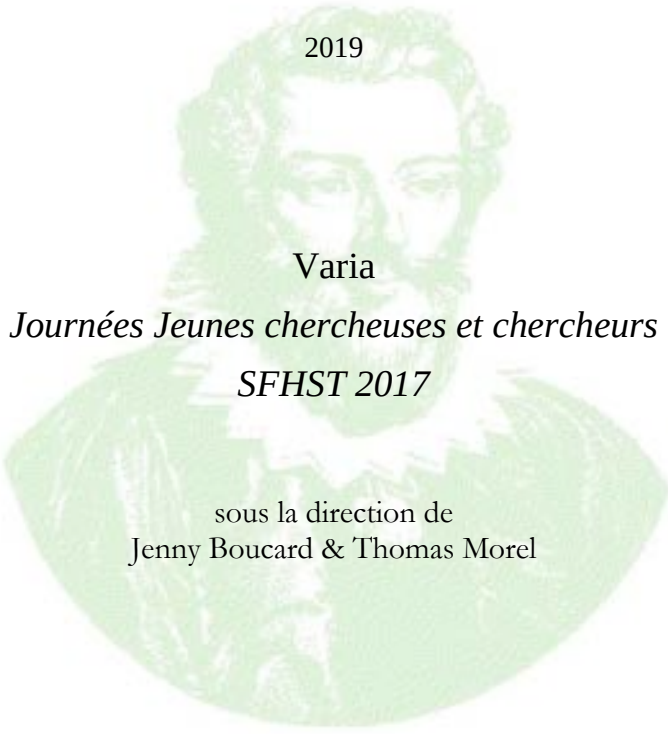
CAHIERS
FRANÇOIS VIÈTE

Série III – N° 6

2019



Varia

Journées Jeunes chercheuses et chercheurs

SFHST 2017

sous la direction de
Jenny Boucard & Thomas Morel

Centre François Viète
Épistémologie, histoire des sciences et des techniques
Université de Nantes - Université de Bretagne Occidentale

Imprimerie Centrale de l'Université de Nantes
Mars 2019

Cahiers François Viète

La revue du *Centre François Viète*
Épistémologie, Histoire des Sciences et des Techniques
EA 1161, Université de Nantes - Université de Bretagne Occidentale
ISSN 1297-9112

cahiers-francois-viete@univ-nantes.fr
www.cfv.univ-nantes.fr

Depuis 1999, les *Cahiers François Viète* publient des articles originaux, en français ou en anglais, d'épistémologie et d'histoire des sciences et des techniques. Les *Cahiers François Viète* se sont dotés d'un comité de lecture international depuis 2016.

Rédaction

Rédactrice en chef – Jenny Boucard
Secrétaire de rédaction – Sylvie Guionnet
Comité de rédaction – Delphine Acolat, Hugues Chabot, Colette Le Lay, Cristiana Oghina-Pavie, François Pepin, Olivier Perru, David Plouviez, Pierre Savaton, Valérie Schafer, Josep Simon, Alexis Vrignon

Comité scientifique

Yaovi Akakpo, David Baker, Grégory Chambon, Ronei Clecio Mocellin, Jean-Claude Dupont, Luiz Henrique Dutra, Hervé Ferrière, James D. Fleming, Catherine Goldstein, Alexandre Guilbaud, Pierre Lamard, Frédéric Le Blay, Baptiste Mélès, Rogério Monteiro de Siqueira, Philippe Nabonnand, Karen Parshall, Viviane Quirke, Pedro Raposo, Anne Rasmussen, Sabine Rommevaux-Tani, Aurélien Ruellet, Martina Schiavon, Pierre Teissier, Brigitte Van Tiggelen

UNIVERSITÉ DE NANTES

ISBN 978- 2-86939-249-4

SOMMAIRE

Avant-propos — Michel Cotte

- GUILLAUME LOIZELET 7
  Al-Bīrūnī : les principes des méthodes de détermination de la distance des astres errants à la Terre au crible des données d'observation

- ADELINE SANCHEZ 37
  Les traductions françaises du Lilium medicinae *de Bernard de Gordon : intérêts d'une approche littéraire et linguistique pour l'histoire de la transmission des savoirs médicaux*

- HÉLÈNE LEUWERS 55
  L'examen de capacité des chirurgiens et des barbiers de Paris : savoir-faire et qualification en justice (XIV^e^ - milieu du XVI^e^ siècle)

- CYRIL LACHEZE 77
  Pour une analyse systémique de la technique : exemple de la production de terre cuite architecturale

- MARION WECKERLE 109
  Facture instrumentale et gestes : éléments pour la restitution historiquement informée du jeu de la clarinette en musique ancienne

- LENY PATINAUX 133
  Enjeux épistémiques et politiques des recherches sur l'évacuation géologique des déchets nucléaires. Étude d'une controverse sur l'implantation d'un laboratoire souterrain dans la Vienne (1994-1998)

Cahiers François Viète, série III, 6, 2019, p. 133-157

Enjeux épistémiques et politiques des recherches sur l'évacuation géologique des déchets nucléaires. Étude d'une controverse sur l'implantation d'un laboratoire souterrain dans la Vienne (1994-1998)

Leny Patinaux*

Résumé

Dans la France des années 1990, la construction d'un laboratoire souterrain est considérée comme une étape indispensable dans l'étude des possibilités de stockage géologique de déchets nucléaires. Toutefois, l'évaluation de la pertinence d'implanter une telle installation demande d'apprécier les chances qu'elle permette bien de caractériser un potentiel site de stockage. À partir de l'étude d'une controverse sur l'implantation d'un laboratoire dans la Vienne, cet article questionne ce que signifie montrer la sûreté d'un stockage de déchets nucléaire.

Mots-clés : administration de la preuve, déchets nucléaires, géologie, incertitudes.

Abstract

In the France of the 1990s, siting an underground laboratory is considered as essential for studying geological storage possibilities of nuclear waste. However, the relevance assessment of setting up such a facility requests to determine if it really permits to characterize a storage site. Based on a controversy study about the siting of an underground laboratory in the department of Vienne, this article wonders what the safety demonstration of a nuclear waste storage means.

Keywords: proof administration, nuclear waste, geology, uncertainty.

* Laboratoire « Techniques Territoires et Sociétés » (UMR 8134, École des Ponts, CNRS, Université de Paris-Est Marnes-la-vallée), Institut Francilien Recherche Innovation et Sociétés (Labex Sites).

En 1972, la Convention de Londres sur les usages des océans interdit l'immersion des déchets nucléaires en pleine mer (Hamblin, 2008)[1]. Depuis, l'ensemble des institutions supranationales en charge des affaires nucléaires, l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), plébiscitent l'enfouissement comme solution de référence pour la gestion de ces déchets[2]. En France, un premier projet de dépôt géologique de déchets nucléaires dans une ancienne mine d'uranium est envisagé à Saint-Priest-la-Prugne (Loire) en 1980 (Blanck, 2017, p. 151–160). Suscitant de vives critiques de riverains et d'élus locaux, ce projet est rapidement abandonné. Depuis, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) créée au sein du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) en 1979 n'a pas cessé d'étudier les possibilités d'évacuation géologique mais plusieurs fois l'implantation d'un stockage a été reportée : aujourd'hui (décembre 2018), la demande d'autorisation du projet Cigéo[3] est prévue pour 2019.

Les projets de stockage se heurtent à d'importantes mobilisations et posent des questions épistémiques épineuses. En effet, si l'activité des radionucléides destinés à être enfouis décroît avec le temps, la période nécessaire pour que l'activité de certains d'entre eux puisse être considérée comme bénigne se compte en centaines de milliers d'années. Affirmer qu'un ouvrage permette de protéger l'humanité des radiations sur de telles temporalités est une gageure à laquelle se confrontent les salarié.es de l'ANDRA. Les mouvements tectoniques et l'existence de circulations hydrogéologiques rendent caduc l'espoir de pouvoir miser sur une stabilité des ouvrages de stockage : inexorablement ceux-ci se dégraderont et libéreront les radionucléides enfouis qui potentiellement contamineront

[1] L'auteur remercie les deux rapporteurs anonymes pour leurs commentaires et leurs remarques qui ont largement contribué à améliorer la qualité de ce texte.

[2] L'AEN est une agence de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et l'AIEA est une agence de l'Organisation des Nations unies (ONU).

[3] Centre industriel de stockage géologique, prévu par l'ANDRA à la limite entre les départements de Meuse et de Haute-Marne, sur les communes de Bure, Mandres-en-Barrois et Saudron.

alors la biosphère. Dès lors, montrer la sûreté d'un projet de stockage consiste à vérifier que le temps de la migration des radionucléides vers la surface soit plus long que celui de la décroissance radiologique de leur activité en dessous d'une limite considérée comme acceptable et ce, sur des temporalités se comptant en centaines de milliers d'années.

La littérature consacrée aux déchets nucléaires a, dans son écrasante majorité, abordé séparément les politiques de gestion des déchets nucléaires et les difficultés épistémiques à apporter la preuve de la sûreté d'un stockage. Ainsi, les travaux de Kristin Shrader-Frechette (1993) puis ceux d'Alison MacFarlane (2006) proposent des analyses épistémologiques de l'appréhension des incertitudes induites par les temps quasi infinis de la décroissance de l'activité radiologique des radionucléides contenus dans les déchets. En se penchant sur les pratiques des géologues et des ingénieur.es qui étudient les phénomènes guidant la dégradation des matériaux de stockage et les circulations hydrogéologiques, elles soulignent les limites de l'extrapolation des connaissances acquises sur la physique du stockage sur des temps de l'ordre du million d'années ainsi que les difficultés de « coupler » l'étude de phénomènes dont les échelles spatiales et temporelles diffèrent fortement. Elles insistent également sur la nécessité de choix dans la gestion pragmatique des risques induits par les stockages et les questions morales qu'ils posent. Ces choix pouvant toujours être discutés, ils nuisent à la rationalisation et à la stabilisation d'une démonstration de la sûreté des projets de stockage. Les échelles de temps mises en jeu par les projets d'enfouissement excluent ainsi toute réalisation d'un prototype de stockage et imposent à leurs concepteurs de faire avec l'existence d'incertitudes. Par ailleurs, un ensemble de travaux portent sur les politiques de gestion de ce qui est parfois appelé l'« aval du cycle » nucléaire. Nombreux d'entre eux traitent des procédures de choix des sites où implanter un dépôt géologique (Mazur & Conant, 1978 ; Berkhout, 1991 ; Sundqvist, 2002 ; Durant & Johnson, 2010 ; Lits, 2015 ; Parotte, 2016), pour une revue plus exhaustive de cette littérature (Patinaux, 2017, p. 28–29).

En France, à la fin des années 1980, dans un contexte où l'accident de Tchernobyl a ravivé les luttes contre le nucléaire (Topçu, 2013), les projets de stockage portés par l'ANDRA suscitent de violentes et massives oppositions (Association contre le nucléaire et son monde, 2007 ; Collectif, 2013). Un moratoire puis une loi font suite à ces mobilisations. Yannick Barthe (2006) montre que la loi de 1991 permet de sortir d'une situation de blocage dans laquelle la seule solution de gestion des déchets

nucléaires promue par les responsables de leur gestion — l'enfouissement — est alors fortement rejetée par les populations avoisinant les sites de stockage choisis. Selon Barthe, la transformation du mode de choix des sites de stockage, et l'octroi par la loi d'une période de quinze ans exclusivement dédiée aux recherches durant laquelle aucune solution de gestion définitive des déchets nucléaires ne peut être engagée, auraient permis de transformer la question de l'élimination des déchets nucléaires d'un « conflit indivisible » en un « conflit divisible » (Hirschman, 1995). La « mise en politique » des déchets nucléaires par la loi de 1991 aurait ainsi rendu gouvernables les rebuts de l'industrie nucléaire en rouvrant différentes options de gestion possibles que des choix antérieurs semblaient avoir écartées.

La loi de 1991 distingue trois directions dans lesquelles les recherches sur l'« élimination »[4] des déchets nucléaires doivent s'orienter : d'une part la séparation, la transmutation et le conditionnement des radionucléides, d'autre part leur évacuation géologique et enfin leur entreposage en surface. Ces trois orientations ne doivent pas être vues comme trois solutions de gestion alternatives : l'inéluctabilité de l'enfouissement n'est pas remise en cause après 1991 par les responsables de la gestion des déchets nucléaires. L'entreposage des déchets n'est ainsi étudié que sur une période de quelques siècles tout au plus, comme une solution de transition permettant le refroidissement des déchets avant leur stockage géologique. La loi de 1991 prévoit également que les recherches sur le stockage géologique s'appuient sur des expérimentations effectuées dans plusieurs laboratoires souterrains permettant d'étudier *in situ* les propriétés géologiques des sites pressentis.

À ma connaissance, la seule publication mêlant des réflexions sur la politique de gestion de l'aval du cycle à des questionnements épistémologiques sur la démonstration de la sûreté d'un projet de stockage est un cahier issu d'un travail commun de chercheurs et chercheuses en sciences sociales et en sciences physiques (Barthe & Gilbert, 2006).

[4] Le premier projet de loi discuté au Parlement en juin 1991 porte sur l'« élimination » des déchets radioactifs (Journal officiel de la République française, 1991, p. 3608). Malheureusement, la disparition de ces matériaux tout comme la réduction à néant de leur activité radiologique semblent des objectifs irréalistes. La loi du 30 décembre 1991 est plus modestement « relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs » (Journal officiel de la République française, 1992).

Construit autour d'une série de questions, ce travail lie la question du devenir des déchets radioactifs à celle de l'avenir de la filière nucléaire et il interroge la fonction politique des recherches entreprises après la loi de 1991 : étant donné que jamais d'autres solutions de gestion alternatives à l'enfouissement n'ont été considérées, ces recherches n'ont-elles été qu'un alibi pour poursuivre le projet promu par l'industrie nucléaire depuis les années 1970 ? Quelles sont les conséquences politiques de la réduction de la question du devenir des déchets nucléaires à celle de la démonstration de la sûreté d'un stockage ? Si les laboratoires souterrains permettent de caractériser des formations géologiques, ne permettent-ils pas également d'ancrer localement les projets de stockage ?

Le présent article porte sur le choix de la localisation des laboratoires souterrains prévus par la loi de 1991. Il est issu d'une thèse de doctorat soutenue en décembre 2017 et financée par l'ANDRA (Patinaux, 2017). Il repose principalement sur l'étude de documents contenus dans les archives de l'agence : rapports, notes techniques et correspondance des géologues de l'ANDRA chargés des travaux de reconnaissance géologique et de la direction de l'agence[5]. S'inscrivant dans le programme proposé dans le *Cahier du risque* de 2006, cet article interroge ce qu'est une caractérisation suffisante et acceptable d'un site géologique pour lui porter un intérêt comme potentiel site de stockage. Étant donné l'existence inexorable d'incertitudes sur la caractérisation d'un site et sur l'étude de l'évolution d'un dépôt géologique de déchets nucléaires, cet article détaille comment deux attitudes s'opposent sur ce qui permet de montrer la sûreté d'un projet de stockage : soit certains critères permettent d'évaluer si le projet ne présente pas d'éléments rédhibitoires en termes de sûreté, soit l'évaluation de l'impact radiologique du projet est réalisée globalement.

En inscrivant l'histoire des prospections géologiques et de l'évaluation des recherches effectuées par l'ANDRA dans l'histoire politique de la gestion des déchets nucléaires, cet article a pour ambition d'éclairer sous un nouveau jour la « mise en politique » (Barthe, 2006) des déchets nucléaires par la loi de 1991. La démonstration publique de la sûreté d'un stockage est alors considérée comme une condition de l'acceptation d'un tel projet. Cependant, la réglementation ne fixe pas de critère quantitatif d'évaluation de ce qu'est un stockage sûr et l'exigence de démontrer la

[5] Boites ANDRA 98 0808 1/1, 99 0540 1/1, 00 0014 1/1, 2000 1136 2, 2001 0069 1/1, 2010 0046 1, 2010 0046 4.

sûreté d'un stockage confère un rôle politique important aux évaluateurs de l'ANDRA à même de déterminer si un projet est sûr ou non. Dès lors, il s'agit dans cet article d'analyser comment s'administre la preuve (Atten & Pestre, 2002) de la sûreté d'un stockage dans les débats, parfois conflictuels, entre l'ANDRA et ses évaluateurs. Pour cela, l'article est focalisé sur la première controverse d'ampleur qui agite l'ANDRA après 1991. Parce que ce qui importe dans l'administration de la preuve y est explicité par les acteurs eux-mêmes, le temps de la controverse permet en effet de saisir ce qui importe dans leurs pratiques (Pestre, 1995 ; 2007). La controverse étudiée ici porte sur l'implantation d'un laboratoire dans le granite de la Vienne et débouche sur l'abandon de ce projet en décembre 1998. Une première partie est consacrée à la période 1994-1996, antérieure à la controverse à proprement parler, durant laquelle les géologues de l'ANDRA travaillent à caractériser la formation granitique. Elle présente les connaissances dont ils disposent sur la géologie du site où ils envisagent la construction d'un laboratoire souterrain. La seconde partie est dédiée aux débats entre l'ANDRA et ses évaluateurs durant l'instruction de la demande d'implantation de ce laboratoire, entre 1996 et 1998.

Le granite de la Vienne, une formation fracturée sous une couverture sédimentaire

La loi de 1991 prévoit l'implantation de plusieurs laboratoires souterrains. En 1992, le rapporteur de la loi, le député du Nord Christian Bataille, est chargé de sélectionner quelques zones où les laboratoires souterrains peuvent éventuellement être implantés. Sur sa proposition, le gouvernement autorise l'ANDRA à réaliser des prospections géologiques dans quatre départements en 1994 : le Gard, la Meuse et la Haute-Marne dont les sous-sols sont argileux et la Vienne au sous-sol granitique. Après une première période de reconnaissance géologique depuis la surface, deux départements doivent être sélectionnés pour y implanter des laboratoires souterrains. Afin de disposer d'études sur des formations géologiques aux propriétés radicalement différentes au terme de la période dévolue aux recherches par la loi de 1991, l'implantation d'un laboratoire souterrain dans la Vienne a une importance particulière pour l'ANDRA. Le projet de laboratoire viennois est par ailleurs fortement soutenu par René Monory, alors président du Conseil général de la Vienne et président du Sénat.

De plus, la majeure partie des études réalisées en France sur l'évacuation géologique durant les années 1980 portaient sur l'enfouissement dans le granite. Notons enfin que les deux projets de stockage les plus avancés dans le monde sont prévus dans des formations granitiques, en Suède et en Finlande.

Lorsque les géologues de l'ANDRA commencent à étudier le granite de la Vienne, ils ne disposent que de très rares informations sur cette formation géologique[6]. Ce granite est situé sous une couverture sédimentaire d'environ 150 mètres d'épaisseur qui empêche toute observation directe de cette roche depuis la surface. La Vienne se situe entre le Massif armoricain et le Massif central qui ont fait l'objet de nombreuses prospections minières mais, avant l'arrivée de l'ANDRA, les géologues de l'agence n'ont connaissance d'aucun forage profond effectué sous la couverture sédimentaire du seuil du Poitou. Seule une carte des mesures en surface du champ gravitationnel de la Terre leur indique une anomalie dans les cantons de Charroux et Civray. Cette anomalie les laisse supposer la présence d'un leucogranite en profondeur. En effet, les leucogranites contiennent peu de minéraux ferromagnésiens et la présence d'une telle formation géologique sous la couverture sédimentaire pourrait expliquer l'anomalie dans la mesure du champ gravitationnel en surface. Le CEA a déjà étudié un leucogranite à Auriat durant les années 1980 et ses propriétés semblent particulièrement bien adaptées pour accueillir un stockage. Toutefois, seule, la carte gravimétrique dont dispose l'ANDRA est difficilement interprétable : avant la réalisation des premiers forages, les géologues de l'agence ne sont alors pas totalement sûrs que l'anomalie gravimétrique observée témoigne bien de l'existence d'un granite (Groupe permanent Déchets, 1998, p. 9).

À partir de l'été 1994, l'ANDRA commande au BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières, organisme national d'expertise géologique) un ensemble de cartes géophysiques de la Vienne. Celles-ci permettent de sélectionner une zone restreinte à l'Est du canton de Civray et sur le canton de Charroux qui fait l'objet d'une reconnaissance géologique par forages. De septembre à décembre 1994, onze forages verticaux sont réalisés dans la formation granitique et la couverture sédimentaire (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, 1995).

[6] Entretiens avec deux géologues travaillant à l'ANDRA durant les années 1990 (décembre 2014 et janvier 2015).

Le granite carotté n'est pas d'une grande homogénéité. Les géologues de l'ANDRA ont ainsi prélevé trois types de granite dont la composition minéralogique et géochimique diffère : des granodiorites, un leucogranite et un granite fin à biotite. Notons qu'un seul forage a mis à jour un leucogranite, « responsable de l'anomalie gravimétrique négative qui repère le massif granitique de Charroux Civray sous la couverture sédimentaire » (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, 1995) : la composition minéralogique et géochimique du granite de la Vienne se révèle donc être largement une surprise pour les géologues de l'ANDRA.

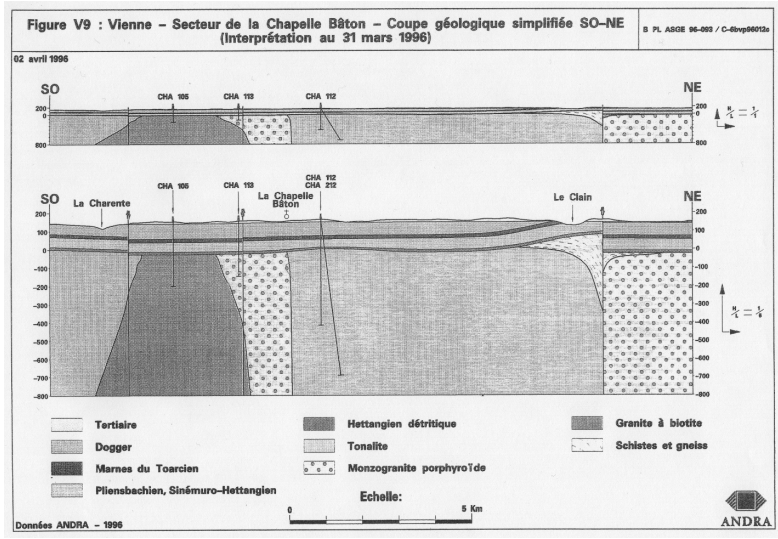


Figure 1 – Coupe géologique simplifiée du secteur de La Chapelle-Bâton (Source : Andra, 1996)

La présence de deux aquifères exploités dans la couverture sédimentaire qui surplombe le socle granitique accroît la complexité de l'étude de l'hydrogéologie du site de la Vienne (cf. figure 1). En effet, dans la couverture, le Dogger et l'Infra-Toarcien sont deux formations relativement poreuses qui emmagasinent de l'eau qu'il est possible de prélever depuis la surface. En 1994, les géologues de l'ANDRA ont référencé plus de deux cents captages d'eau dans les nappes aquifères du Dogger et de l'Infra-Toarcien. Ceux-ci sont utilisés par des exploitations agricoles et des installations industrielles ainsi que pour la consommation d'eau po-

table. Déterminer s'il existe une communication entre les aquifères de la couverture sédimentaire et l'eau qui circule dans les fractures du socle granitique constitue une priorité pour les géologues de l'ANDRA. En effet, sous l'action de l'eau présente dans les failles du granite, la dégradation des propriétés de confinement du stockage et la mise en solution des radionucléides pourraient alors entraîner une contamination radiologique relativement rapide en surface.

La caractérisation de la fracturation de la roche est l'une des principales difficultés de l'étude de la formation granitique. En effet, le granite est une roche dure et cassante. Si sa rigidité fait tout son intérêt pour le stockage géologique, sa faible plasticité et sa fracturation sous l'action de trop fortes contraintes sont au contraire problématiques. Du fait de la très faible plasticité du granite, les fractures dues aux mouvements tectoniques ne se rétractent pas — comme c'est le cas dans l'argile par exemple. Ces fractures, si elles ne sont pas colmatées par d'autres minéraux, peuvent alors constituer des voies d'eau privilégiées dans la roche. L'étude des circulations hydrogéologiques dans le granite est donc intimement liée à celle de la fracturation de la roche. Depuis les années 1950, l'eau est considérée comme le principal vecteur potentiel de la migration des radionucléides vers la surface (Petit, 1993, p. 107–108).

Le caractère chaotique de la fracturation du granite pose un problème redoutable aux géologues de l'ANDRA. Les fractures ont différentes épaisseurs et certaines sont colmatées. Seules les fractures les plus épaisses peuvent être observées par des méthodes géophysiques depuis la surface. Pour les plus minces, les géologues doivent se contenter de l'observation des carottes de roche pour déterminer la densité de la fracturation. Ils ont remarqué la venue d'eau dans les forages effectués dans le socle granitique. Néanmoins, pour eux, seules les fractures les plus larges ont une activité hydraulique. En effet, ils estiment que l'épaisseur des fractures est proportionnelle à leur longueur : seules les fractures les plus larges, de longueurs hectométriques, seraient ainsi connectées entre elles et de ce fait susceptibles d'avoir une activité hydraulique.

La caractérisation du granite de la Vienne se heurte donc à différentes difficultés. Certaines, comme la caractérisation de la fracturation, sont inhérentes à l'étude de toutes les formations fracturées. D'autres, comme l'existence d'une couverture sédimentaire dans laquelle se trouvent deux aquifères exploités, sont spécifiques au site de la Vienne. À partir de 1994, les géologues du BRGM et de l'ANDRA ont commencé à caracté-

riser dans la Vienne une formation géologique qui leur était jusqu'alors quasiment inconnue. Au printemps 1996, l'ANDRA interrompt ses travaux de reconnaissance géologique et dépose des dossiers de Demande d'autorisation d'implantation et d'exploitation (DAIE) pour trois laboratoires souterrains dont un dans la Vienne. La caractérisation de la géologie du site est alors encore assez sommaire : les laboratoires souterrains sont justement destinés à approfondir celle-ci à partir d'essais *in situ*. Réalisés dans des galeries implantées à plusieurs centaines de mètres sous terre, ces essais sont destinés à permettre à l'ANDRA d'évaluer la possibilité de stocker des déchets nucléaires en 2005, au terme de la période dévolue aux recherches par la loi de 1991. La construction de laboratoire ne présente en soi aucun risque. Pour l'ANDRA, il s'agit alors de poursuivre la caractérisation d'un potentiel site de stockage mais en aucun cas, à ce moment, de montrer la sûreté d'un stockage dans la Vienne.

Évaluer la pertinence d'implanter un laboratoire souterrain dans la Vienne

Le travail de l'ANDRA est évalué par deux instances : la Commission nationale d'évaluation (CNE) et la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN). La DSIN est rattachée aux ministères de l'Énergie et de l'Environnement. Elle est chargée du contrôle et de l'inspection des installations nucléaires. Pour cela, la DSIN s'appuie sur l'expertise de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN). L'IPSN dépend du CEA et il mène ses propres travaux sur l'évacuation géologique des déchets nucléaires, notamment dans un laboratoire implanté dans un ancien tunnel ferroviaire à Tournemire (Aveyron). Lorsqu'elle doit rendre des avis, la DSIN s'appuie sur des groupes permanents. Le groupe permanent Déchets (GPD) regroupe une trentaine d'expert.es : des universitaires mais aussi des salarié.es de l'ANDRA, du BRGM, du CEA, d'EDF, de la DSIN et de l'IPSN. Les avis du GPD sont préparés par des salarié.es de l'IPSN avant d'être discutés et amendés en réunion. Ces avis comportent des recommandations pour la poursuite des recherches mais ils ne sont pas contraignants.

La CNE est instituée par la loi du 30 décembre 1991. Elle est composée de douze membres nommés à parité par le Gouvernement et le Parlement sur proposition de l'Office parlementaire d'évaluation des

choix scientifiques et technologiques (OPECST), du Comité supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires et enfin, de l'Académie des sciences. Lors de sa mise en place en 1994, son président, le géologue à l'Institut français du pétrole Bernard Tissot, présente la CNE comme « l'Académie des déchets nucléaires » (Saas, 1994, p. 5). Outre son président, deux autres membres de la Commission sont des académiciens. Les membres de la CNE sont des scientifiques reconnus et plusieurs d'entre eux travaillent pour l'industrie nucléaire. Ainsi, le Haut-commissaire à l'énergie atomique, Robert Dautray, est membre de la Commission. Un de ses conseillers techniques ainsi que le conseiller scientifique du CEA pour l'aval du cycle nucléaire sont également membres de la CNE. Celle-ci compte également parmi ses membres un ancien président du CEDRA, homologue suisse de l'ANDRA, et un expert de l'AEN qui y supervise l'activité du *Radioactive Waste Management Comitee*. Notons également que cinq membres de la CNE ont participé durant les années 1980 aux activités du groupe Goguel dont les conclusions ont été largement reprises dans la Règle Fondamentale de Sûreté III.2.f de 1991 qui encadre l'implantation des dépôts géologiques de déchets nucléaires en France. Pour la plupart, les membres de la CNE ont une familiarité plus ancienne avec la gestion des déchets nucléaires que les géologues de l'ANDRA, recrutés en nombre entre la fin des années 1980 et le début des années 1990 (Blanck, 2017, p. 187-188). Quasiment tous travaillaient jusqu'alors à la prospection d'uranium pour la COGEMA.

La CNE est chargée d'informer annuellement le Parlement et le Gouvernement de l'avancée des recherches effectuées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991. Les rapports annuels de la CNE sont publics. Pour écrire ceux-ci, ses membres se réunissent une dizaine de fois par an lors d'auditions auxquelles ils convient l'ANDRA et le CEA à présenter l'état de leurs travaux. Dès la mise en place de la CNE, ses membres prennent particulièrement à cœur leur rôle d'information des parlementaires et la défense de l'autonomie de la commission. Dans le monde du nucléaire[7], habitué à gérer les questions techniques dans des arènes fermées, l'immixtion des membres de la CNE dans des sujets auparavant traités au sein

[7] J'emprunte l'expression « monde du nucléaire » à l'intitulé d'un séminaire organisé à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) par Soraya Boudia et Claude Gilbert durant l'année 2013-2014.

du CEA et la publicité qu'ils donnent aux recherches sur l'aval du cycle agacent parfois.

Si les rôles, la composition et la manière de travailler de la CNE et du GPD diffèrent, notons que certains experts sont membres de ces deux groupes dont le président du GPD, le radiochimiste de l'Université d'Orsay, académicien et ancien membre du Conseil scientifique du CEA, Robert Guillaumont. Les discussions, les critiques et les débats sur les recherches effectuées par l'ANDRA notamment circulent entre la CNE et le groupe permanent.

L'histoire des projets de stockage géologique de déchets nucléaires ne peut se comprendre qu'en étudiant l'activité de l'ANDRA dans le contexte politique et institutionnel dans lequel elle évolue, et notamment dans ses interactions avec les différentes institutions qui l'encadrent. À partir de 1991, le mode de gouvernement de l'aval du cycle qui se met en place repose sur la publicisation des recherches effectuées et sur l'espoir qu'une fois démontré publiquement que le recours à l'évacuation géologique est sûr, ce projet soit accepté. Cette seconde partie est consacrée au moment de la controverse à proprement parler entre l'ANDRA et ses évaluateurs sur l'implantation d'un laboratoire souterrain dans la Vienne. Il s'agit d'étudier ici quelles sont les réserves formulées sur le projet de l'ANDRA et de quelles manières la question de l'implantation de ce laboratoire est liée à celle des promesses que les recherches futures permettent de montrer la sûreté d'un stockage sur ce site.

- *Y a-t-il des éléments rédhibitoires à l'implantation d'un stockage ?*

En février 1996, le groupe permanent examine le bilan des recherches effectuées par l'ANDRA depuis 1994. Les premières critiques de la pertinence d'implanter un laboratoire souterrain dans la Vienne sont formulées lors de cette réunion. Ainsi les premiers commentaires sur les reconnaissances géologiques effectuées par l'ANDRA sont produits une fois que les travaux ont été interrompus le temps de l'instruction des dossiers de DAIE. Le rapport préparé par l'IPSN pour cette réunion de février 1996 formule des recommandations afin d'orienter la poursuite des recherches et de « confirmer l'aspect favorable du site » de la Vienne (Groupe permanent Déchets, 1997, p. 25). Cependant, en réunion, l'hydrogéologue de l'École des Mines Ghislain de Marsily, membre du GPD et de la CNE, s'élève contre une telle qualification du site de la Vienne comme un site aux qualités potentiellement favorables pour l'im-

plantation d'un stockage. Pour lui, plusieurs de ses caractéristiques « sont globalement rédhibitoires pour l'utilisation du site en vue d'un stockage de déchets radioactifs » (p. 29) : rien ne servirait donc d'y construire un laboratoire ; la caractérisation géologique du site depuis la surface suffirait à montrer l'impossibilité d'y implanter un stockage.

À partir de cette réunion de février 1996, de Marsily devient le principal opposant au projet de laboratoire souterrain dans la Vienne. Quelques autres experts le rejoindront dans ses critiques, notamment le géochimiste (CNRS) de la CNE Jean-Claude Duplessy. Néanmoins, l'hydrogéologue de l'École des Mines sera de loin le plus ardant opposant au projet de laboratoire dans la Vienne. Durant la réunion de février 1996, plusieurs membres du GPD émettent des remarques sur les résultats présentés par l'ANDRA mais de Marsily est le seul à défendre que le sous-sol de la Vienne présente des caractéristiques rédhibitoires à l'implantation éventuelle d'un stockage et que la construction d'un laboratoire souterrain y est de ce fait sans intérêt.

Avant l'intervention de Ghislain de Marsily, rien ne semblait exclure qu'un laboratoire soit implanté dans la Vienne. L'hydrogéologue justifie sa position par plusieurs éléments qui indiquent selon lui que le site de la Vienne ne pourra pas permettre d'y implanter un stockage sûr. Tout d'abord, il pointe que la perméabilité du granite de la Vienne est « relativement élevée (jusqu'à 4.10^{-8} m/s) » (Groupe permanent Déchets, 1997, p. 29). De plus, il relève que la présence d'aquifères dans la couverture sédimentaire et l'absence d'imperméabilité constatée entre cette couverture et le socle granitique confèrent un risque important de contamination radiologique en surface due aux circulations hydrogéologiques. La variabilité minéralogique du granite ainsi que la sismicité de la région sont également deux arguments qui motivent sa critique (p. 29). Pour de Marsily, la caractérisation préliminaire du site de la Vienne par l'ANDRA montre que plusieurs caractéristiques géologiques de ce site sont rédhibitoires à l'implantation d'un stockage.

Durant la réunion du GPD, Bernard Mouroux, le géologue de l'ANDRA responsable des travaux de reconnaissance sur le site, se charge de répondre aux critiques formulées. Sans directement contredire de Marily, le géologue de l'ANDRA cherche à minimiser les critiques et nuancer les assertions du professeur de l'École des Mines : si la qualification du site de la Vienne est encore grossière, aucune propriété géologique du site ne serait rédhibitoire à l'implantation éventuelle d'un stockage. Mouroux dé-

fend notamment que l'activité sismique locale s'avère « très modérée dans ses effets globaux » (p. 30) et que, contrairement à ce qui a pu être observé en Suède, la variabilité minéralogique du granite de la Vienne n'induit pas un accroissement de la fracturation. Il reconnaît toutefois qu'il est « probable que la perméabilité [du granite] sera difficile à préciser » (p. 29).

La Règle fondamentale de sûreté fait de la très faible perméabilité de la roche hôte un critère essentiel de choix d'un site de stockage (Service central de sûreté des installations nucléaires du ministère de l'Industrie, 1991, p. 473). Néanmoins, définir ce qu'est la perméabilité d'une formation fracturée n'a rien d'évident (Guri, 1995). En effet, la perméabilité d'une telle formation dépend de l'échelle à laquelle la roche est observée. Entre les fractures, la roche est extrêmement peu perméable. Par contre, les fractures peuvent être conductrices d'eau. À partir de l'observation des carottes de roche, le calcul de la perméabilité moyenne d'un granite dépend de la longueur du tronçon. Dès lors, en fonction du volume de roche considéré, la perméabilité d'une même formation peut être plus ou moins importante et il devient dès lors possible d'arguer que le granite de la Vienne a une faible ou une importante perméabilité en fonction de ce que l'on cherche à défendre.

Les géologues de l'ANDRA attribuent les venues d'eau qu'ils observent dans les forages aux fractures les plus larges. Pour eux, seules ces fractures les plus épaisses sont assez longues pour être connectées entre elles et permettre des circulations hydrauliques. L'observation des carottes de roches indique la présence de telles fractures tous les 150 m à 200 m (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, 1996). Pour l'ANDRA, il est dès lors envisageable de concevoir un stockage de manière à ce que les fractures ne traversent pas des zones où sont placés des déchets.

La controverse ouverte par de Marsily se poursuit durant la suite de la réunion du groupe permanent de février 1996. Originellement focalisé sur l'interprétation des premiers travaux de reconnaissance géologique, le débat vient peu à peu à mettre en discussion l'objet même de ce que cette réunion doit évaluer. Ainsi, de Marsily

> indique que, s'il s'agissait de réaliser dans la Vienne un laboratoire qui soit uniquement méthodologique pour étudier la pétrographie du granite et les circulations des fluides (comme les suédois l'ont fait à Äspö), il n'y verrait pas d'inconvénient ; mais s'il faut qu'aujourd'hui, le groupe permanent donne un avis sur les choix qui lui paraissent les meilleurs du

> point de vue technique, il estime pour sa part que les éléments présentés dans le dossier de l'ANDRA ne sont pas favorables à la sélection du site de la Vienne. (Groupe permanent Déchets, 1997, p. 30)

Ghislain de Marsily précise également qu'il ne croit pas qu'un laboratoire souterrain puisse permettre de lever les incertitudes qui existent alors dans la caractérisation de la géologie de la Vienne. C'est donc parce que les laboratoires souterrains sont destinés à caractériser un site de stockage et qu'il estime que les recherches futures ne permettront pas une caractérisation suffisante du site que de Marsily s'élève contre l'implantation d'une telle installation dans la Vienne.

- *Évaluer la sûreté d'un stockage ou la faisabilité d'un laboratoire ?*

La Règle fondamentale de 1991 dresse une liste des différentes caractéristiques attendues d'un site et d'un ouvrage de stockage et elle accorde une place centrale à l'évaluation de l'impact radiologique en surface des stockages. Étant donné le caractère préliminaire des reconnaissances effectuées avant 1996, un tel calcul d'impact n'a pas encore été réalisé. De plus, un tel calcul global exige une réduction importante de la complexité de la physique des mécanismes qui guident la migration des radionucléides du stockage vers la surface (Patinaux, 2017, chap. 4). De ce fait, une telle focalisation réglementaire sur l'impact radiologique global d'un projet de stockage exige un accord entre l'ANDRA et ses évaluateurs sur ce qui constitue une caractérisation suffisante de l'évolution d'un stockage et sur l'appréhension des incertitudes inéluctables dues aux échelles de temps quasi infinies que l'évacuation géologique des déchets nucléaires engage. La nécessité de cet accord entre l'ANDRA et ses évaluateurs confère une importance politique aux recherches effectuées par l'agence : la caractérisation de la géologie et des ouvrages de stockage doit non seulement permettre la conception d'un stockage sûr mais aussi convaincre les évaluateurs de l'agence.

Depuis les années 1980, les dépôts géologiques de déchets nucléaires sont conçus selon un concept dit « multi-barrières » : la roche n'est pas censée assurer à elle seule la sûreté de l'ouvrage ; les colis et les ouvrages bétonnés dans lesquels ils sont déposés doivent également contribuer à différer la migration des radionucléides vers la surface et à les isoler de l'humanité (Patinaux, 2017, chap. 1). Dès lors, il devient envisageable d'implanter des stockages dans des formations géologiques dont les qua-

lités de rétention des radionucléides sont relativement faibles, comme en Suède par exemple, à condition d'augmenter l'épaisseur — et donc le coût — des « barrières » ouvragées du stockage. La RFS a été écrite de manière à ne pas être trop contraignante dans le choix d'un site afin de ne pas gêner l'implantation d'une telle installation. Toutefois, en attribuant aucun seuil quantitatif au-delà duquel la perméabilité d'une formation géologique ne serait plus « très faible » par exemple, la RFS n'est que d'un faible secours dans la controverse qui oppose l'ANDRA à de Marsily pour départager les deux parties sur ce qui constitue un élément rédhibitoire à l'implantation d'un stockage[8].

Lors de la réunion du groupe permanent, le directeur général de l'ANDRA, Yves Kaluzny précise :

> la logique de reconnaissance d'un site granitique n'a rien à voir avec celle d'un site sédimentaire, notamment pour ce qui concerne les questions relatives à l'homogénéité. Au-delà des éléments présentés dans le dossier de l'ANDRA, il faut maintenant aller voir, in situ ; pour le granite, la réalisation d'un laboratoire souterrain présente un intérêt particulier. L'ANDRA considère pour sa part que le site de la Vienne ne présente pas aujourd'hui de caractère rédhibitoire par rapport aux critères « essentiels » de la RFS III.2.f. et qu'il justifie une reconnaissance plus approfondie. Mais il est clair qu'un certain nombre de questions difficiles, ayant trait essentiellement à l'hydrogéologie et à sa modélisation, restent posées ; les difficultés liées au milieu granitique sont d'ailleurs bien connues depuis le début de la recherche de sites. (Groupe permanent Déchets, 1997, p. 30)

À ce stade des reconnaissances, l'ensemble des acteurs s'accorde sur l'existence d'incertitudes mais pour le directeur général de l'ANDRA, elles justifient l'implantation d'un laboratoire et non l'abandon des recherches. Après une première phase de reconnaissance géologique depuis la surface entre 1994 et 1996, de nombreuses incertitudes subsistent dans la caractérisation du granite de la Vienne. Néanmoins, pour l'ANDRA, ces

[8] Afin d'éviter tout malentendu, je précise que je ne postule pas que la détermination d'un tel seuil dans la RFS aurait aidé à départager les vues qui s'opposent dans cette controverse. Il est entendu qu'il est possible de débattre longuement de la construction d'un nombre (Boudia, 2007 ; Chateauraynaud, Debaz & Fintz, 2013). Mon propos ici consiste uniquement à souligner que l'écriture de la RFS laisse aux évaluateurs le soin de déterminer ce qui constitue une perméabilité acceptable ou non pour une formation dans laquelle la construction d'un stockage est envisagée et que cette règle est, en elle-même, peu contraignante.

incertitudes ne sont pas rédhibitoires : l'analyse de sûreté d'un stockage doit être globale et il n'y a pas lieu d'anticiper les conclusions qui pourront être émises à l'issue des quinze ans de recherche prévus par la loi de 1991. Ainsi, le différend entre l'ANDRA et de Marsily porte à la fois sur les qualités du granite et sur ce qu'il s'agit d'évaluer lors de cette réunion du groupe permanent : s'agit-il d'apprécier si la construction d'un stockage sera possible dans la Vienne ou si rien ne s'oppose à l'implantation d'un laboratoire souterrain ?

Pour l'ANDRA, étant donné que l'existence d'éléments rédhibitoires à l'implantation d'un stockage n'a pas été démontrée, la promesse que les recherches futures puissent montrer la faisabilité de la construction d'un stockage dans la Vienne ne doit pas être brisée. Ghislain de Marsily estime quant à lui que les recherches dans un laboratoire souterrain ne permettront pas de lever les incertitudes qui existent, notamment sur l'hydrogéologie du site (Groupe permanent Déchets, 1997, p. 32). Ainsi, l'opposition entre l'ANDRA et de Marsily porte également sur ce qu'il est possible d'attendre des recherches dans un laboratoire souterrain. Ce déplacement du débat sur l'évaluation des promesses placées dans des recherches futures participe à rigidifier les positions de chacun. En effet, les critères manquent pour apprécier si les recherches futures permettront de caractériser un site aux qualités adaptées à l'implantation d'un stockage. À l'issue de longs débats, le groupe permanent se déclare finalement favorable à l'implantation d'un laboratoire. L'avis mentionne néanmoins que certains de ses membres doutent de la possibilité de lever les incertitudes qui subsistent alors.

- *Vers une déconnexion entre choix d'un site et sûreté d'un stockage*

En juin 1996, la CNE publie son deuxième rapport. Celui-ci relève la complexité de la géologie de la Vienne et la difficulté à étudier le socle granitique induite par l'existence de la couverture sédimentaire. La CNE conditionne l'émission d'un avis favorable à la construction d'un laboratoire dans la Vienne à la réalisation de mesures complémentaires depuis la surface et un travail de modélisation des circulations hydrogéologiques (Commission nationale d'évaluation, 1996, p. II).

Les membres de la CNE ont chacun des spécialités différentes. Ghislain de Marsily (hydrogéologie), Jean-Claude Duplessy (géochimie) et le président de la Commission Bernard Tissot (géologie du pétrole) sont les seuls géologues de la CNE. Duplessy partage les critiques émises

par de Marsily sur les qualités du site de la Vienne. Dans ce débat sur la caractérisation géologique de la Vienne, les membres de la CNE se rallient aux avis des géologues de la Commission[9]. À la différence des avis du groupe permanent, les rapports de la CNE, destinés au Parlement, sont publics. Dès lors, si le rapport de la CNE de 1996 n'apporte pas de nouveaux éléments dans la controverse, il lui donne une autre dimension en la faisant sortir de l'arène confinée où elle se déroulait jusqu'alors.

Avec l'autorisation du Gouvernement, l'ANDRA dépose en août 1996 trois dossiers de Demande d'autorisation d'implantation et d'exploitation (DAIE) pour les sites du Gard, de Meuse/Haute-Marne et de la Vienne. En mars 1997, le groupe permanent se réunit une nouvelle fois pour se pencher sur ces dossiers de DAIE et formuler des recommandations sur la poursuite des recherches. Sans reprendre les arguments exposés précédemment qui continuent d'être discutés durant l'année 1997, je ne vais développer ici qu'un point qui précise ce qu'implique d'évaluer globalement la sûreté d'un stockage.

En 1997, l'ANDRA propose un schéma d'une architecture hypothétique d'un stockage dans le granite. Les déchets seraient placés dans différents « modules », implantés dans des blocs de granite « sains » situés entre les fractures potentiellement conductrices d'eau (Groupe permanent Déchets, 1998, p. 13–14). Sur le schéma de la figure 2, les lignes verticales représentent les galeries du stockage. Entre elles, les points représentent des colis de déchets stockés. Les segments obliques représentent des fractures, réparties à titre hypothétique. L'agence attribue l'existence de circulations hydrogéologiques dans le granite aux fractures de longueurs hectométriques. Au regard de l'étude des carottes de roche prélevées, elle estime que ces fractures délimitent des blocs de granite de tailles suffisantes pour y implanter des modules de stockage. Lors de la réunion du groupe permanent de mars 1997, plusieurs de ses membres formulent des remarques sur cette architecture.

D'une part, l'ANDRA n'a pas encore montré l'existence de blocs de granite sains assez grands pour y implanter des modules de stockage (Groupe permanent Déchets, 1998, p. 6). Deux experts du GPD recommandent que l'ANDRA détermine un seuil en deçà duquel un bloc de granite est trop peu volumineux pour accueillir un module de stockage et

[9] Entretien avec un membre de la CNE siégeant entre 1994 et 2006 (février 2015).



Figure 2 – Schéma d'une architecture modulaire d'un stockage géologique dans un réseau de fractures imaginaire (Kaluzny, 1998)

ainsi garantir l'existence d'une épaisseur de roche minimale entre les colis et les fractures. Le directeur auprès du directeur général de l'ANDRA, Dominique Auverlot, s'y oppose. Le compte rendu de la réunion indique que :

> les termes « valeur de » ou « seuil rédhibitoire » le gênent. Les conclusions du groupe Goguel [groupe d'experts dont les conclusions ont été reprises dans la RFS] n'imposent pas de déterminer a priori un seuil rédhibitoire compte tenu de la multiplicité des facteurs intervenant dans une démonstration de sûreté. M. Auverlot rappelle que la RFS III.2.f ne donne pas des chiffres mais s'en tient à des objectifs. (Groupe permanent Déchets, 1998, p. 14)

Cette réponse de Dominique Auverlot est significative du rôle attribué à la régulation par la direction de l'ANDRA : celle-ci doit encadrer et orienter les travaux de l'agence sans toutefois prendre des mesures qui pourraient s'avérer gênantes par la suite. Ainsi, dans la définition normative qu'il rappelle en creux de ce que doit être une évaluation du travail

de l'agence, la contrainte n'a pas de place (Boudia & Jas, 2013) : l'évaluation de la sûreté d'un stockage doit être globale et aucune caractéristique de la géologie d'un site n'est *a priori* rédhibitoire à l'implantation d'un stockage.

D'autre part, l'architecture proposée confère aux scellements une grande importance pour la sûreté du stockage. En effet, les ouvrages entre les modules de stockage traverseraient des fractures potentiellement conductrices d'eau et le scellement de ces ouvrages aurait de ce fait une importance déterminante dans la sûreté du stockage. Dès lors, les questions de la conception de ces scellements et de leur coût entrent en considération dans le choix d'un tel site et dans la démonstration de la sûreté d'un stockage qui pourrait y être implanté. Durant la suite de la réunion du groupe permanent de mars 1997, la discussion sur les scellements se concentre autour de cette opposition (Groupe permanent Déchets, 1998, p. 47) : faut-il concevoir le meilleur scellement possible ou un scellement qui satisfasse certaines caractéristiques permettant d'assurer la sûreté d'un stockage ? Cette opposition est similaire à celle autour de la sélection de sites géologiques où étudier la possibilité d'enfouir des déchets : faut-il sélectionner le meilleur site géologique possible ou un site où il sera possible d'implanter un stockage ? Pour les salariés de l'ANDRA, il s'agit de sélectionner d'abord un site puis de déterminer les exigences techniques que devront satisfaire les scellements. Pour certains évaluateurs de l'agence, il s'agit de sélectionner le meilleur site et de réaliser les meilleurs scellements possibles.

Pour l'ANDRA, il est ainsi possible d'envisager implanter un stockage à peu près n'importe où et le choix d'un site ne doit pas être restreint par l'établissement de critères contraignants. Une évaluation globale de la sûreté d'un stockage soulève toutefois la question de la faisabilité technique et économique d'ouvrages contribuant de manière significative à la sûreté du stockage. Le scellement d'ouvrages dans des granites est une difficulté bien connue dans ce type de formation. Ainsi, envisager globalement la sûreté d'un stockage lie l'évaluation des propriétés géologiques du site et la conception des colis et des ouvrages de stockage. De plus, évaluer la pertinence d'implanter un laboratoire souterrain demande d'abord de s'accorder sur la manière de mener cette évaluation et sur ce qu'il est raisonnable d'attendre de l'ANDRA.

Conclusion

Au printemps 1997, Lionel Jospin est nommé Premier ministre suite à la dissolution de l'Assemblée nationale par Jacques Chirac. Cet événement contingent aux affaires nucléaires a pour conséquence de reporter les décisions sur l'implantation des laboratoires le temps que le nouveau Gouvernement prenne ses marques. De plus, Dominique Voynet (Les Verts) est nommée ministre de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire et elle freine autant qu'elle le peut toutes les décisions relatives au nucléaire. Après une année d'attente, le projet de laboratoire souterrain dans la Vienne est finalement abandonné lors du conseil des ministres du 9 décembre 1998. La construction d'un seul laboratoire est autorisée, à Bure dans l'argile de l'est de la France. Ainsi, les critiques émises sur l'opportunité d'implanter un laboratoire dans la Vienne aboutirent à l'abandon de ce projet.

Ces critiques sont d'abord portées par de Marsily lors de la réunion du groupe permanent de mars 1996 avant d'être reprises par l'ensemble de la CNE dans ses rapports n° 2 (juin 1996) puis n° 3 (septembre 1997) (Commission nationale d'évaluation, 1996 ; 1997). En cette deuxième moitié des années 1990, l'enjeu pour l'ANDRA est d'implanter des laboratoires souterrains et non encore un stockage. Pourtant, les critiques à l'encontre du projet de laboratoire dans la Vienne ont poussé l'ANDRA à proposer une architecture modulaire de stockage qui fut elle aussi largement critiquée durant la réunion du groupe permanent de février 1997.

L'ANDRA tient à dissocier les débats sur l'implantation d'un laboratoire de ceux sur l'implantation d'un stockage. Cependant, ces deux débats sont intimement liés dans cette controverse et se traduisent par une opposition entre deux modes d'évaluation de la sûreté. Pour l'ANDRA, la sûreté d'un dépôt géologique doit s'évaluer globalement et il ne saurait y avoir d'éléments rédhibitoires à l'implantation d'un stockage justifiant d'abandonner la poursuite des recherches. Au contraire, pour de Marsily notamment, la caractérisation géologique du site de la Vienne montre l'existence de tels éléments rédhibitoires qui justifient d'arrêter les recherches sur ce site.

L'ANDRA se voit ainsi perturbée par l'immixtion de la CNE dans la gestion des déchets nucléaires. Les débats montrent néanmoins que les acteurs et leurs discours circulent entre le groupe permanent chargé d'éva-

luer les projets de laboratoire et la CNE chargée d'évaluer les recherches effectuées. La difficulté à déterminer ce qui importe dans la sûreté d'un stockage et dans le choix d'un site vient en partie de l'exceptionnalité de ce projet et des échelles de temps inédites qu'il met en jeu. En effet, unique solution promue par les responsables de la gestion des déchets nucléaires pour faire face à l'accumulation de ces déchets, l'évacuation géologique a une importance stratégique pour le futur de l'énergie atomique — le marché de l'électricité s'ouvrant au moment même de cette controverse.

De plus, d'un débat sur la caractérisation géologique du site granitique, la controverse a amené à mettre en discussion la manière d'évaluer la sûreté d'un stockage et ce qu'il est possible d'attendre des recherches effectuées dans un laboratoire souterrain. Elle a montré que l'évaluation du travail de l'ANDRA est avant tout destinée à accompagner le travail de l'agence pour le rendre meilleur. La focalisation de la RFS sur l'analyse de sûreté globale permet une certaine souplesse dans le choix des sites : il s'agit d'éviter toute contrainte réglementaire qui pourrait s'avérer bloquante pour la suite du projet. Cependant, l'impossibilité épistémique de produire une connaissance exhaustive de l'évolution d'un ouvrage durant le prochain million d'années impose que l'ANDRA parvienne à un accord avec ses évaluateurs sur ce qu'il est raisonnable d'attendre des recherches effectuées et sur l'appréhension des incertitudes qui inexorablement existent. L'échec de l'ANDRA à convaincre ses évaluateurs de la pertinence d'implanter un laboratoire dans la Vienne montre alors d'une part la vulnérabilité qu'induit pour l'agence l'impossibilité épistémique à appréhender exhaustivement l'évolution d'un stockage et d'autre part un effet de l'importance accordée à la démonstration de la sûreté dans le nouveau mode de gouvernement de l'aval du cycle qui se met en place avec la loi de 1991.

Références

Archives institutionnelles de l'ANDRA

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS (1995), « Recherches de sites pour l'implantation de laboratoires souterrains d'études géologiques. Résultats des travaux réalisés en 1994 ».

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS (1996), « Laboratoires souterrains d'études géologiques. Résultats des travaux de reconnaissance géologique. Janvier 1994 - mars 1996 ».

GROUPE PERMANENT DÉCHETS (1997), « Compte rendu des réunions des 26, 27 et 28 février 1996 ».

GROUPE PERMANENT DÉCHETS (1998), « Projet de compte rendu de la réunion du 24 mars 1997 ».

GURI Gérard (1995), « Granite. Conductivité hydraulique — Volume élémentaire représentatif. Quelques réflexions ».

KALUZNY Yves (1998), « Lettre à Bernard Tissot, Annexe 3 : Justification extrapolation L.S. - stockage : argumentaire Vienne ».

SAAS Arsène (1994), « Compte rendu de la réunion du 31 mai 1994 (Première réunion) ».

Documents publics

COMMISSION NATIONALE D'ÉVALUATION (1996), « Rapport d'évaluation n° 2 ».

COMMISSION NATIONALE D'ÉVALUATION (1997), « Rapport d'évaluation n° 3 ».

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE (1991), « Compte rendu intégral de la deuxième séance du mardi 25 juin 1991 », Débats parlementaires Assemblée nationale, Seconde session ordinaire de 1990-1991.

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE (1992), « Loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs », Lois et décrets.

SERVICE CENTRAL DE SÛRETÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DU MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (1991), « Règles fondamentales de sûreté relatives aux installations nucléaires de base autres que réacteur ».

Bibliographie

ASSOCIATION CONTRE LE NUCLÉAIRE ET SON MONDE (2007), *Histoire lacunaire de l'opposition à l'énergie nucléaire en France*, Paris, La Lenteur.

ATTEN Michel & PESTRE Dominique (2002), *Heinrich Hertz : l'administration de la preuve*, Paris, Presses universitaires de France.

BARTHE Yannick (2006), *Le pouvoir d'indécision. La mise en politique des déchets nucléaires*, Paris, Economica.

Barthe Yannick & Gilbert Claude (2006), *Recherche et déchets nucléaires. Une réflexion interdisciplinaire*, Grenoble, Centre national de recherche scientifique et Maison des Sciences de l'Homme-Alpes. Cahier Risques collectifs et situations de crise, n°5.

Berkhout Frans (1991), *Radioactive Waste: Politics and Technology*, Londres/New York, Routledge.

Blanck Julie (2017), *Gouverner par le temps. La gestion des déchets radioactifs en France, entre changements organisationnels et construction de solutions techniques irréversibles (1950-2014)*, Thèse de doctorat, Institut d'études politiques de Paris.

Boudia Soraya (2007), « Naissance, extinction et rebonds d'une controverse scientifique : les dangers de la radioactivité pendant la guerre froide », *Mil neuf cent. Revue d'histoire intellectuelle*, vol. 25, p. 157–170.

Boudia Soraya & Jas Nathalie (éds.) (2013), *Toxicants, Health and Regulation since 1945*, Londres, Pickering & Chatto.

Chateauraynaud Francis, Debaz Josquin & Fintz Matthieu (2013), « Aux frontières de la sécurité sanitaire. Les controverses métrologiques sur les faibles doses et les perturbateurs endocriniens », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 21, n° 3, p. 271–281.

Collectif (2013), *Le Gouvernement par la peur au temps des catastrophes*, Villasavary, Les Éditions de la roue.

Durant Darrin & Johnson Genevieve Fuji (éds.) (2010), *Nuclear Waste Management in Canada: Critical Issues, Critical Perspectives*, Vancouver, University of British Columbia Press.

Hamblin Jacob D. (2008), *Poison in the Well. Radioactive Waste in the Oceans at the Dawn of the Nuclear Age*, New Brunswick, Rutgers University Press.

Hirschman Albert O. (1995), *Un certain penchant à l'autosubversion*, Paris, Fayard.

Lits Grégoire (2015), *La gestion des déchets hautement radioactifs belges à l'épreuve de la démocratie. Contribution à une sociologie des activités décisionnelles*, Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain (Belgique).

Macfarlane Allison & Ewing Rodney Charles (éds.) (2006), *Uncertainty Underground: Yucca Mountain and the Nation's High-Level Nuclear Waste*, Cambridge (MA), MIT Press.

MAZUR Allan & CONANT Beverlie (1978), « Controversy over a Local Nuclear Waste Repository », *Social Studies of Science*, vol. 8, n° 2, p. 235–243.

PAROTTE Céline (2016), *L'art de gouverner les déchets hautement radioactifs. Analyse comparée de la Belgique, la France et le Canada*, Thèse de doctorat, Université de Liège (Belgique).

PATINAUX Leny (2017), *Enfouir des déchets nucléaires dans un monde conflictuel. Une histoire de la démonstration de sûreté de projets de stockage géologique, en France (1982-2013)*, Thèse de doctorat, École des hautes études en sciences sociales.

PESTRE Dominique (1995), « Pour une histoire sociale et culturelle des sciences. Nouvelles définitions, nouveaux objets, nouvelles pratiques », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, vol. 50, n° 3, p. 487–522.

PESTRE Dominique (2007), « L'analyse de controverses dans l'étude des sciences depuis trente ans », *Mil neuf cent. Revue d'histoire intellectuelle*, vol. 25, n° 1, p. 29–43.

PETIT Jean-Claude (1993), *Le stockage des déchets radioactifs : perspective historique et analyse sociotechnique*, Thèse de doctorat, École nationale supérieure des mines de Paris.

SHRADER-FRECHETTE Kristin S. (1993), *Uncertainty: Risk and the Case against Geological Disposal of Nuclear Waste*, Berkeley, University of California Press.

SUNDQVIST Göran (2002), *The Bedrock of Opinion: Science, Technology and Society in the Siting of High-level Nuclear Waste*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

TOPÇU Sezin (2013), *La France nucléaire. L'art de gouverner une technologie contestée*, Paris, Seuil.