, Thèse de doctorat en Sociologie, EHESS.
- Destival C., 1979, Perspectives. Dossier : Les surrégénérateurs. Perspectives économiques, engagement industriel et réalités techniques., *Revue Générale Nucléaire*, vol. 1979, n° 6, p. 667. DOI : <https://doi.org/10.1051/rgn/19796667>
- Edwards P.N., 1998, Y2K: Millennial reflections on computers as infrastructure, *History and Technology*, vol. 15, n° 1-2, p. 7-29. DOI : 10.1080/07341519808581939
- Finon D., 1989, *L'échec des surrégénérateurs : autopsie d'un grand programme*, Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Fjaestad M., 2015, Fast Breeder Reactors in Sweden: Vision and Reality, *Technology and Culture*, vol. 56, n° 1, p. 86-114. DOI : 10.1353/tech.2015.0029
- Flowers B., 1976, *Nuclear Power and the Environment. Sixth Report of the U.K. Royal Commission on the Environment*.
- Fresso J.-B., 2022, La « transition énergétique », de l'utopie atomique au déni climatique, USA, 1945-1980, *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, vol. n° 69-2, n° 2, p. 114-146. DOI : 10.3917/rhmc.692.0115
- Fresso J.-B., 2024, *Sans transition : une nouvelle histoire de l'énergie*, Paris : Seuil.
- Girel M., 2004, Enquête, croyances, conséquences pratiques : Quelques doutes de Peirce au sujet du pragmatisme, in : Karsenti B., Quéré L. (sous la direction de), *La croyance et l'enquête : Aux sources du pragmatisme*, Paris : Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, p. 85-110. DOI : 10.4000/books.editionsehess.11197
- Hache É., 2024, *De la génération : Enquête sur sa disparition et son remplacement par la production*, Paris : La Découverte.
- Hecht G., 2004, *Le Rayonnement de la France : Énergie nucléaire et identité nationale après la seconde guerre mondiale*, Paris : La Découverte.
- Hecht G., 2016, *Uranium africain, une histoire globale*, Paris : Seuil.
- Jasanoff S., Kim S.-H., 2009, Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea, *Minerva*, vol. 47, n° 2, p. 119-146. DOI : 10.1007/s11024-009-9124-4
- Jasanoff S., Kim S.-H. (sous la direction de), 2015, *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power*, Chicago : University of Chicago Press.
- Joly P.-B., 2010, On the economics of techno-scientific promises, in : Akrich M., Barthe Y., Muniesa F., Mustar P. (sous la direction de), *Débordements : Mélanges offerts à Michel Callon*, Paris : Presses des Mines, p. 203-221.
- Keck O., 1980, The West German fast breeder programme, *Energy Policy*, vol. 8, n° 4, p. 277-292. DOI : 10.1016/0301-4215(80)90105-6
- Keeny S.M. (sous la direction de), 1977, *Nuclear Power Issues and Choices: Report of the Nuclear Energy Policy Study Group. Sponsored by the Ford Foundation, administered by the MITRE Corporation*, Cambridge, MA : Ballinger Pub. Co.
- Krige J., 2010, Techno- Utopian Dreams, Techno- Political Realities: The Education of Desire for the Peaceful Atom, in : Gordin M. D., Tilley H., Prakash G. (sous la direction de), *Utopia/Dystopia*, Princeton : Princeton University Press, p. 151-175. DOI : 10.1515/9781400834952.151
- Latour B., 1984, *Pasteur : guerre et paix des microbes*, Paris : La Découverte.
- Latour B., 2009, *Sur le culte moderne des dieux faitiches suivi de Iconoclash*, Paris : La Découverte.
- Le Renard C., 2021, *Le prototype défait. Superphénix, des glissements de la promesse technoscientifique aux épreuves de la « démocratie technique »*, Thèse de doctorat en Sociologie, Université Paris-Est.
- Lehtonen M., Lieu J., 2011, *The rise and fall of the fast breeder reactor technology in the UK: between engineering "dreams" and economic "realities"?* (Project Report (EDF R&D)). [En ligne] (consulté le 27 juillet 2019) Disponible à l'adresse : <http://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/53500/>
- MacKenzie D., 2003, An Equation and Its Worlds: Bricolage, Exemplars, Disunity and Performativity in Financial Economics, *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 6, p. 831-868.
- McCray W.P., 2004, *Giant Telescopes: Astronomical Ambition and the Promise of Technology*, Cambridge, MA : Harvard University Press. DOI : 10.2307/j.ct-v22jnv1d
- Merchant C., 2021, *La mort de la nature : les femmes, l'écologie et la révolution scientifique*, Marseille : Éditions Wildproject.

- OPECST, 2021, *L'énergie nucléaire du futur et les conséquences de l'abandon du projet de réacteur nucléaire de 4e génération « Astrid »* (Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques n° 4331 (Assemblée nationale), n° 758 (Sénat). [En ligne] (consulté le 16 septembre 2024) Disponible à l'adresse : <https://www.senat.fr/notice-rapport/2020/r20-758-notice.html>
- Padovan M., 2024, The French fast breeder program and the European nuclear integration, *Entreprises et Histoire*, vol. n° 114, n° 1, p. 89-102. DOI : 10.3917/eh.114.0089
- Peirce C.S., 1877, The Fixation of Belief, *Popular Science Monthly*, vol. 12, n° 1, p. 1-15.
- Picon A., 2002, *Les saint-simoniens : raison, imaginaire et utopie*, Paris : Belin.
- Popiolek N., Mathonnière G., 2010, Une analyse économique de la valeur de la R&D dans le domaine des réacteurs rapides de quatrième génération, *Revue de l'Énergie*, n° 595, p. 179-191.
- Popiolek N., Shiai Tehrani B., 2013, *Why R&D for Generation IV reactors should be subsidised? A strictly economic point of view with option real theory*, Paris, France.
- Pottin A., 2022, *Matière Fertile. Le résidu radioactif, le capital fissile et l'écologie imaginaire de l'industrie nucléaire*, Thèse de doctorat en Philosophie, PSL Research University.
- Pottin A., 2024, *Le nucléaire imaginé : le rêve du capitalisme sans la Terre*, Paris : La Découverte.
- Rayner S., 2016, What might Evans-Pritchard have made of two degrees?, *Anthropology Today*, vol. 32, n° 4, p. 1-14. DOI : 10.1111/1467-8322.12263
- Sauvage J.-F., 2009, *Phénix : Une histoire de cœur et d'énergie*, Bagnols-sur-Cèze : CEA Valrhô.
- Sauvage J.-F., 2013, RNR-Na prototypes et industriels : hier, aujourd'hui et demain, *Revue Générale Nucléaire*, n° 526, p. 50-57. DOI : 10.1051/rgn/20133050
- Star S.L., Ruhleder K., 1996, Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces, *Information Systems Research*, vol. 7, n° 1, p. 111-134. DOI : 10.1287/isre.7.1.111
- Topçu S., 2013, *La France nucléaire. L'art de gouverner une technologie contestée*, Paris : Éditions du Seuil.
- Union of Concerned Scientists, 1975, *The nuclear fuel cycle: a survey of the public health, environmental, and national security effects of nuclear power*, Cambridge, MA : MIT Press.
- Yon G., 2016, *Théorie économique, réalité industrielle et intérêt général. La recherche de l'optimum à Électricité de France (1946-1965)*, Thèse de doctorat en Sociologie, PSL Research University.

Résumé – Martin Denoun, Claire Le Renard, Ange Pottin – Croire en la surgénération. Les transformations d'une utopie nucléaire

Depuis les années 1930, une idée issue d'une équation neutronique anime les spécialistes du nucléaire : en convertissant l'uranium 238 en plutonium à l'intérieur de réacteurs nucléaires adaptés, on multiplierait par 100 la ressource disponible. Cette idée, ouvrant la voie à un horizon d'abondance et d'équilibre matériel, a pris le nom de « surgénération ». Mais, si elle a motivé de nombreux programmes techniques et scientifiques, ceux-ci ont, dans leur grande majorité, été arrêtés. Comment expliquer la longévité de l'idée de surgénération malgré les épreuves qu'elle a traversées ? Cet article s'organise autour de l'hypothèse que la surgénération est une utopie technique et étudie les différentes formes que la croyance en cette utopie a pris au sein des communautés expertes en France depuis les années 1970. La surgénération apparaît certes comme l'aboutissement de l'histoire énergétique de l'humanité, dans un cadre où les choix collectifs sont structurés par le savoir des techniciens – ce que nous qualifions de « mode majeur » de l'utopie. Mais elle apparaît également comme une idée en passe de trouver des

Abstract - Martin Denoun, Claire Le Renard, Ange Pottin - Believing in Breeding: The Transformations of a Nuclear Utopia

Since the 1930s, nuclear specialists have been driven by an idea based on a neutron equation: by converting uranium 238 into plutonium in suitable nuclear reactors, the available resource would be multiplied by 100. This idea, opening the way to a horizon of abundance and material equilibrium, has come to be known as fuel "breeding". Although it motivated numerous technical and scientific programs, the vast majority of these have since been halted. How can we explain the longevity of the idea of breeding, despite the épreuves it has endured? This article is organized around the hypothesis that breeding is a technical utopia, and examines the different forms that belief in this utopia has taken within expert communities in France since the 1970s. Breeding certainly appears as the culmination of humanity's energy history, in a context where collective choices are structured by the knowledge of technicians - what we call the "major mode" of utopia. But it also appears as an idea in the process of finding material translations - where technical utopia becomes the object of testing, discussion and postponement. Finally, it

traductions matérielles – où l’utopie technique devient l’objet de mises à l’épreuve, de discussions, et de reports. Enfin, elle survit en prenant la forme d’une technologie d’assurance en cas de crise d’approvisionnement, dont la disponibilité doit être maintenue – ce que nous désignons comme le « mode mineur » de l’utopie.

Mots-clés : nucléaire ; surgénération ; utopie technique ; croyances ; épreuves

survives by taking the form of an insurance technology in the event of a supply crisis, whose availability must be maintained - what we refer to as the “minor mode” of utopia.

Key words: nuclear energy; breeding; technical utopia; beliefs; épreuves