Document généré le 4 août 2025 16:10

Cygne noir
Revue d'exploration sémiotique

Stockage des déchets nucléaires : la communication à travers les millénaires. L'hypothèse cléricale de Sebeok réinterprétée avec Latour et Lotman

Simon Levesque

Numéro 5, 2017

Sémiotique et écologie

URI : https://id.erudit.org/iderudit/1089940ar
DOI : https://doi.org/10.7202/1089940ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

Cygne noir

ISSN

1929-0896 (imprimé)
1929-090X (numérique)

Découvrir la revue

Citer cet article

Levesque, S. (2017). Stockage des déchets nucléaires : la communication à travers les millénaires. L'hypothèse cléricale de Sebeok réinterprétée avec Latour et Lotman. *Cygne noir*, (5), 74–131. https://doi.org/10.7202/1089940ar

Résumé de l'article

L'exploitation civile du potentiel énergétique issu de la fission de l'atome, depuis 1954, a généré des masses de déchets nucléaires souvent hautement radioactifs. Stockés à la surface de la Terre, ces déchets sont soumis aux aléas de l'histoire et exposés à d'éventuelles catastrophes naturelles impliquant un risque de diffusion à la fois des matières radioactives et de la radiotoxicité. La solution consensuelle pour leur gestion consiste, depuis trois décennies, à les enfouir en couche géologique profonde pour une durée indéterminée. Considérant que la période radioactive moyenne de ces déchets est d'environ 250 000 ans, cette solution implique de trouver un moyen de communiquer le danger que représentent ces sites d'enfouissement aux générations futures, dans un horizon temporel sans commune mesure dans, et même avec, l'histoire des civilisations humaines. L'hypothèse examinée ici est celle du « clergé atomique » proposée par le sémioticien Thomas A. Sebeok en 1984 dans *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*. En prenant appui sur les travaux en sociologie des sciences de Bruno Latour et ceux sur la sémiosphère de Juri Lotman, une relecture de l'hypothèse cléricale est opérée. À travers cette réinterprétation, deux doctrines éthiques sont identifiées, qui axiomatisent le développement d'un éventuel dispositif sémiotique pour la communication dans la très longue durée associée au cas d'étude : une éthique de la responsabilité périnucléaire et une éthique de la conviction mythonucléaire.

© Simon Levesque, 2017

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter en ligne.

https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/

Cet article est diffusé et préservé par Érudit.

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche.

https://www.erudit.org/fr/

Stockage des déchets nucléaires : la communication à travers les millénaires. L'hypothèse cléricale de Sebeok réinterprétée avec Latour et Lotman

> Je te donnerai des trésors cachés, des richesses enfouies,
> afin que tu saches que je suis l'Éternel…
>
> Esaïe, 45, 3.

La filière nucléaire civile a produit, depuis ses débuts au sortir de la Seconde Guerre mondiale, une quantité de déchets radioactifs dont on ne sait comment se débarrasser. Ces déchets ne représentent pas un fort volume à l'échelle mondiale, mais constituent un problème insoluble en raison de leur radiotoxicité élevée et prolongée. En effet, parmi les déchets considérés, certains isotopes ont une période radioactive allant jusqu'à quelques millions d'années. À cela s'ajoute une difficulté supplémentaire liée à l'intangibilité de la radioactivité : elle est imperceptible pour l'humain, sauf à considérer ses effets délétères dans la durée et à condition de savoir les y rattacher. Sans l'objet technique approprié, le compteur Geiger, impossible de mesurer la radioactivité d'une zone donnée ; sans connaissance scientifique sur la radiotoxicité, impossible d'attribuer à la matière radioactive la cause de symptômes de dégénérescences physiques et génétiques. Un simple dépotoir ne suffit donc pas à leur recèlement. Si l'on s'accorde à reconnaître que la gestion des déchets nucléaires relève du domaine de la santé publique, mais aussi bien du maintien de l'équilibre des écosystèmes terrestres (et des possibilités productives qui s'y adossent), il apparaît primordial de pouvoir contrôler les zones affectées au stockage de déchets nucléaires dans la très longue durée, de sorte à limiter au maximum les risques d'exposition et de contamination, mais aussi de vol et de prolifération. Or, ce problème particulier implique la prise en compte d'une durée encore inédite et sans commune mesure. En effet, comment envisager une institution capable de prendre en charge la gestion des déchets nucléaires pour des milliers, voire des millions d'années à venir? À considérer à la fois les aléas de l'histoire des civilisations telle qu'on la connaît, les événements de nature climatique et le temps géologique, en plus du reste, inenvisageable, qui est de l'ordre du « cygne noir[1] », l'incertitude planant sur la durée considérée est telle qu'il paraît peu probable que l'on parvienne à opérationnaliser une solution durable, concrète et efficace en matière de gestion des déchets radioactifs.

Dans cet article, bien que des pistes pratiques puissent être mises de l'avant, ce sont surtout deux conceptions de la communication dans la très longue durée qui s'affrontent. En évitant de s'immiscer dans le débat sur le recours à l'exploitation de l'énergie nucléaire (qui mériterait une réflexion en soi, différente, bien que connexe au problème ici considéré), le problème se réduit effectivement à considérer la capacité d'un dispositif sémiotique à communiquer les dangers que représentent les sites de stockage de déchets nucléaires pour les millénaires à venir. Cette communication particulière a pour destinataire les générations futures d'humains (considérées dans toute leur impondérabilité évolutive). Toutefois, la radiotoxicité affectant l'ensemble du vivant, il importe de ne pas perdre de vue la nature fondamentalement écologique du problème[2] ; l'impact de l'exploitation de l'énergie atomique par les sociétés humaines s'étend uniformément à l'ensemble des formes de vie à la surface de la Terre.

Les deux conceptions de la communication à très long terme considérées dans cet article sont : d'une part, celle du mythe, de la mythologisation des productions sémiotiques dans une perspective magico-pragmatique ; et, de l'autre, celle de la raison, de la rationalisation informationnelle dans une perspective historico-scientiste et critique. Ce sont donc deux paradigmes épistémologiques qui s'affrontent : magie *vs* science[3], *muthos* contre *logos*. Deux données leur sont transversales, la croyance et la nécessité pratique. Ces deux paradigmes procèdent d'une même volonté d'explication du monde. Leur opposition n'est donc pas aussi nette qu'on pourrait le croire, et on prendra soin de nuancer ce rapport superficiellement binaire en présentant deux interprétations de l'hypothèse pour la constitution d'un dispositif sémiotique efficace mise de l'avant par le sémioticien étatsunien Thomas A. Sebeok. Cette hypothèse a été formulée en 1984 dans un rapport officiel, *Communication Measures to Bridge Ten Millenia*, commandé sous l'autorité de Département de l'énergie des États-Unis en lien avec le développement d'un site de stockage de déchets nucléaires en couche géologique profonde. Une relecture de cette proposition, dite « hypothèse cléricale » en raison de sa teneur, est opérée ici dans une perspective critique. Cette relecture s'appuie sur les travaux en sociologie des sciences de Bruno Latour et ceux de Juri Lotman sur la sémiosphère. Si l'hypothèse de Sebeok suggère une approche pragmatique et fonctionnelle du problème (au risque d'un autoritarisme politique ou d'un ensauvagement de la pensée[4]), la relecture qui en est faite permet de mettre au jour une tension importante, constitutive même de l'hypothèse, qui la mine. Cette relecture permet néanmoins de redéfinir l'enjeu de la communication dans la très longue durée et ses conditions de possibilité. Un dispositif sémiotique efficace semble devoir tirer profit des dynamiques structurant la sémiosphère dans son ensemble. Deux postures éthiques se révèlent apparemment irréconciliables au terme de cette relecture critique. Pour reprendre les termes de Max Weber, on a, d'un

côté, une éthique de la conviction ; de l'autre, une éthique de la responsabilité[5]. À l'intérieur du vaste dispositif communicationnel que représente la sémiosphère, l'activité sémiotique s'axiomatise selon deux ensembles propositionnels opposés mais connexes : *périnucléaire* et *mythonucléaire*.

Loin de vouloir m'en tenir à un affrontement sur le plan strictement éthique, la considération de ces deux interprétations a pour objectif d'enserrer le problème apparemment insoluble de la communication à très long terme, de sorte à en extraire les spécificités et l'originalité, en raison desquelles une solution sémiotique synthétique adéquate doit être avancée. Il en va non seulement de la survie, dans la durée, de l'espèce humaine, mais également de l'équilibre des écosystèmes terrestres. En effet, l'exploitation du potentiel nucléaire par les sociétés humaines contemporaines constitue une menace qui, à défaut d'être tangible, est absolument concrète et actuelle : à mesure que les déchets nucléaires s'accumulent, les risques d'un grave dérèglement s'accroissent fatalement sur notre « communauté de destin »[6]. Il ne s'agit pas ici de se montrer volontairement catastrophiste ; le problème ne peut effectivement s'énoncer autrement. Bien qu'il soit nécessaire d'en considérer l'impact dans le contexte actuel de « renaissance nucléaire »[7], cet article n'aborde pas le problème de l'exploitation nucléaire dans la perspective du « développement durable », mais se contente d'évaluer la durabilité des dispositifs sémiotiques qui lui sont associés.

Quatre parties structurent l'article. La première partie définit le cas d'étude et détermine les paramètres du problème de la gestion des déchets nucléaires. Cette première partie est subdivisée en deux sections : la première section apporte des éléments factuels sur les déchets nucléaires ; la seconde présente la solution de gestion privilégiée par les administrations contemporaines : le stockage en couche géologique profonde. La deuxième partie aborde la question de la communication à très long terme liée à la solution gestionnaire privilégiée. Cette deuxième partie est elle aussi subdivisée en deux sections : la première section aborde les travaux de Thomas A. Sebeok et les spécificités du problème sémiotique considéré ; la seconde présente un éventail de solutions et leurs limitations inhérentes. La troisième partie reprend l'hypothèse développée par Sebeok afin d'en mieux comprendre la teneur et les implications. À nouveau, cette partie est subdivisée en deux sections : la première section propose une relecture de l'hypothèse cléricale avec Latour et Lotman ; la seconde tâche d'apprécier les apports différenciés de la rationalisation et de la mythologisation de la communication dans la très longue durée. Cette troisième partie constitue sans doute l'originalité de l'article et un apport inédit au problème de la communication lointaine à partir du problème concret de la gestion des déchets nucléaires. La quatrième partie, conclusive, se penche sur les limites imposées par la définition du problème dans le cadre de cet article.

La communication dans la très longue durée est généralement peu discutée, car il ne va pas de soi qu'elle puisse constituer un domaine de pensée qui s'accorde aux réalités de notre quotidien productif. Or, la gestion des déchets nucléaires représente à n'en pas douter un problème d'actualité directement lié à la productivité des sociétés humaines, mais dont la portée s'étend aux millénaires à venir. L'exploitation de l'énergie nucléaire est extrêmement récente à l'échelle de l'histoire de l'humanité. La sémiotique est convoquée afin de réfléchir aux implications de cette activité et aux possibilités futures, non pas relatives à la poursuite de l'exploitation nucléaire elle-même, mais à la poursuite de l'activité humaine en général et au maintien des écosystèmes en tenant compte désormais de cet impondérable danger, les rebuts radioactifs, qui menace de s'ériger en aboutissement de l'histoire.

1. Problèmes liés à la gestion des déchets nucléaires

L'exploitation civile du potentiel énergétique issu de la fission de l'atome, depuis 1954, a généré des masses de déchets nucléaires souvent hautement radioactifs. Des millions de tonnes de déchets ont été amassées au fil des ans sans qu'on ne sache exactement comment s'en débarrasser. Les déchets qu'émettent les réacteurs électronucléaires civils ont une durée de vie radioactive moyenne de près de 250 000 ans. Stockés à la surface de la Terre, ils sont soumis aux aléas de l'histoire et exposés aux catastrophes naturelles potentielles. Il est urgent de mettre ces déchets à l'abri pour minimiser les risques de prolifération nucléaire, d'exposition à la radiotoxicité et d'interférence écosystémique. Les plans nationaux d'intervention développés du point de vue de la sûreté nucléaire (en cas d'accident) sont inefficaces pour réduire les risques associés aux déchets dans la longue durée à l'échelle mondiale[8].

La question de la gestion des déchets a accompagné le développement de la filière nucléaire depuis les débuts de l'exploitation de l'énergie atomique. En novembre 1959, une conférence internationale est organisée à Monaco sous l'égide de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Elle a pour objectif d'inventorier les méthodes disponibles ou envisageables et de diriger la recherche scientifique en ce qui a trait à l'élimination ou à la gestion des déchets radioactifs. Puis, en 1969, est organisé un premier colloque international sur la question de l'enfouissement des déchets radioactifs dans le sous-sol terrestre[9]. Au cours de la décennie 1980, la solution du stockage « définitif » (ou au moins pour les 100 000 prochaines années) des déchets radioactifs dans des formations géologiques (de 300 à 1000 m. de profondeur) gagne en importance[10].

Cette option fait aujourd'hui l'objet d'un large consensus au sein des communautés scientifique et d'exploitation du nucléaire civil, et de plus en plus de pays planifient la construction de tels sites d'enfouissement.

1.1 Les déchets nucléaires en question

Il n'y a aucune manière de produire de l'énergie par la fission de l'atome sans produire de déchets nucléaires. Ces déchets sont radioactifs et peuvent avoir une période radioactive, ou demi-vie, de 2,14 millions d'années dans le pire des cas (neptunium-237) et, dans le meilleur, de 31 ans (césium-137). La demi-vie du plutonium-239 (issu de l'enrichissement de l'uranium-238), l'un des trois « combustibles » majeurs impliqués dans la production d'énergie électro-atomique, est d'un peu plus de 24 000 ans. Ce qui signifie qu'à l'issue de cette période, seule la moitié des atomes de plutonium se seront transformés en d'autres éléments dont la radiotoxicité sera moindre. La matière demeure donc radiotoxique bien au-delà de la période indiquée (tableau 1).

Tableau 1. Périodes radioactives des éléments les plus radiotoxiques contenus dans les combustibles usés[11].

Radioéléments	**Période radioactive (années)**
Actinides majeurs :	
– Plutonium-239	24 065
– Plutonium-240	6 573
Actinides mineurs :	
– Neptunium-237	2 140 000
– Américium-243	7 380
– Américium-241	432
– Curium-245	8 530
Produits de fission :	
– Selenium-79	65 000
– Zirconium-93	1 500 000
– Technetium-99	210 000
– Palladium-107	6 500 000
– Étain-126	100 000
– Iode-129	15 700 000
– Césium-135	2 300 000
Produits d'activation :	
– Zirconium-93	1 530 000
– Nickel-59	75 000
– Niobium-94	20 300

Les déchets dits HAVL (Haute activité – Vie longue) correspondent ni plus ni moins aux barres de « combustible » nucléaire irradiées dans les réacteurs électronucléaires. Ils sont constitués des produits de fission du combustible et des actinides mineurs formés par capture neutronique. Ces déchets représentent un volume relativement faible, mais sont caractérisés par une très haute toxicité. Par exemple, en France, les déchets HAVL ne représentent que 3% du total des déchets radioactifs produits, mais ils concentrent la presque totalité de leur radioactivité[12]. Le stock mondial de déchets HAVL était évalué en 2008 à environ 250 000 tonnes. D'après un rapport de la World Nuclear Association (WNA) daté de juillet 2015, dans les pays de l'OCDE, 81 000 m^3 de déchets nucléaires sont produits par année[13]. À titre indicatif, la France prévoit tripler sa production de déchets nucléaires d'ici à 2080[14].

Diverses techniques existent pour stocker ces déchets afin de diminuer leur écotoxicité ou d'en atténuer la radiotoxicité, puisqu'ils ne peuvent être complètement détruits. L'entreposage temporaire sert à stocker les déchets pour une durée plus ou moins longue, en un lieu fixe ou en de petites unités pour faciliter le transport. Les principales technologies en usage dans cette catégorie sont : 1) piscine de carburant usé (*Spent fuel pool*) ; 2) baril à sec (*Dry cask storage*) ; 3) baril de transport de carburant usé (*Spent nuclear fuel shipping cask*) ; 4) Ducrete (béton haute densité) ; 5) Calcrete (enrobage calcaire) ; 6) Synroc (roche synthétique composée de trois titanates). En matière de traitement des déchets, il existe deux phénomènes dont on peut tirer profit : 1) la vitrification (*geomelting*) ; 2) la transmutation nucléaire[15]. Aucune de ces deux techniques n'élimine complètement la radiotoxicité des matières traitées. Enfin, il existe diverses technologies d'entreposage permanent : 1) le stockage sur le plancher océanique (*Ocean floor disposal*)[16] ; 2) le stockage en forage profond (*Deep borehole disposal*) ; 3) le stockage en couche géologique profonde (*Deep geological repository*). C'est cette dernière solution qui retiendra notre attention dorénavant.

1.2 Le stockage en couche géologique profonde

La solution de l'enfouissement en couche géologique profonde est née suite à la découverte d'un réacteur nucléaire naturel sur le site minier d'Oklo près de Franceville (Haut-Ogooué, Gabon). En 1972, le physicien français Francis Perrin a retracé sur ce site des symptômes de réaction de fission nucléaire en chaîne auto-entretenue qu'on estime avoir eu lieu il y a 1,95 milliard d'années. Selon toute vraisemblance, l'environnement géologique ambiant a confiné les émissions radiotoxiques à la couche sédimentaire où s'est produit le phénomène. Dès lors, l'idée de créer des lieux de stockage artificiels en couche géologique profonde a cheminé, car les externalités négatives (économiques,

écologiques, sanitaires) de la gestion des déchets nucléaires en surface sont prohibitives à long terme[17]. Une étude du site d'Oklo datée de 1992 confirme la capacité de rétention des couches sédimenteuses où seraient conditionnés des déchets nucléaires, mais montre également les risques de fuite associés aux fissures éventuelles[18].

Il existe actuellement dans le monde trois sites de stockage de déchets nucléaires en couche géologique profonde (tableau 2).

Tableau 2. Sites de stockage des déchets HAVL en couche géologique profonde dans le monde.

Installation	Lieu	Sol	Profondeur	Exploitation
Waste Isolation Pilot Plant (WIPP)	Carlsbad (NM), États-Unis	Sel	650 m.	1999 – 2070 ? * Fermeture temporaire en 2014 suite à une fuite radioactive
Onkalo spent nuclear fuel repository	Eurajoki, Finlande	Granite	500 m.	2020 – 2120 ? * Les travaux d'excavation ont débuté en 2004
Projet Cigéo (Centre industriel de stockage géologique)	Bure (Meuse / Haute-Marne), France	Roche argileuse	500 m.	2025 – 2125 ? Superficie de 15 à 25 km^2 à terme

D'autres constructions sont projetées et de nombreux laboratoires expérimentaux sont déjà installés en divers lieux et à diverses profondeurs pour tester les conditions d'entreposage de compositions telluriques variées. Des projets similaires sont discutés en Belgique, en Suisse et en Grande-Bretagne, mais ne sont pas listés dans le tableau suivant en raison d'un manque d'information en ce qui les concerne (tableau 3).

Tableau 3. Autres projets de sites de stockage de déchets HAVL discutés ou en cours.

Installation	Lieu	Sol	Profondeur	Exploitation
Horonobe Underground Research Lab	Honorabe (île d'Hokkaido), Japon	Roche sédimentaire	500 m.	En construction
Mizunami Underground Research Lab	Mizunami (île de Honshu), Japon	Granite	1000 m.	En construction
OPG DGR	Kincardine (Ontario), Canada	Granite	680 m.	Projet approuvé. Audiences publiques en cours. 2025 ? –
Gorleben Salt Dome	Gorleben (Basse-Saxe), Allemagne	Dôme de sel	840 m. ?	Site proposé, en attente. 2025 ? –
Forsmark NPP	Forsmark, Suède	Granite	450 m.	Site autorisé depuis 2011. 2020 ? –

Tous ces sites sont conçus comme des sites de stockage permanents et représentent donc une solution considérée définitive à un problème qui, en réalité, s'étend dans la très longue durée. Or, récemment, la World Nuclear Association a remis en cause l'idée de permanence de l'enfouissement dans un document traitant de la question :

> On s'interroge actuellement à savoir si les déchets devraient être placés de manière à pouvoir être retirés des dépôts. Il y a des raisons pour laisser une telle option ouverte – en particulier, il est possible que des générations futures puissent considérer les déchets enfouis comme une ressource de valeur. D'un autre côté, la fermeture permanente pourrait accroître la sécurité des installations à long terme. Après avoir été enfouis pendant environ 1 000 ans, la plus grande part de la radioactivité se sera dégradée. La teneur radioactive restante serait similaire à celle du gisement d'uranium naturel d'où ces produits sont originaires, bien qu'elle serait plus concentrée. Dans les dépôts miniers, qui représentent le principal concept actuellement mis en œuvre, la réversibilité [la possibilité de recouvrer le contenu du dépôt] est aisée, mais n'importe quel stockage en forage profond est permanent[19].

On voit quelles sont les motivations de cette association, qui souhaite garantir l'accessibilité aux matières enfouies pour les générations futures, lesquelles pourraient tirer

profit de la valeur des matières stockées dans ces sites. Mais rouvrir cette question a pour effet d'introduire un doute sur la pérennité du scellant qui devra être appliqué lors de la fermeture des sites de stockage, pourtant conçus à la base pour ne plus jamais être rouverts. Ce débat est particulièrement actif en France[20].

Un site est emblématique du développement de la solution du stockage définitif en couche géologique profonde. Il s'agit du site Yucca Mountain aux États-Unis (tableau 4, fig. 1). Premier du genre, il a connu un sort particulier. Il a été désigné officiellement en 1987[21] et approuvé par le Congrès américain en 2002 (sous la présidence de G. W. Bush). Le site devait au départ être opérationnel à partir de 1998, puis, en 2006, on annonçait un début d'exploitation pour 2017. Mais en 2011, son financement est interrompu (sous B. Obama). En janvier 2017, 84 250 tonnes de combustible usé attendent toujours une solution d'entreposage permanente aux États-Unis[22].

Tableau 4. Détails du site Yucca Mountain.

Installation	Lieu	Sol	Profondeur	Exploitation
Yucca Mountain nuclear waste repository	Désert d'Amargosa (NV), États-Unis	Ignimbrite	300 m.	Début des recherches en 1978. Fin du financement en 2012. Si reprise de l'exploitation : fermeture prévue pour 2133.

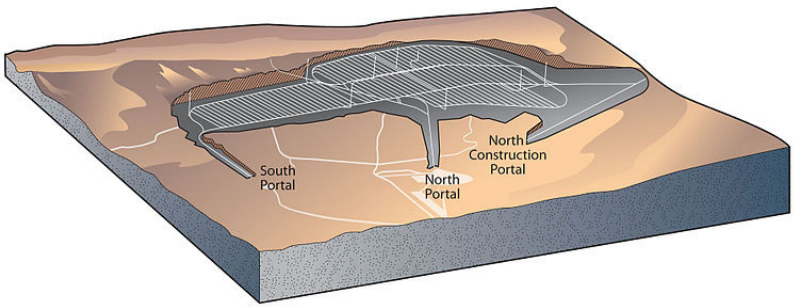


Figure 1. Design proposé pour le développement du site Yucca Mountain, 2008[23].

En l'état, un tunnel long de 8 km et plusieurs immenses salles souterraines ont été creusés. En 2008, le site Yucca Mountain était le lieu géologique le plus étudié au monde[24]. L'un des principes directeurs du développement de ce projet est que « des pré-

cautions appropriées doivent être prises pour assurer la santé et la sécurité publique et la protection environnementale pour cette génération ou pour les générations futures[25] ». À cette fin, un groupe de recherche et de réflexion sur la question de la communication à long terme des dangers associés aux matières irradiées devant être enfouies dans le site a été constitué : la Human Interference Task Force, à laquelle a participé le sémioticien étatsunien Thomas A. Sebeok. Les travaux issus de ce groupe retiendront notre attention ci-après.

2. La communication dans la très longue durée

En excluant arbitrairement toute considération politique et technique de l'équation, et à ne considérer le problème de la gestion des déchets irradiés qu'en raison d'une prise en charge de la communication entourant les sites de stockage permanents, il semble opportun de se tourner vers la discipline sémiotique pour clarifier et approfondir le problème que représente la transmission d'informations aux générations futures concernant le contenu que recèlent ces sites, mais également les dangers qu'ils représentent. La durée de vie radioactive du contenu de ces sites étant inédite, la communication envisagée se heurte à différents problèmes que la sémiotique peut paramétrer, mais qu'elle ne peut définitivement solutionner.

Dans le passé, diverses solutions ont été avancées en rapport à notre cas d'étude, mais leur valeur opérationnelle est inégale. En revanche, toutes contribuent à divers degrés à enrichir la problématique et à nourrir la réflexion en ce qui a trait à la communication dans la très longue durée.

2.1 La HITF et le rapport de Thomas A. Sebeok

La Human Interference Task Force (HITF) est un groupe de travail mis sur pied en 1981 dans la foulée des recherches liées au site Yucca Mountain et au projet de stockage des déchets nucléaires en couche géologique profonde. Son rôle est de limiter les probabilités que des humains du futur ne pénètrent par inadvertance sur des sites de stockage à long terme, c'est-à-dire sans en reconnaître les dangers. La durée envisagée pour la communication dans le cadre de cette étude a été fixée arbitrairement à 10 000 ans. L'objectif est de parvenir à communiquer trois éléments à la postérité :

1. Qu'il s'agit d'un message ;
2. Que des matériaux dangereux sont stockés à un endroit précis (et être capable d'identifier cet endroit) ;

3. De l'information concernant la nature des substances dangereuses stockées en cet endroit.

Parmi les participants à la HITF, on compte notamment : Thomas A. Sebeok (linguiste et sémioticien étatsunien), Stanisław Lem (auteur polonais de science-fiction), Françoise Bastide (biologiste française), Paolo Fabbri (sémioticien italien), Vilmos Voigt (spécialiste de folklore et de mythologie hongrois), Emil Kowalski (physicien suisse). En 1984, Roland Posner dirige un numéro de la revue allemande *Zeitschrift für Semiotik* en partant exactement du même problème[26]. Il reprend les contributions des participants mentionnés ci-avant, auxquelles s'ajoutent les contributions de Philipp Sonntag, Wulf Rehder, Percy H. Tannenbaum, David B. Givens, Marshall Blonsky et Susan Hauser. Plusieurs solutions sont proposées, qui seront détaillées ci-après.

Lorsque les États-Unis ont voulu ouvrir le Waste Isolation Pilot Plant (WIPP), à Carslbad au Nouveau-Mexique, un nouveau groupe de travail s'est mis en place, dirigé par les Sandia National Laboratories[27]. En plus d'un groupe de chercheurs universitaires (linguistes, géologues, ingénieurs, physiciens, anthropologues), ont participé, notamment : l'écrivain de science-fiction Gregory Benford, le directeur du programme SETI de la NASA, Carl Sagan, et le designer de l'environnement Michael Brill. Deux rapports ont été publiés en 1991 et 1993. Ils reprennent pour l'essentiel les propositions de la HITF, mais en raffinent certains aspects et ajoutent une contribution non négligeable pour pallier le problème de l'impermanence des codes dans le temps.

Avant de présenter ces hypothèses de solution, et pour mieux les apprécier, c'est sur le rapport qu'a produit Sebeok, *Communication Measures to Bridge Ten Millenia*[28] (1er avril 1984), qu'il convient de se pencher, car il synthétise habilement la problématique dans une perspective sémiotique. Ses prémisses seront partagées par la plupart des chercheurs s'étant attardés au problème.

Le rapport de Sebeok identifie clairement la nécessité de conceptualiser des marqueurs permanents pouvant informer, dans le futur, de potentiels intrus sur la nature des matières enfouies, ainsi que l'activité et les dangers liés au site de stockage de déchets nucléaires. Mais dans quelle langue doivent être formulés ces marqueurs? Comme l'écrit Sebeok,

> [...] les problèmes relatifs à l'interférence humaine et à l'échange de messages dans la longue durée, pour une période au cours de laquelle il est certain que les langues orales se seront dégradées jusqu'à l'incompréhension, [rend] nécessaire de s'inscrire dans une perspective qui s'étend bien au-delà de la linguistique [...][29]

Un message exclusivement linguistique est écarté d'emblée. Sebeok distingue les messages conventionnels des messages naturels[30], et insiste sur la pertinence des seconds

en ce qui a trait au problème traité, mais reconnaît la prévalence du facteur contextuel dans tous les cas pour l'établissement de la signification. L'impermanence des codes rend la tâche communicationnelle ardue – l'entropie détériore inévitablement les codes, *a fortiori* sur une période désignée de 10 000 ans. Le phénomène entropique est bien connu et a lieu dans toutes les formes de communication, même dans la courte durée : il est le résultat de ce qu'on appelle le bruit[31]. Pour contrer le bruit, explique Sebeok, il suffit d'introduire de la redondance :

> Le message reçu (et finalement interprété) par la destination est, en pratique, rarement identique au message envoyé (après avoir été formulé) par la source ; autrement dit, le produit de sortie du canal ne s'accorde généralement pas aux données à la source. Cette divergence [...] peut être due à des perturbations aléatoires et persistantes qui s'immiscent variablement dans le système et obscurcissent la clarté ou la qualité du message ou, dans des cas extrêmes, en oblitèrent totalement la compréhension. [...] De telles perturbations, qui rendent le produit de sortie imprévisible même lorsque les données de source sont connues, sont appelées bruit. Pour circonvenir au bruit et réduire la probabilité d'erreurs de transmission, la source introduit habituellement de la redondance[32].

Suivant Charles S. Peirce (mais sans le nommer), Sebeok distingue trois classes de signes, selon leur fonctionnement : iconique, indexical (ou indiciel) et symbolique.

> Chaque mode de communication – iconique, indexical, symbolique (ou emblématique) – possède un ensemble d'avantages et un ensemble correspondant de désavantages, qui sont tous deux liés au contexte [...] Puisque le contexte est tout sauf prévisible à n'importe quel moment au cours des 10 000 prochaines années, et que, avec le passage du temps, il est voué à devenir toujours plus équivoque, il est recommandable que tous les signes soient construits comme un mélange des trois modes. Bien que cet entremêlement ne soit toujours pas à l'abri de l'erreur, il est certain que plus il y aura de redondance dans le système, plus les chances d'un décodage précis par n'importe quelle destination s'accroîtront[33].

Sebeok fournit un exemple, tiré d'un bottin téléphonique étatsunien de l'époque (Durham, NC, 1981), pour montrer comment peut fonctionner la redondance. Dans la figure qui suit (fig. 2), une alliance de signes indexicaux, iconiques et symboliques assurent la bonne réception du message, à savoir qu'avant de creuser dans sa cour, afin d'éviter d'abimer d'éventuels câbles enfouis, il est bon de téléphoner aux autorités concernées.

Many of them are underground. Out of the way and out of sight. And there may be one just where you're planning to dig that sewer, that foundation, or that well.

If you hit and damage telephone cable, everybody loses. Your job gets held up. We have to make repairs. People are deprived of some service and they get mad at both of us. It's so easy to avoid this kind of trouble. We'll check out the location in a jiffy and let you know where the cables are.

Figure 2. La redondance sémiotique[34].

Les principaux obstacles à la communication à long terme sont donc les suivants :

- Les langues naturelles ne sont pas fiables dans la longue durée (les codes changent) ;
- Les langues artificielles ne sont pas plus fiables. Leur code est peut-être plus stable, mais leur circulation est moindre, ces langues ont donc plus de chance de se perdre ;
- Les images ou signes à dominante iconique comportent aussi le plus souvent une importante composante conventionnelle, ou une ambiguïté inhérente.

En effet, comme le montre Sebeok dans un deuxième exemple, les illustrations comportent souvent une grande part d'équivoque ; il est par conséquent difficile, voire impossible, d'en interpréter la signification ou le message correctement (sans l'ombre d'un doute). Dans l'exemple qui suit (fig. 3), le contenu de signification ne peut être aisément décodé : à quelle activité ces hommes s'adonnent-ils? la danse, le combat, un rituel…?

Figure 3. L'indétermination sémiotique[35].

Il semble qu'aucun des messages envisagés ne puisse être réduit à la seule dimension iconique. Par exemple, aucun des symboles qui suivent (fig. 4) ne peut être interprété sans ambiguïté, *a fortiori* dans 10 000 ans, où le contexte d'interprétation sera sans l'ombre d'un doute très différent du nôtre aujourd'hui.

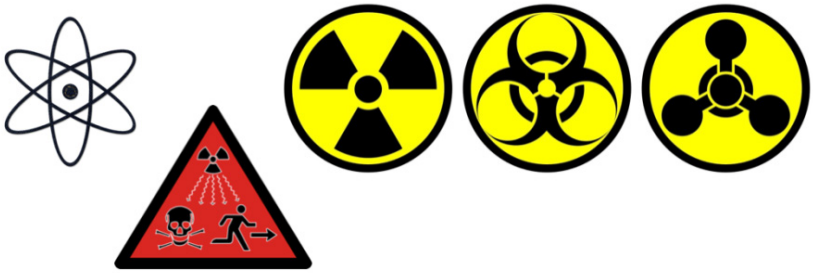


Figure 4. Icônes contemporains relatifs aux matières nucléaires et à la radiotoxicité.

D'autre part, la dimension narrative qui peut s'installer dans un récit imagé est aussi organisée en fonction de codes qui ne sont pas universels. Dans l'exemple qui suit (fig. 5), rien n'indique le sens dans lequel il faut « lire » le récit. Cette suite d'images raconte-t-elle les conséquences d'un contact avec un danger mortel ou le secret d'une cure de jouvence? Il paraît inquiétant que les humains du futur puissent lire cette bande dessinée de la droite vers la gauche…

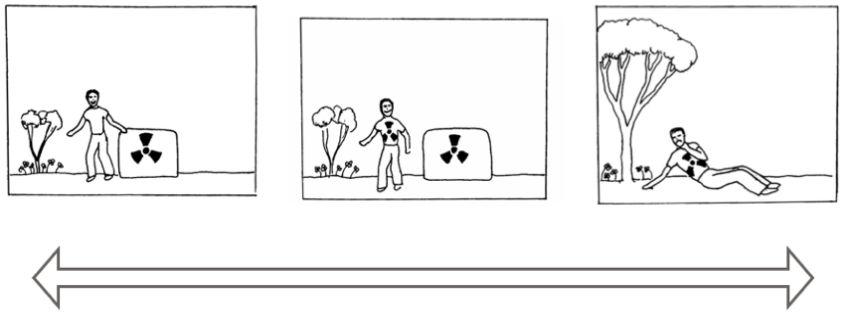


Figure 5. Dimension conventionnelle des signes iconiques.

Les prémisses établies dans le rapport de Sebeok permettent de concevoir les difficultés inhérentes à la communication à long terme. Cette réflexion présente l'avantage d'avoir été développée en lien avec le cas d'étude considérée, à savoir le problème du stockage en couche géologique profonde. S'il est possible d'envisager d'autres situations dans lesquelles la communication à long terme pourrait s'avérer utile ou nécessaire, aucune ne semble aussi urgente et aussi complexe que celle-ci. En l'occurrence, bien que plusieurs dispositifs sémiotiques aient été envisagés pour résoudre ce cas, comme nous le verrons ci-après, aucun d'entre eux ne s'avère suffisant, et leur somme composée ne suffit pas non plus.

2.2 Diverses solutions proposées

Dans cette section, neuf pistes de solution sont exposées. Pour chacune, seront également mentionnés les principaux points d'achoppement qui mènent à leur déconsidération.

2.2.1 Solution 1 : Vilmos Voigt (1984)

Voigt propose qu'une table de traductions disposée de manière concentrique sur des anneaux successifs soit installée sur les pourtours du site d'enfouissement. Avec le temps, de nouvelles langues pourraient être ajoutées sur la circonférence extérieure, ce qui aurait pour effet à la fois d'élargir le cercle entourant la zone à éviter et d'actualiser la table de traductions en fonction des langues en usage à travers les époques. Ce projet présente cependant deux problèmes de taille : 1) le dispositif de traduction doit être entretenu (en connaissance de cause idéalement) ; 2) le message considéré pour ce dispositif est de type verbal seulement, quoique le cercle de traduction autour du site représente aussi une marque indexicale élémentaire[36].

2.2.2 Solution 2 : Philipp Sonntag (1984)

Sonntag propose qu'un satellite (lune artificielle) soit mis en orbite autour de la Terre. Ce satellite communiquerait les informations nécessaires concernant les matières nucléaires et les dangers associés. Or, rien n'indique qu'on saurait capter ces signaux dans l'avenir ni non plus les interpréter. Peut-être ne serions-nous même pas en mesure de savoir qu'il s'agit d'une lune artificielle[37].

2.2.3 Solution 3 : Stanisław Lem (1984)

Lem propose que l'information associée aux sites et aux matières radioactives soit stockée suivant une méthode encore inexistante de codification « biomathématique » de l'ADN dans des « fleurs informationnelles » à proximité des sites de stockage, plantes qui s'autoreproduiraient, et leur message avec elles. Outre que cela n'est pas réalisable selon nos connaissances scientifiques actuelles[38], il faut encore se demander quelle connaissance nous pourrions avoir de telles fleurs dans 10 000 ans. Comment saurions-nous qu'il faut les décoder (et comment s'y prendre) et les interpréter? Rien n'indique donc qu'on saurait décoder et interpréter correctement l'ADN de ces fleurs dans le futur. La connaissance de l'ADN pourrait même être perdue.

Dans son rapport, Sebeok fait une remarque, qui n'est pas anodine :

> Il est à noter, en passant, qu'une ère viendra où les messages d'importance vitale pour notre espèce, qui affectent sa survie, seront transmissibles grâce à des interventions microchirurgicales sur le patron moléculaire humain, mais la technologie requise pour cette forme de communication temporelle est loin d'être acquise. Ainsi, dans ce qui suit, cette possibilité théorique ne sera pas considérée plus avant[39].

Que Sebeok exclue ce genre de solution n'a pas empêché d'autres chercheurs d'en proposer certaines de leur cru qui, faute de pouvoir être mises en application, montrent le degré de complexité de la situation, auquel répondent des solutions elles-mêmes parfois très compliquées.

2.2.4 Solution 4 : Françoise Bastide & Paolo Fabbri (1984)

Bastide et Fabbri proposent de créer une race de chats mutants, radiants, et un répertoire musical plein de vers d'oreilles. Cette solution implique que des chats soient modifiés génétiquement pour devenir phosphorescents ou radiants en présence de radioactivité. Ces chats serviraient en quelque sorte d'instrument d'alerte, de compteur Geiger simplifié (biologisé) qui, au-delà d'un seuil de radioactivité déterminé, indiquerait la présence d'un danger par l'entremise d'un phénomène étonnant : le changement de

couleur. Toutefois, rien n'indique que nous saurions interpréter ce phénomène – un chat changeant subitement de couleur – correctement. Cette solution implique donc aussi d'investir le folklore, la culture, pour y introduire des éléments pouvant influencer durablement le contexte d'interprétation, ce qui devrait nous permettre de réagir correctement si un tel phénomène devait survenir. Par exemple, une comptine très accrocheuse à laquelle tous les enfants seraient exposés comprendrait un message sur le comportement approprié en de tels cas[40]. Cette solution, plus intégrée que les autres, comprend tout de même quelques éléments d'indétermination qui minent sa crédibilité. Un problème d'éthique animale se pose : de quel droit pouvons-nous modifier génétiquement une espèce pour créer une telle race instrumentale? D'autre part, comment s'assurer que les populations de cette race ne migrent pas loin des centres de stockage dont ils sont les gardiens? Aussi, rien ne garantit la pérennité ou l'efficacité dans le temps des éléments folkloriques devant rappeler la menace associée à un changement de couleur des chats. Les dynamiques culturelles comportent une part d'indétermination inéluctable.

On le voit, toutes ces solutions sont faillibles. Aucune d'elles n'a été retenue par les gestionnaires de sites de stockage en couche géologique profonde, même si toutes les solutions impliquent évidemment la mise à disposition de documents traduits dans plusieurs langues, comme Voigt le proposait. L'analyse des diverses solutions examinées dans cet article mène à la formulation d'une recommandation importante. Dans l'élaboration d'un dispositif communicationnel viable dans la très longue durée, deux principes généraux devraient être respectés. Le premier consiste à ne pas favoriser une solution techniquement (au sens des technosciences) plus complexe que ne l'est déjà le problème. Le second consiste à favoriser une solution qui corresponde à la mise en place d'un écosystème signifiant durable, dont la sémiose (reproduction et transmutation des codes) fonctionne de manière autonome et autosuffisante.

2.2.5 Solution 5 : Équipe des laboratoires Sandia (1991-1993)

Pour l'équipe des laboratoires Sandia, dont les travaux surviennent après le dépôt du rapport de Sebeok, le message à produire sur les dangers associés aux sites de stockage de déchets nucléaires doit être déployé sur quatre niveaux de communication (tableau 5). Prenant acte de la finalité de la communication, du destinataire éventuel, mais également des forces qui risquent de miner le canal et du problème fondamental lié à l'indétermination du contexte de réception et donc d'interprétation, l'équipe Sandia opte pour une redondance organisée selon quatre couches d'informations liées à des niveaux fonctionnels partiellement redondants et complémentaires.

Tableau 5. Les quatre niveaux de communication devant organiser l'information à communiquer d'après l'équipe des laboratoires Sandia.

Niveau	Nature	Message	Fonction prédominante
1	Informations rudimentaires	« Ici se trouve une installation, un artéfact humain. »	Indexicale
2	Informations de mise en garde	« Ici se trouve un artéfact humain et il est dangereux. »	Iconique
3	Informations paramétriques	Quoi, pourquoi, quand, où, qui, comment ? *	Symbolique
4	Informations complexes	Relations hautement détaillées des installations : tableaux, figures, graphiques, cartes, etc.	Diagrammatique

* Comme relais d'information à vocation actualisante, et non pour expliquer comment le site a été construit à l'origine (perspective historicisante). Cette dernière information relève davantage du 4e niveau.

Les deux exemples suivants (fig. 6-7) montrent que des problèmes importants persistent en dépit de cette réorganisation stratégique, notamment sur le plan iconique. La signification du *Cri* de d'Edvard Munch est-elle universelle? Et que dire de ce visage à l'expression équivoque? Dans les deux cas, le contenu de signification véhiculé est vague. De plus, si je ne lis pas l'anglais et que, donc, le texte entre les deux visages m'est incompréhensible, que puis-je comprendre de ce marqueur? La stratification proposée pour l'organisation de l'information semble constituer un pas dans la bonne direction sur le plan théorique, mais elle demeure nettement insuffisante en pratique.

Figure 6. Laboratoires Sandia : exemple de communication de niveau 1.

Figure 7. Laboratoires Sandia : exemple de communication de niveau 2.

2.2.6 Solution 6 : Michael Brill (1993)

L'apport de Brill aux rapports des laboratoires Sandia se distingue. En effet, celui-ci en est venu à questionner les raisons pour lesquelles il serait nécessaire de transmettre une information rationnelle si l'objectif du dispositif communicationnel est simplement et prioritairement de repousser tout intrus éventuel afin d'éviter que le site ne soit rouvert. Il suggère donc que l'on s'adresse directement aux émotions des potentiels intrus afin d'instiller chez eux un sentiment de peur, de dégoût, d'inconfort ou de malaise capable de les tenir à distance. Il propose alors de modifier directement le paysage, le territoire du site et des environs, pour le rendre « naturellement rebutant » (fig. 8).

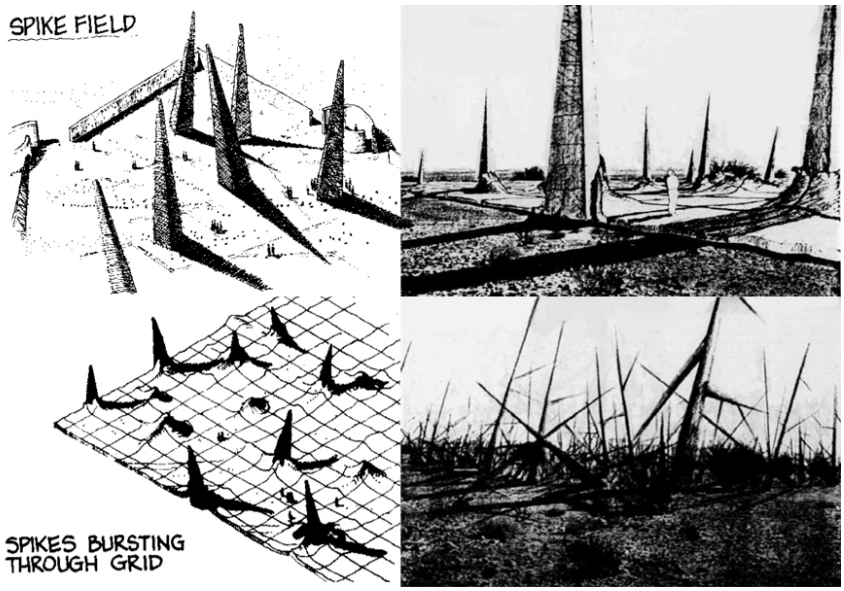


Figure 8. « Landscape of Thorns », dessins originaux de Michael Brill dans le cadre du rapport Sandia de 1993.

La proposition de Brill présente l'avantage indéniable de court-circuiter les niveaux de communication en s'adressant directement aux émotions plutôt qu'à la raison. On y perd cependant la dimension diagrammatique de l'information, laquelle pourrait s'avérer utile aux ingénieurs du futur s'il leur fallait opérer ces lieux pour une quelconque raison. Or, suivant l'idée que ces dépôts en couche géologique profonde doivent en principe demeurer scellés à jamais, pour ne pas attiser la convoitise, peut-être la meilleure solution consiste-t-elle tout simplement à ne fournir *aucune* explication sur ce qui se trouve à 500 ou 1000 mètres sous la surface de la Terre. Ce n'est pas exactement ce que propose Brill avec son « Landscape of Thorns ». Certes, aucune explication n'est fournie, mais le paysage ainsi modifié constitue un marqueur hautement impressionnant et mystérieux, car il ne semble manifestement pas résulter de forces naturelles. Mais s'il était conçu comme résultant effectivement de forces naturelles, il se pourrait qu'en raison de son caractère exceptionnel il soit administré comme un lieu touristique, comme l'est aujourd'hui le Grand Canyon aux États-Unis, par exemple. Alors, l'effet serait directement opposé à celui qui était recherché au départ : l'affluence touristique s'accommode mal du caractère infréquentable de l'endroit.

2.2.7 Solution 7 : Percy Tannenbaum (1984)

Les travaux du psychologue béhavioriste Percy Tannenbaum permettent de repérer un problème majeur dans la proposition de Brill. Pour lui, quelles que soient les mesures prises pour repousser les intrus éventuels, si ces mesures impliquent de laisser des marqueurs, qu'ils soient invitants ou repoussants, la curiosité sera toujours la plus forte. Si un signe laisse planer une aura de mystère, des gens voudront le percer à jour. Historiquement, la splendeur et la complexité mises en place pour cloisonner des lieux n'ont jamais empêché que ceux-ci soient pillés. Des légendes les ont entourés, ou une haute teneur symbolique leur était associée. Qui sait de quels dangers voulaient nous mettre en garde nos ancêtres par l'entremise des pyramides d'Égypte ou des peintures rupestres… La suggestion de Tannenbaum est donc de ne laisser absolument aucun signe distinctif, aucun marqueur externe, voire aucune trace des lieux[41].

2.2.8 Solution 8 : Gregory Benford (1999)

Benford est un écrivain de science-fiction étatsunien. Il a travaillé aux côtés de Brill et de l'équipe des laboratoires Sandia. En 1999, il fait paraître un livre entier consacré à la question du futur lointain : *Deep Time*[42]. Dans une section de ce livre, il traite de notre problème et reprend certaines solutions présentées ici. Il effectue une sorte de synthèse des idées de la HITF et des rapports Sandia, et propose une solution quelque peu inquiétante. Pour lui, la meilleure manière d'éloigner les éventuels intrus est d'installer une atmosphère « d'enfer sur Terre » en instillant un climat de terreur et de docilité au sein des populations humaines par le truchement d'un commandement ecclésiastique modelé sur celui du Vatican. En fait, Benford synthétise en particulier les idées de Brill et de Sebeok. L'apport de Brill correspond à l'atmosphère d'épouvante à créer, tandis que l'apport de Sebeok montre une certaine familiarité avec ce que Benford appelle la « High Church approach », qui consiste en un commandement autoritaire devant s'appuyer sur les croyances et les interdits. En effet, Benford s'appuie sur l'hypothèse cléricale originale de Sebeok pour imaginer son futur dystopique.

2.2.9 Solution 9 : Thomas A. Sebeok (1984)

Puisque la redondance multimodale du message ne suffit pas, l'idée originale de Sebeok est de fonder un « clergé atomique » (*atomic priesthood*). Sebeok remarque que les éléments culturels les plus durables et résistants au passage du temps dans l'histoire de l'humanité l'ont été grâce à l'encadrement des institutions religieuses. Suivant cette observation, sa proposition comprend trois volets complémentaires devant permettre de minimiser ou d'éliminer les éventuelles intrusions sur les sites à protéger :

1. Investir le folklore ;
2. Favoriser la superstition ;
3. Établir des rituels.

La section suivante est dédiée à une exploration détaillée de cette solution en trois volets. Elle débouche sur une réflexion éthique et politique en considération de ses implications.

3. L'hypothèse cléricale revisitée

La proposition de Sebeok, pour originale et intrigante qu'elle soit, semble construite sur des bases contraires à la culture laïque et libérale qui caractérise généralement nos sociétés occidentales modernes. Plutôt que de favoriser une rationalisation du message, c'est sur la mythologisation de celui-ci qu'elle suggère de miser. Voyons comment se détaille cette hypothèse.

Dans un premier temps, nous dit Sebeok, il s'agira d'investir le folklore :

> [...] des résonnances mythologiques et iconographiques persistantes et diffusées largement, liées à l'assignation pour laquelle le Groupe d'intervention [HITF] cherche une solution, mène à la première recommandation, à savoir : que l'information soit relâchée et transmise artificiellement, dans un futur à court terme et à long terme, avec l'aide supplémentaire de dispositifs folkloriques, en particulier une combinaison de rituels et de légendes créés et nourris artificiellement[43].

Le folklore, les rituels et les légendes, en tant qu'éléments culturels exprimés par une ou plusieurs communautés, s'abreuvent à la source mythologique et alimentent des mythes ; ils sont les agents d'une sémiose particulière. Une caractéristique importante du mythe est de pouvoir traverser les frontières, être traduit et muter tout en conservant, pour l'essentiel, un même contenu de signification. Ainsi que Claude Lévi-Strauss l'explique :

> On pourrait définir le mythe comme ce mode de discours où la valeur de la formule *traduttore, traditore* tend pratiquement à zéro. À cet égard, la place du mythe sur l'échelle des modes d'expression linguistique est à l'opposé de la poésie, quoi qu'on ait pu dire pour les rapprocher. La poésie est une forme de langage extrêmement difficile à traduire dans une langue étrangère, et toute traduction entraîne de multiples déformations. Au contraire, la valeur du mythe comme mythe persiste, en dépit de la pire traduction. Quelle que soit notre ignorance de la langue et de la culture de la population où on l'a recueilli, un mythe est perçu comme mythe par tout lecteur, dans le monde entier. La substance du mythe ne se retrouve ni dans le style, ni dans le mode de narration, ni dans la syntaxe, mais dans l'histoire qui y est racontée. Le mythe est un langage ; mais un langage qui travaille à un niveau très élevé, et où le sens par-

> vient, si l'on peut dire, à *décoller* du fondement linguistique sur lequel il a commencé par rouler[44].

Quiconque a déjà visité la bibliothèque personnelle de Sebeok connaît l'importante influence des études anthropologiques sur sa pensée[45]. À l'appui de sa vision, celui-ci précise la nécessité, pour nourrir une « mythologie nucléaire », de favoriser la superstition :

> Les légendes et rituels, tels qu'ils sont maintenant envisagés, équivaudraient à tracer une « fausse piste », ce qui signifie que les non-initiés seraient éconduits des sites dangereux pour d'autres raisons que la connaissance scientifique concernant les possibilités d'irradiation et ses implications ; essentiellement, la raison de cette éconduite serait une accumulation de superstitions qui mènerait à fuir une certaine zone de manière permanente[46].

L'objectif étant de réduire les probabilités qu'un intrus ne pénètre dans un site de stockage par inadvertance, quelle utilité y a-t-il à l'écarter rationnellement s'il est possible de le faire plus efficacement en suivant d'autres modalités? Le troisième volet consiste à mettre en place des rituels :

> Un rituel renouvelé annuellement peut être envisagé, avec la légende qui serait racontée à nouveau d'année en année (avec, on présume, de légères variations). La « vérité » serait confiée exclusivement à – ce qu'on pourrait appeler, pour souligner son caractère dramatique – un « clergé atomique », c'est-à-dire une commission constituée de physiciens bien documentés, d'experts dans le domaine des maladies découlant de l'irradiation, d'anthropologues, de linguistes, de psychologues, de sémioticiens et de tout autre expertise additionnelle requise dans l'immédiat ou dans le futur. L'appartenance à ce « clergé » s'effectuerait naturellement à travers le temps[47].

Une manière de comprendre cette hypothèse serait de dire qu'un groupe restreint d'initiés aurait pour responsabilité de maintenir vivantes les légendes, les rituels, le culte… pendant que la population vivrait, elle, dans l'ignorance des enjeux véritables. On peut légitimement se demander si un tel culte a des chances de s'installer, d'être adopté, répété, et de se maintenir dans la longue durée. Sebeok fait lui-même remarquer que les spécialistes du folklore n'ont aucune comparaison historique à fournir sinon l'exemple bien connu des pyramides d'Égypte et des superstitions répandues concernant les malédictions associées aux sépultures. Or, dans la longue durée, de telles dispositions n'ont pas empêché ces sépultures d'être vandalisées.

La clé de voûte de la proposition de Sebeok tient dans la redondance de l'information et dans sa multimodalité, mais aussi sa duplicité. D'après Sebeok, des légendes superstitieuses doivent circuler allègrement, mais, concurremment, de l'information précise et technique devrait aussi être déposée de manière « permanente » en plusieurs

lieux d'archives à travers le monde, lieux connus uniquement des membres du clergé : bibliothèques, ordinateurs, dépôts à long terme, etc.[48]

Mais ces deux ensembles d'information (le premier ensemble est largement accessible, public ; l'accès à l'autre est restreint à l'usage exclusif du clergé) devraient être mis à jour périodiquement. Pour ce faire, le message doit aussi comporter un métamessage :

> [...] en incorporant un avertissement et un appel à l'effet que l'objet-message sur ce site soit renouvelé par l'entremise de n'importe quel dispositif d'encodage paraissant le plus efficace, approximativement tous les 250 ans. Ce futur objet-message devrait, à son tour, incorporer un métamessage similaire à l'attention de la génération qui vivra dans 500 ans d'ici afin qu'elle agisse de manière comparable, et ainsi de suite, jusqu'à 10 000 ans dans l'avenir. [...] Quant à l'information plus élaborée, scientifiquement précise et stockée de manière plus permanente dans les archives du futur, un ensemble d'instructions similaire devrait rendre clair le fait que, si cette information devait en venir à se dégrader, elle devrait être actualisée, mais aussi approfondie à la lumière des avancées de la science, de l'ingénierie et de la technologie[49].

Il relèverait donc de la responsabilité du clergé d'assurer la mise à jour des deux ensembles d'information. Toutefois, le système de communication par relais flottants (le dernier relai s'appuie sur le précédent) n'assure nullement que les injonctions du passé seront suivies dans le futur, d'autant que ce système implique qu'on ne se réfère plus aux documents originaux, mais toujours à ceux qui auront été renouvelés périodiquement. Une idée répandue veut qu'une médiation produise à peu près les mêmes effets qu'une traduction : le risque est constant, le résultat est ambivalent ; on perd et on gagne de l'information à chaque fois. Dans le cas du mythe, comme l'explique Lévi-Strauss, cela est de peu d'importance puisque ni la source ni la forme ne sont primordiales à la transmission du contenu de signification, mais en ce qui a trait aux documents techniques sur les installations, sur les matières radioactives, leur composition et leurs dangers, on peut douter de l'exactitude des retranscriptions à très long terme. Pour Sebeok, le rôle du clergé, dès lors, est de baliser les comportements et, à cette fin, celui-ci pourrait invoquer des motifs ne se rapportant pas strictement au contenu de la documentation (la sécurité comportementale primant sur l'exactitude des connaissances) :

> Le « clergé atomique » serait chargé de cette responsabilité supplémentaire de veiller à ce que nos ordonnances, telles qu'incorporées dans la séquence cumulative des métamessages, soient observées – si ce n'est pour des raisons légales, alors pour des raisons morales, avec peut-être la menace dissimulée à l'effet qu'ignorer ce mandat équivaudrait à s'attirer quelques châtiments surnaturels[50].

On voit quel système d'influence se dessine en regard des recours stratégiques envisagés. S'il n'est pas possible pour le clergé de baliser les comportements par des moyens

légaux, des moyens moraux devront être investis. Et si les moyens moraux sont inefficaces, le recours à la superstition et à des forces surnaturelles doit garantir le succès de l'opération. Les moyens légaux seront toujours privilégiés, suppose-t-on, mais les moyens moraux et la superstition produisent sans doute des effets plus durables à long terme (fig. 9). Les scrupules s'adaptent à la gravité de la situation : en l'occurrence, la fin paraît justifier tous les moyens[51].

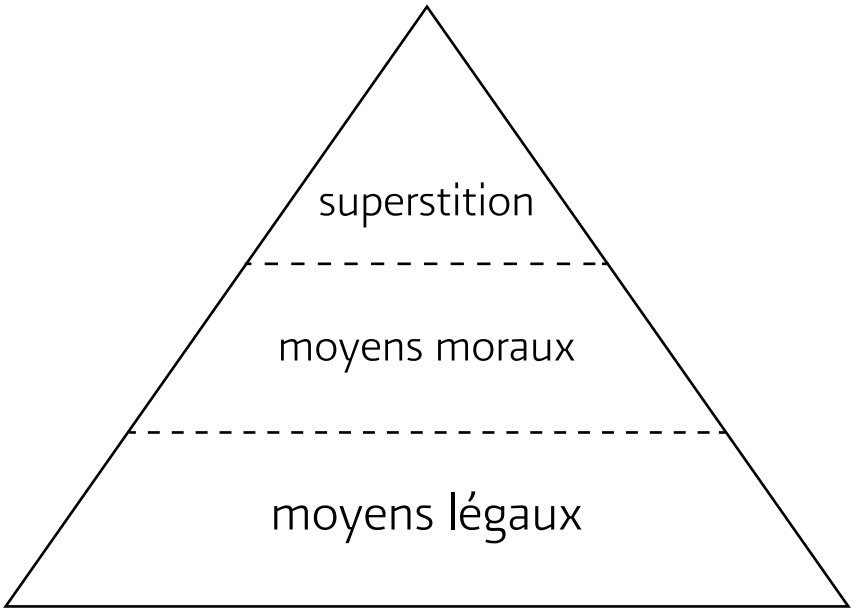


Figure 9. Pyramide des recours du clergé atomique. Ensemble de moyens successifs (de bas en haut) devant permettre de baliser les comportements des populations.

La manière par laquelle Sebeok envisage la constitution de ce groupe d'initiés semble laisser la porte ouverte à toutes les dérives. Voici comment il qualifie le clergé atomique : « "clergé atomique", c'est-à-dire une commission, relativement indépendante des courants politiques futurs, autosélective du point de vue de sa constitution, utilisant n'importe quel dispositif de mise en application de la loi à sa disposition[52]. » À partir de cette description somme toute limitée, il est possible de s'imaginer que ce clergé correspondrait essentiellement à une caste, dont les mécanismes d'établissement, de maintien et de contrôle du pouvoir ne sont aucunement définis. Et ce clergé aurait carte blanche quant aux moyens dont il pourrait user pour maintenir l'ordre.

Pourtant, on sait que l'effet pervers de l'établissement de toute caste est que celle-ci cherchera à se maintenir coûte que coûte, au détriment même de son rôle. Alors, il pourrait y avoir un avantage pour ce clergé à vouloir faire en sorte que prolifère le nucléaire,

puisque son existence en dépendrait ; l'attrait du népotisme paraît évident dans ce scénario. De plus, décrire ce clergé comme apolitique *a priori* (« relativement indépendant des courants politiques futurs ») n'est ni très crédible, ni réellement viable (à tout le moins, il faudrait que soit défini cet « apolitisme »). On peut même se demander si ceux qui endossent effectivement le mieux le rôle de cet hypothétique clergé ne seraient pas, aujourd'hui, les industriels du nucléaire, les lobbyistes et les gouvernements qui défendent de tels projets énergétiques.

On le voit, l'hypothèse cléricale de Sebeok n'est pas sans présenter un certain nombre de failles et d'indéterminations relativement inquiétantes. Elle a cependant pour avantage de scinder le problème et d'en hiérarchiser les priorités. Pour Sebeok, la sécurité comportementale prime sur la transmission exacte d'une information diagrammatique complexe. Investir le folklore, favoriser la superstition, établir des rituels ; les trois propositions centrales de l'hypothèse se rapportent au balisage des comportements. Quant au clergé, son rôle paraît double. D'une part, il doit agir en tant qu'émetteur et diffuseur de la culture « mythonucléaire » à l'usage des populations ; de l'autre, il doit maintenir actif un réseau de communication scientifique à l'échelle planétaire et entretenir un système sémiotique à relais flottants pour que se maintienne de manière dynamique l'information complexe dans la longue durée. Un clivage se dessine entre « basse culture » et « haute culture », qui n'est pas sans rappeler un Moyen Âge largement analphabète dominé par la culture lettrée du Vatican et des différents ordres religieux. La scission du problème en fonction de deux domaines d'intervention identifiés comme distincts, pour efficace qu'elle puisse paraître, implique d'importantes questions sur les plans éthique et politique. La hiérarchisation des contenus de communication à transmettre dans la longue durée découle d'une analyse pragmatique fondée sur une priorisation de la dimension sécuritaire ; cette hiérarchisation est louable, mais elle paraît devoir s'adosser à un ordonnancement du pouvoir qui calque la fracture dressée entre les deux groupes destinataires : les masses d'une part, qui observent les rites et incarnent les mythes ; le clergé de l'autre, qui balise, valorise et corrige le dogme tout en maintenant les masses dans l'ignorance des enjeux véritables, les coupant de tout accès aux données techniques et scientifiques relatives à la réalité nucléaire. Un problème politique de taille se profile : cette organisation du pouvoir paraît en effet fondée sur un élitisme scientifico-techniciste doublé d'un culte de l'ignorance. À n'en pas douter, la démocratie pâtirait d'une telle organisation du pouvoir et d'une telle restriction de l'accès au savoir ; toute opposition pouvant être réduite à l'hérésie et la dissidence frappée d'anathème, la critique s'en trouverait muselée.

La lecture de l'hypothèse cléricale effectuée dans cette section est volontairement orientée de manière à en révéler les dangers inhérents en regard des paradigmes éthiques

et politiques contemporains (accès au savoir, liberté d'opinion, démocratie, autonomie relative de la justice). Dans la section qui suit, une interprétation parallèle et partiellement opposée est avancée.

3.1 Une relecture de l'hypothèse cléricale avec Latour et Lotman

La relecture opérée dans cette section est organisée de manière à montrer que les dispositions implicites à l'hypothèse cléricale de Sebeok sont peut-être déjà partiellement mises en œuvre aujourd'hui. Cette relecture s'inspire des travaux de Bruno Latour sur la sociologie des sciences, en particulier des textes réunis dans l'ouvrage *L'espoir de Pandore*[53], et ceux de Juri Lotman sur la sémiotique culturelle et la sémiosphère rassemblés dans *Universe of the Mind*[54]. Il s'agit de réinterpréter ce que l'idée de clergé peut signifier dans les circonstances et sous quel mode celui-ci peut s'actualiser, ainsi que d'affiner notre compréhension des mécanismes culturels de contrôle et d'assujettissement aux significations dominantes relatives à l'exploitation du nucléaire civil dans le monde aujourd'hui. Une meilleure compréhension de l'hypothèse cléricale (et de ses défaillances) procède de cette relecture.

3.1.1 Un clergé décentralisé?

Il existe aujourd'hui toute une culture autour de la question nucléaire, culture composée de divers acteurs, dont des gouvernements nationaux, des groupes industriels (civils et militaires), diverses instances régulatrices (nationales, transnationales, internationales), des collectifs d'intérêts, des groupes d'opposition (divers alignements), d'historiens et de chercheurs critiques, des médias, des citoyens concernés. Ce à quoi il faut encore ajouter tous les acteurs liés au champ de la recherche scientifique en physique atomique, en ingénierie nucléaire et dans tous les domaines connexes à la filière nucléaire, sans oublier les sciences de la Terre. Suivant l'anthropologie sémiotique de Clifford Geertz, on dira que « la culture est publique parce que la signification l'est[55] » – la culture, c'est ce que les individus « suspendus dans les toiles de significations qu'ils ont eux-mêmes tissées[56] » expriment. En accord avec cette définition, il n'est pas possible d'exclure l'idée, relativement évidente, qu'une culture (et une histoire), riche et diverse, s'est effectivement mise en place autour du complexe nucléaire ; on l'appellera culture « périnucléaire ».

Un clergé conventionnel, bâti sur le modèle du Vatican (source d'inspiration avouée de Sebeok), serait-il réellement plus durable qu'une dynamique culturelle performée par tous les acteurs qui l'expriment, comme l'est aujourd'hui la culture périnucléaire? N'est-il pas vrai, comme l'écrit Georges Thill, qu'« [i]l n'y a de culture scientifique et

technologique active et mobilisatrice que dans la mesure où les opérations scientifiques et les traitements techniques s'insèrent dans la praxis sociale, par essence non fonctionnelle[57] »? La culture scientifique requise par l'exigence de communication à long terme est-elle réellement soluble dans le modèle religieux du clergé envisagé par Sebeok? La religion et la culture sont régies par des paramètres assez similaires, bien que leurs modalités d'organisation se distinguent. La religion est une forme culturelle à part entière, et la culture est elle-même régie par une forte composante normative[58]. La normativité d'une culture s'exprime à travers des dynamiques d'inclusion et d'exclusion entre le centre et la périphérie (et éventuellement entre plusieurs centres et leur périphérie respective, qui peuvent s'entrecouper) ; cette dynamique se caractérise par des échanges constants, qui assurent le renouvellement des codes, mais qui ne peuvent garantir la stabilité de ceux-ci à long terme. L'autorité religieuse centralisée agit différemment en corrigeant ou en imposant ses codes de manière autoritaire (le dogme), ce qui joue en faveur de la stabilité à long terme. On peut cependant se questionner sur la capacité réelle d'une caste d'élite, régie par des règles d'établissement et de maintien empruntés aux religions, à remplir un mandat dont la nature est fondamentalement scientifique. La science ne peut se développer qu'en raison d'une liberté interprétative fondamentale, qui permette la remise en cause, dans une démarche critique, des méthodes, calculs et résultats obtenus à travers l'expérimentation[59].

Mais reprenons plus attentivement la proposition de Sebeok :

> [...] un « clergé atomique », c'est-à-dire une commission constituée de physiciens bien documentés, d'experts dans le domaine des maladies découlant de l'irradiation, d'anthropologues, de linguistes, de psychologues, de sémioticiens et de tout autre expertise additionnelle requise dans l'immédiat ou dans le futur. L'appartenance à ce « clergé » s'effectuerait naturellement à travers le temps [*Membership in this "priesthood" would be self-selective over time*][60].

En observant bien la composition qu'envisage Sebeok pour ce clergé, on semble en droit de se demander si, en fin de compte, un tel clergé ne serait pas *déjà là, déjà constitué.* N'oublions pas non plus la remarque importante de Sebeok sur son usage du terme clergé : il mentionne explicitement qu'il recourt à ce terme pour des raisons dramatiques[61]. Peut-on extraire de cette comparaison dramatique une vérité pragmatique?

Dès les débuts de l'ère nucléaire, des groupes de pression pour la défense de la paix et de la liberté ont émergé et se sont positionnés contre la prolifération des armes nucléaires (les filières nucléaires civile et militaire sont irréductiblement liées[62]). En marge du nucléaire civil, les dangers associés au nucléaire militaire ont toujours été mis en évidence par la société civile. Dès juillet 1945, Leó Szilárd, physicien ayant contribué

à la mise au point de l'armement nucléaire, fait circuler une pétition parmi ses collègues scientifiques contre la prolifération de l'arsenal nucléaire. Le 18 août 1945, le philosophe britannique Bertrand Russell publie un commentaire dans un important journal londonien pour dénoncer le péril de l'âge atomique nouveau. Entre 1946 et 1950, Albert Einstein et Leó Szilárd fondent et président l'Emergency Committee of Atomic Scientists. Le 9 juillet 1955 paraît le Manifeste pacifiste Russell-Einstein à Londres. Enfin, en 1957 a lieu la première Pugwash Conference visant à politiser le travail des scientifiques liés au développement des armes nucléaires et à discuter des dangers que représentent ces armes pour l'humanité[63]. La tenue de cette première conférence mènera à la fondation du Mouvement Pugwash, encore en activité aujourd'hui. Ce ne sont là que quelques exemples tirés des premiers temps de l'ère nucléaire, mais il est évident qu'un mécanisme d'autosélection des membres, à l'image des forces constitutives envisagées par Sebeok pour son clergé, se soit mis en place par défaut : ceux qui se sentent concernés s'inscrivent dans une mouvance, usent de canaux de communication à leur disposition, développent des recherches, produisent ou relayent de l'information leur permettant de faire connaître leur position, leurs arguments, et ainsi tâchent-ils d'influencer les comportements et les politiques. Mais leurs moyens ne sont pas illimités, ni leur liberté d'action garantie selon les contextes politiques actuels ou futurs. Le destin du physicien nucléaire soviétique dissident Andreï Sakharov, le « père de la bombe H », le montre bien : à la suite de critiques adressées aux autorités soviétiques (notamment à travers le texte *Réflexions sur le progrès, la coexistence et la liberté intellectuelle*, diffusé en samizdat à l'intérieur de l'URSS à partir de 1968 et coulé à l'Ouest la même année[64]), en 1979, en plus d'être dépouillé de ses distinctions honorifiques, Sakharov, étroitement surveillé par le KGB, est assigné à résidence dans la ville fermée de Gorki. Ce traitement dure jusqu'en 1986 (politique de Glasnost de Gorbatchev), après quoi il est autorisé à rentrer à Moscou. En 1988, il réintègre le présidium de l'Académie des sciences, mais son décès (naturel) survient l'année suivante[65].

À l'appui de l'idée d'autosélection des « membres » du clergé atomique, on n'a qu'à penser au nombre impressionnant de groupes de pression liés aux activités du secteur nucléaire aujourd'hui pour constater que se sont installées à la fois de véritables culture et contre-culture périnucléaires[66]. Puisque toutes ces initiatives, tous ces groupes et organismes de régulation, produisent et diffusent de l'information sur un même phénomène, ne peut-on pas l'apparenter à un clergé décentralisé, sur le modèle de la religion judaïque par exemple, qui n'a aucune Église centrale, mais dont la diaspora religieuse s'étend pourtant à toute la planète? Malgré certaines variantes dans la pratique et les croyances, le cœur du message abrahamique est demeuré le même depuis les débuts (du moins le croit-on).

De toute évidence, la comparaison au clergé a du mal à tenir, notamment parce que le mécanisme d'« autosélection » des acteurs liés au secteur nucléaire contemporain ne correspond que partiellement à ce que semble envisager Sebeok dans le cadre de son hypothèse cléricale, dans laquelle les membres paraissent davantage cooptés que rassemblés en un réseau décentralisé structuré par des intérêts divers et suivant des motivations variables. Mais cette comparaison sert tout de même ici de pivot pour mettre en lumière l'existence d'une organisation plus vaste encore. Un complexe culturel étendu, ramifié, est en place aujourd'hui, et en son sein les positions divergent : un éthicien décroissantiste n'envisagera pas l'exploitation de l'énergie atomique de la même façon qu'un actionnaire d'un grand groupe industriel, par exemple. Les intérêts et les postures sont donc diverses, mais tous les acteurs (individus, groupes, institutions) sont agencés en fonction d'un phénomène social défini : l'exploitation du potentiel énergétique atomique, dont le problème des déchets nucléaires est un aspect particulier. Cette activité est régulée par des administrations étatiques, mais aussi par des commissions relativement indépendantes, ainsi que diverses instances supranationales ayant des pouvoirs de contrainte et des collectifs locaux ayant un pouvoir de résistance à travers l'équilibre ou le déséquilibre des forces, efforts et moyens déployés par les divers acteurs inscrits au sein du complexe. Toutefois, les informations ne circulent pas toutes librement (tout système culturel exprime nécessairement un déséquilibre informationnel) ; par exemple, l'information sur la filière d'exploitation civile est bien plus accessible que l'information relative à l'armement nucléaire, bien que l'une et l'autre soient connexes[67].

3.1.2 Communication et autocommunication

Actuellement, il ne viendrait à l'idée de personne ou presque, en connaissance de cause, de s'infiltrer dans un site de stockage de déchets radioactifs impliquant un danger d'irradiation (à moins d'avoir un plan de sabotage, de vol ou d'espionnage industriel ou militaire). Cela parce que la connaissance sur le nucléaire est suffisamment répandue pour qu'on en connaisse les dangers, au moins de manière vague, mais avec une certitude suffisante : la radiotoxicité implique un danger mortel. Aujourd'hui, il existe une culture périnucléaire, et pas seulement des messages à conserver et transmettre. La différence est importante : on ne cherche pas à préserver un message à long terme. Puisque l'information circule, la culture assure le renouvellement des codes ; les divers collectifs d'intérêts produisent continuellement de la documentation et les médias de masse, selon leur capacité et en fonction de leurs intérêts, n'en relayent qu'une partie – on pourrait considérer en ce sens qu'ils remplissent la fonction de transmission d'une information basique, identifiée au premier ensemble informationnel de l'hypothèse cléricale.

Toute cette information existe, est distribuée (inégalement) à travers le monde ; aucun individu, aucun groupe isolé, aucune caste n'est le dépositaire exclusif du savoir sur la question nucléaire (seuls les secrets défense des filières militaires font exception). Au contraire, les laboratoires scientifiques ont tout avantage à faire entrer dans un réseau circulatoire leurs propositions communicationnelles. La légitimation des sciences à travers leur représentation publique permet la constitution d'alliances dans la sphère sociale. Ces alliances permettent un renouvellement des codes et du savoir au sein des sociétés (fig. 10). La mobilisation du monde (l'usage de faits) par les acteurs sociaux et productifs est une constante politique et culturelle des sociétés humaines.

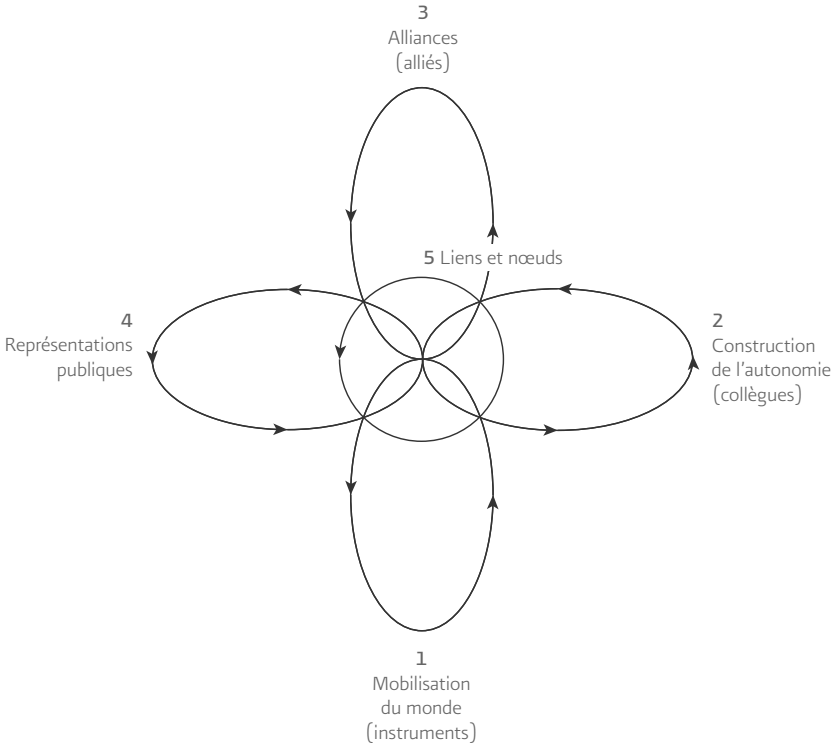


Figure 10. Les cinq boucles constitutives du champ de la science et de sa communication, d'après B. Latour[68].

Une telle organisation du savoir s'accorde aux théories de Juri Lotman sur la sémiosphère. L'une des compétences intrinsèques de la sémiosphère est l'autocommunication, à savoir la capacité d'une culture donnée à reproduire ses propres codes (fig. 11). L'autocommunication est corrélative à un accroissement de l'information par la redondance : le renouvellement des codes permet la perpétuation d'un message dans la durée,

mais le transforme aussi constamment en fonction des contextes (ce n'est pas un processus clos)[69]. L'autocommunication agit contre l'entropie en injectant de la redondance, mais elle ne peut enrayer la labilité intrinsèque de l'information. Le renouvellement des codes est corrélatif à la dynamique sémiosique (mouvement d'avancée du signe vers le surgissement d'un nouveau signe[70]), qui implique, à travers l'activité interprétative, une générativité et une indétermination du signe. Seul le travail critique (scientifique) oriente le travail d'autocommunication en fonction d'une correction des propositions à travers leur autoreproduction différentielle.

Figure 11. Représentation diagrammatique de l'autocommunication, d'après J. Lotman[71].

Les processus communicationnels entre la sphère de production des propositions scientifiques et les représentations publiques de la science permettent d'injecter de l'information corrigée dans nos schémas de compétence et d'action, dans nos *ethos* politiques et dans nos schèmes conceptuels collectifs. Favoriser cette communication (et le travail scientifique en amont) dynamise la sémiosphère en y introduisant des significations indexicalisées (issues de l'expérimentation). Ces indices permettent d'agir contre les symbolisations normatives issues des dynamiques d'autocommunication (modèles d'appréhension allégoriques, mythologiques, religieux), qui tendent à s'émanciper des faits (au sens scientifique du terme) au profit d'une cohérence purement fonctionnelle (dogmatique, coutumière). Autrement dit, miser sur la seule autocommunication – ce que laisse supposer au premier abord l'hypothèse cléricale de Sebeok – laisse présupposer que s'installera dans la durée une tendance à l'émancipation des signifiants soutenant un système symbolique autoreproducteur, cohérent, mais incapable de décrire le monde dans toute sa complexité analytique[72]. L'autocommunication est corrélative à la mythologisation du monde. Le mythe fonctionne sur le mode de l'allégorie, tandis que le discours scientifique est fondé sur l'expérimentation et la référentialité.

3.1.3 Préserver les voies d'accès au savoir

Un rapport critique au monde implique un questionnement des comportements, des structures sociales, des schèmes de pensée, des croyances. Une telle attitude paraît

incompatible avec l'autoritarisme dogmatique qui impose des pratiques et des coutumes, des rituels et des cultes. Une tension intenable se trouve au cœur de l'hypothèse cléricale de Sebeok : la composition du clergé qu'il envisage (un clergé composé de scientifiques) est incompatible avec sa fonction (imposer le dogme). Le rôle du scientifique est d'ouvrir et de maintenir ouvertes les voies d'accès au savoir, mais également au monde, dans la mesure où une connaissance scientifique n'est fondée que si elle s'accompagne de son protocole, qui permet de retracer les chaînes signifiantes, depuis les prémisses de l'expérience jusqu'à la formulation des propositions conclusives. C'est ce que décrit Latour lorsqu'il dit de la référence qu'elle est une qualité de la chaîne (signifiante) dans son ensemble (fig. 12). Pour qu'une proposition puisse être dite scientifique, elle doit être convoyée par une chaîne signifiante irréductiblement réversible, c'est-à-dire qu'on doit pouvoir en remonter le cours, on doit pouvoir parcourir à rebours cette chaîne et se pencher analytiquement sur chacun des nœuds de médiation qui participent de la production sémiotique (la proposition critique) qui les condense. Si la chaîne est coupée, la vérité qu'elle transporte est compromise : « La vérité y circule [au long de la chaîne] comme l'électricité le long d'un fil aussi longtemps qu'il n'est pas sectionné[73]. »

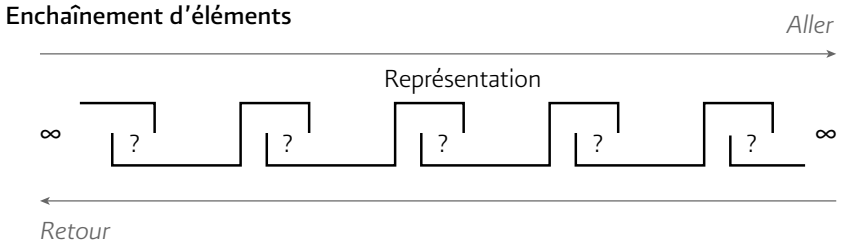


Figure 12. La chaîne médiatrice et la conception « déambulatoire » de la référence, d'après B. Latour[74].

Ce n'est qu'à condition de préserver de telles voies d'accès au fondement du savoir que les propositions qui convoient ce savoir peuvent être jugées vraies ou non, et corrigées à travers le temps. La référentialité est une caractéristique fondamentale de la connaissance scientifique. Un clergé composé de scientifiques ne peut à la fois défendre la science et promouvoir un modèle culturel et politique contraire au fonctionnement même de l'activité scientifique : la science ne peut être coupée ni du public ni de sa dimension référentielle ; elle ne peut agir en vase clos. Comme l'écrit clairement Isabelle Stengers, la science est une activité collective : « l'autonomie, pas plus que l'objectivité ou la pureté, ne constitue un attribut de la pratique scientifique[75] ».

Parce que la pratique scientifique et critique est capable de corriger l'information en circulation dans la sémiosphère, elle réduit l'importance de la dynamique d'autocommunication et la redondance qu'induit celle-ci. Dès 1919, Max Weber exprimait une vision analogue : « Seule la science critique empêche que l'histoire ou la sociologie glisse de la connaissance positive à la mythologie, mais beaucoup de régimes ne souhaitent pas empêcher ce glissement[76]. » D'après Lotman, les deux dynamiques (communication et autocommunication, ou production et correction des codes *vs* reproduction différentielle autonomisée des codes) sont nécessaires à la survie d'un système culturel : « L'expérience historique a montré que les cultures les plus viables sont ces systèmes où la lutte entre ces deux structures n'a pas débouché sur une victoire totale de l'une d'elles[77]. »

Dans l'élaboration d'un dispositif sémiotique capable de transmettre une information complexe dans la très longue durée, il semble que la mobilisation du système culturel dans son entièreté constitue la solution la plus efficace. Conséquemment, le problème de la communication à long terme se réduit à des stratégies de maintien du dynamisme culturel de nos sociétés, de maintien des voies d'accès au savoir constitutif de nos épistémès (présente et passées), et à la mise en place de dispositifs capables de maintenir actives les chaînes signifiantes complexes. Autrement dit, il s'agit d'assurer la meilleure circulation possible au long des chaînes sémiosiques : le dispositif à élaborer doit donner prise à la critique du point de vue de l'histoire et de l'épistémologie. Un tel dispositif connaît toutefois une limite importante : un effondrement culturel majeur ou la décimation des populations humaines pourrait engendrer une rupture cruciale dans la continuité historique (épistémique et culturelle) de nos sociétés qui équivaudrait *de facto* à une défaillance du dispositif.

Deux types de coupures possibles sont considérées ici. La première concerne, de manière générale, la liaison des sphères de production de la connaissance scientifique au domaine public. Cette première coupure, qui relève de l'organisation des sciences et de la libre circulation de l'information, peut être évitée. La seconde coupure envisagée n'offre en revanche pas, ou très peu, de prises afin de minimiser son impact éventuel ; les mesures qui peuvent être déployées à cet égard se limitent à la réduction des chances, par le calcul de probabilités et la modélisation de scénarii critiques, qu'une coupure historique radicale ne survienne. Une telle pratique prédictive, comme on le sait, existe déjà, notamment en ce qui a trait aux changements climatiques (réchauffement des pôles, fonte des glaciers, hausse du niveau de la mer, acidification des océans, etc.). Remarquons toutefois que l'usage des données produites à des fins préventives et d'adaptation de nos pratiques collectives ne relève pas de la science, mais de la régulation étatique et transnationale. Il appartient au domaine du politique de mobiliser ces

données afin de piloter des changements normatifs, mais force est de reconnaître que cela comporte d'importantes difficultés, en dépit des modélisations disponibles et des conséquences obvies que celles-ci laissent entrevoir.

Rabattre le dispositif sémiotique dédié à la communication des dangers entourant l'exploitation nucléaire sur l'entièreté de l'écosystème signifiant, c'est-à-dire sur la sémiosphère et sur la culture périnucléaire comme sous-domaine de la sémiosphère, présente l'avantage de rendre ce dispositif autonome et autoreproducteur. Mais il ne permet pas d'éliminer l'indétermination fondamentale que représente le futur lointain. Une inquiétude persiste du fait que la culture périnucléaire réponde normalement des paradigmes épistémiques, politiques et éthiques d'une époque donnée (inscrite dans une continuité de référence) ; si une coupure historique d'envergure devait survenir (résultant d'une catastrophe climatique, d'une guerre dévastatrice ou d'un événement imprévisible), brisant la continuité épistémique corrélative à la nature cumulative de la culture et du développement humains[78], rien n'indique que l'intégrité du savoir technique et scientifique sur l'atome serait préservée, non plus que l'information relative à un site de stockage en particulier. En effet, si un savoir, même partiel, est transmis, nul ne peut prédire le degré de préservation de son intégrité, car l'information est intrinsèquement commuable. Il existe donc des limites évidentes à la perpétuation de tout message. Le mythe constitue sans doute une forme sémiotique plus stable (il condense le contenu de signification et ignore la forme tout en réduisant la valeur de la source originale à néant), mais on ne peut lui reconnaître la capacité de transmettre une information scientifique complexe. Puisque, de manière générale, chaque communication peut être vue comme une traduction ou une médiation contextuellement située, une indétermination latente quant à l'avenir de la connaissance aujourd'hui accumulée paraît ne pas pouvoir être surmontée. D'autre part, on peut aussi croire que, indépendamment de toute considération sur la discontinuité, une information, quelle que soit son importance et pour qui, peut être oubliée si des forces dotées de moyens suffisants y trouvent un intérêt.

3.2 Rationalisation *vs* mythologisation

Seule la volonté de mettre en place un dispositif présentant des qualités lui permettant de persévérer au-delà de l'horizon incommensurable de l'imprévisibilité associé au spectre d'une rupture majeure dans la continuité historique paraît faire primer l'option autoritaire et dogmatique sur l'écologie culturelle arrimée à une vision de la science comme pratique collective. L'autoritarisme misant sur la mythologisation de l'information permet en effet de croire qu'en dépit des pires scénarii, le dispositif continuera d'opérer[79]. Les croyances arrimées à des rituels et des coutumes traversent les cultures et les époques

mieux que ne le font les idées abstraites complexes, car elles procèdent d'une essentialisation et d'une condensation de l'information sous la forme sémiotique du mythe. Or, les mythes ne sont pas imperméables au passage du temps ; ils s'alimentent des variations de l'histoire et s'adaptent selon les lieux et les époques. C'est ce que permet de comprendre le concept lotmanien d'autocommunication. On peut facilement imaginer qu'un mythe donné soit altéré par un événement d'envergure à l'échelle de l'humanité, en particulier si des rapports évidents relient le contenu du mythe aux phénomènes entourant l'événement (par exemple : un mythe évoquant les forces nucléaires et une catastrophe nucléaire dévastatrice). En admettant la disparition du clergé atomique à un temps donné du futur, rien n'empêchera les mythes de muter jusqu'à perdre le sens et la fonction qu'on leur avait assignés à l'origine, les rendant inopérants, c'est-à-dire inefficaces à communiquer l'information dont ils étaient originellement chargés.

Les contenus de connaissance scientifique sont eux aussi sujets aux altérations dans la durée. L'institution scientifique corrige constamment ses propositions, mais si cette institution venait à s'effondrer, défaillir ou était rendue inopérante (imaginons un futur jetant l'opprobre sur la science), alors les contenus de connaissance scientifique risqueraient bien de perdre leur statut sémiotique spécifique et d'être symbolisés par la dynamique autocommunicationnelle. Weber évoque une idée similaire :

> Les concepts de la science deviennent, si nous n'y prenons garde, les personnages de la mythologie. Il suffit de confondre nos schémas avec le réel, d'oublier les sens multiples des phénomènes dispersés que désigne un terme comme capitalisme ou socialisme, et bientôt la substitution s'est faite. Nous ne sommes plus en présence d'hommes et d'institutions, de significations immanentes à la conduite de ceux-là et à la structure de celles-ci, mais d'une force mystérieuse, qui a gardé la signification que nous attachions au mot, mais perdu le lien avec les faits. L'Histoire, désormais avec une majuscule, devient le lieu de combats grandioses entre Idées. Les sciences historiques ne suppriment pas le mystère des ensembles supra-individuels, mais elles le dépoétisent. Le dialogue des savants sur le devenir des collectivités n'enseigne ni le scepticisme ni l'irrespect, mais il interdit de diviniser les choses temporelles, il ramène sur la terre ceux des hommes ou des régimes qu'on élève au-dessus du sort commun[80].

Weber montre bien que les deux modes de transmission d'information (rationalisation, mythologisation) sont commutatifs et que l'assimilation d'une forme par l'autre peut s'opérer dans les deux sens, la seule constante demeurant le phénomène sur lequel porte le discours mythique ou de raison. Weber se fait bien sûr le défenseur d'un désenchantement du monde qui va de pair avec le développement d'une science positiviste :

> L'intellectualisation et la rationalisation croissantes [...] signifient [...] que nous savons ou que nous croyons qu'à chaque instant nous *pourrions*, pourvu seulement *que nous le voulions*, nous prouver qu'il n'existe en principe aucune puissante mystérieuse qui

> interfère dans le cours de la vie ; bref, que nous pouvons *maîtriser* toute chose par la *prévision*. Mais cela revient à désenchanter le monde. Il ne s'agit plus pour nous, comme pour le sauvage qui croit à l'existence de ces puissances, de faire appel à des moyens magiques en vue de maîtriser les esprits ou de les implorer mais de recourir à la technique et à la prévision. Telle est la signification essentielle de l'intellectualisation[81].

La ferveur de Weber contraste avec le problème qui nous occupe ici, car de toute évidence, la science doit désormais être portée responsable de l'introduction de forces non maîtrisées, les sous-produits d'exploitation de l'atome, et d'une imprévisibilité intrinsèque quant à notre capacité à gérer les risques qu'ils représentent dans la durée. Les déchets nucléaires étant radioactifs, il est aisé de leur attribuer une puissance mystérieuse, inquiétante parce que destructrice (d'autant que la radioactivité est, en elle-même, imperceptible ; on n'en perçoit que les symptômes). En dépit des croyances surnaturelles que Weber semble n'accorder qu'au « sauvage », il est évident que l'invocation de moyens magiques constitue une survivance universelle prête à refaire surface dès que les circonstances y donnent prise. De ce point de vue, le mythe présente un avantage : il balise les croyances et les recours possibles en canalisant l'appréhension d'un phénomène incompris dans les limites des interprétants auxquels il donne lieu.

À n'en pas douter, un fonds de récits (figures et motifs) anciens, transhistoriques, plus ou moins consciemment assimilés, motive bon nombre de nos croyances. Il n'est pas évident de dresser une frontière partageant en deux ensembles définis les contenus de pensée rationnels et les contenus de pensée mythologiques. La « pensée sauvage » ne nous est pas aussi étrangère qu'on voudrait le croire. Mais encore faudrait-il définir le rôle qu'on attribue au mythe. L'anthropologue Bronisław Malinowski propose une définition fonctionnaliste du mythe nourrie par ses terrains ethnographiques bien connus :

> Envisagé dans ce qu'il a de vivant, le mythe n'est pas une explication destinée à satisfaire une curiosité scientifique, mais un récit qui fait revivre une réalité originelle, et qui répond à un profond besoin religieux, à des aspirations morales, à des contraintes et à des impératifs d'ordre social, et même à des exigences pratiques. Dans les civilisations primitives, le mythe remplit une fonction indispensable : il exprime, rehausse et codifie les croyances ; il sauvegarde les principes moraux et les impose ; il garantit l'efficacité des cérémonies rituelles et offre des règles pratiques à l'usage de l'homme. Le mythe est donc un élément essentiel de la civilisation humaine ; loin d'être une vaine affabulation, il est au contraire une réalité vivante, à laquelle on ne cesse de recourir ; non point une théorie abstraite ou un déploiement d'images, mais une véritable codification de la religion primitive et de la sagesse pratique [...] Tous ces récits sont pour les indigènes l'expression d'une réalité originelle, plus grande et plus riche de sens que l'actuelle, et qui détermine la vie immédiate, les activités et les destinées de l'humanité. La connaissance que l'homme a de cette réalité lui révèle le sens des rites et des tâches d'ordre moral, en même temps que le monde selon lequel il doit les accomplir[82].

Il y a bien dans le mode de pensée mythologique un fonctionnement qui s'accorde aux compétences recherchées pour le dispositif sémiotique requis par notre problème : codification de la sagesse pratique, détermination des activités quotidiennes, socle conférant des significations cohérentes aux rites et aux tâches, aux interdits aussi (principes moraux). Pour agir ainsi, le mythe a toutefois besoin de scinder le monde et le temps en deux : le sacré d'un côté, le profane de l'autre ; les temps originels contre les temps contemporains ; l'espace des rites, les sanctuaires, le lieu où vont les ancêtres d'une part, l'espace des actions quotidiennes de l'autre, espace marchand, espace de séduction, espace humain. Le mythe pourrait être tout à fait utile à cet égard : les dépôts de déchets nucléaires en couche géologique profonde pourraient aisément être institués en sanctuaires interdits d'accès au commun des mortels. (Ne le sont-ils pas déjà?) Au prix d'un recours à la sacralité, ou à un succédané de sacralité, on peut invoquer l'inviolabilité d'un lieu. Mais le mythe déborde inévitablement cette seule fonction ; on ne peut lui assigner un rôle aussi restreint, car sa puissance de persuasion tient à ses ramifications nombreuses qui tissent la toile d'une cosmogonie tout entière.

Une autre caractéristique intrinsèque au mythe est son statut de vérité : pour être efficace, le mythe doit être *vrai*. Il doit être tenu pour vrai et défendu comme tel. D'après E. J. Michael Witzel, le mythe est « un "vrai" récit qui parle de la cosmologie et de la société ainsi que de la condition humaine et qui est fréquemment employé pour expliquer et justifier des circonstances sociales[83] ». Accorder un statut de vérité au mythe est parfaitement contraire à l'attitude scientifique et incompatible avec l'activité critique. Or, comme l'explique Mircea Eliade,

> [l]e mythe ne parle que de ce qui est arrivé *réellement*, de ce qui s'est pleinement manifesté. Les personnages des mythes sont des Êtres Surnaturels. Ils sont connus surtout par ce qu'ils ont fait dans le temps prestigieux des « commencements ». Les mythes révèlent donc leur activité créatrice et dévoilent la sacralité (ou simplement la « sur-naturalité ») de leurs œuvres. En somme, les mythes décrivent les diverses, et parfois dramatiques, irruptions du sacré (ou du « sur-naturel ») dans le Monde[84].

L'attitude scientifique prescrit, pour chaque phénomène observé, de déterminer les causes possibles (au sens logique) ou avérées de l'état de fait ou de la transformation observés. Identifier une cause à l'irruption de la surnaturalité pour confirmer le statut surnaturel d'un phénomène quelconque est parfaitement contraire au scepticisme qui caractérise l'attitude et la méthode scientifiques et a pour effet, comme le montre Eliade, de laisser le sacré faire irruption dans le monde. Cela donne prise à la pensée mythologique ; les phénomènes inexpliqués deviennent le fait d'être surnaturels ou de puissances magiques.

L'hypothèse cléricale de Sebeok est amphibologique. Les deux lectures qui en sont proposées ici mettent en lumière un paradoxe intenable. L'idée de clergé, telle que Sebeok la présente, peut être interprétée comme une dramatisation pour signifier un collectif d'acteurs scientifiques dont le rôle serait de conserver le savoir scientifique complexe en ce qui a trait au nucléaire, mais si tel est bien le cas, alors ce même clergé ne peut pas avoir aussi pour rôle de garder la population dans l'ignorance sous l'emprise de mythe, de la sacralité et d'interdits attribuables à des causes surnaturelles. Que la communauté scientifique soit mise à contribution au sein du dispositif sémiotique est sans doute nécessaire, mais elle ne paraît pas pouvoir remplir le rôle que Sebeok lui assigne. En effet, comme l'explique bien Weber,

> […] la science contribue à une œuvre de *clarté*. À condition évidemment que nous, savants, nous la possédions d'abord nous-mêmes. […] Les savants peuvent – et doivent – vous dire que tel ou tel parti que vous adoptez dérive logiquement, et en toute conviction, quant à sa *signification*, de telle ou telle vision dernière et fondamentale du monde. Une prise de position peut ne dériver que d'une seule vision du monde, mais il est également possible qu'elle dérive de plusieurs, différentes entre elles. Ainsi le savant peut vous dire que votre position dérive de telle conception et non d'une autre. […] Si nous sommes, en tant que savants, à la hauteur de notre tâche (ce qu'il faut évidemment présupposer ici), nous pouvons alors obliger l'individu à *se rendre compte du sens ultime de ses propres actes*, ou du moins l'y aider[85].

La volonté de mythologisation est parfaitement contraire à l'esprit scientifique – ce qui ne signifie pas que la science ne donne pas de prise à la divinisation de puissances terrestres idéalisées, à des visions futuristes d'une humanité techniciste toute-puissante, ou à des eschatologies technoscientifiques (comme le montre le mythe de la Singularité[86]) : en l'absence de réponse rationnelle possible sur les éventualités pouvant advenir au-delà d'un horizon des événements déterminé, les hypothèses se déploient souvent suivant des motifs mythologiques anciens.

Si le collectif scientifique peut sans doute, dans une certaine mesure, remplir le rôle de conservation et d'enrichissement de l'information complexe concernant l'activité nucléaire liée à un site précis ou non, il ne peut en revanche remplir le rôle de contrôle des populations que lui assigne Sebeok. N'importe quel bureaucrate verrait là une occasion de scinder la tâche et d'assigner le rôle de contrôle des populations à un autre groupe non restreint en principe par la nature de son activité comme l'est le scientifique. Le politicien est tout désigné dans ce cas, la propagation de la pensée mythologique n'étant pas incompatible avec les fonctions politiciennes.

Ainsi reformulé, le problème devient purement éthique et se partage entre deux doctrines antagonistes : éthique de la responsabilité ou éthique de la conviction. Je reprends à Weber cette typologie binaire :

> [...] toute activité orientée selon l'éthique peut être subordonnée à deux maximes totalement différentes et irréductiblement opposées. Elle peut s'orienter selon l'éthique de la responsabilité [*verantwortungsethisch*] ou selon l'éthique de la conviction [*gesinnungsethisch*]. Cela ne veut pas dire que l'éthique de conviction est identique à l'absence de responsabilité et l'éthique de responsabilité à l'absence de conviction. Il n'en est évidemment pas question. [...] Lorsque les conséquences d'un acte fait par pure conviction sont fâcheuses, le partisan de cette éthique n'attribuera pas la responsabilité à l'agent, mais au monde, à la sottise des hommes ou encore à la volonté de Dieu qui a créé les hommes ainsi. Au contraire le partisan de l'éthique de responsabilité comptera justement avec les défaillances communes de l'homme [...] et il estimera ne pas pouvoir se décharger sur les autres des conséquences de sa propre action pour autant qu'il aura pu les prévoir. Il dira donc : « Ces conséquences sont imputables à ma propre action. » Le partisan de l'éthique de conviction ne se sentira « responsable » que de la nécessité de veiller sur la flamme de la pure doctrine afin qu'elle ne s'éteigne pas [... C]onsidérés du point de vue du but éventuel, [ses actes] ne peuvent avoir que cette seule fin : ranimer perpétuellement la flamme de sa conviction[87].

L'hypothèse cléricale de Sebeok paraît vouloir promulguer ces deux doctrines éthiques à la fois, et c'est là où le bât blesse. Pour remplir la tâche qui consiste à contrôler les populations, la doctrine de conviction paraît tout indiquée : en dépit de toute compréhension rationnelle des enjeux, elle peut orienter les comportements, dresser des interdits, introduire dans les dynamiques culturelles des contenus de signification vagues mais denses, capables de se perpétuer à travers le temps par la coutume, la défense de la tradition, l'autoritarisme qui recourt au sacré et au surnaturel. Pour remplir la tâche qui consiste à consigner la documentation technique complexe et à assurer sa transmission et son actualisation, en revanche, c'est l'éthique de responsabilité qui convient, car elle correspond à l'attitude que présuppose et nécessite l'activité scientifique critique. L'une et l'autre étant incompatibles (du point de vue de l'activité subjective), le clergé envisagé par Sebeok est intenable, sauf à estomper ses frontières et à le rabattre sur l'écosystème culturel considéré dans toute sa complexité, c'est-à-dire à dissoudre le clergé en un réseau décentralisé d'acteurs (non exclusivement scientifiques) agissant au sein de la sémiosphère. Un tel dispositif sémiotique implique deux ensembles propositionnels distincts mais connexes : une culture périnucléaire et une culture mythonucléaire.

4. Conclusion : les limites imposées par la définition du problème

Aucun dispositif sémiotique ne peut prétendre perdurer dans la très longue durée envisagée (10 000 ans et plus), et encore moins prétendre pouvoir transmettre un message inaltéré à travers une aussi longue période temporelle : la sémiose à canaliser est beaucoup trop étendue et le futur lointain comporte des indéterminations irréductibles. Il nous est donc impossible de prétendre pouvoir maintenir des sites d'enfouissement de déchets radioactifs sous surveillance constante sur une aussi longue période – l'histoire des civilisations humaines constitue une échelle de comparaison intéressante pour saisir l'ampleur de la durée en question. Ainsi, les dispositifs de sécurité entourant les sites de stockage en couche géologique profonde doivent être autonomes et autoreproducteurs. La sémiosphère théorisée par Lotman présente de telles compétences, mais elle comporte aussi le désavantage d'être très étendue, c'est-à-dire qu'elle ne constitue pas un dispositif restreint lié directement à un site de stockage donné, mais un vaste écosystème culturel, doté d'une mémoire des codes et structuré par des dynamiques d'autoreproduction, mais également d'intégration et de correction (adaptation à travers le temps).

S'il n'est pas exclu que l'espèce humaine existe toujours dans un futur éloigné, rien n'assure que son histoire aura été linéaire ou strictement cumulative. Aucun de nos sens ne nous permet de percevoir la radioactivité, mais elle est hautement délétère et potentiellement mortelle. Elle peut même altérer notre constitution génétique. Et c'est sans compter les effets de la radiotoxicité sur l'environnement, les autres formes de vie et la biodiversité[88]. Pour percevoir des signes de radioactivité (son activité en temps réel et non ses effets différés sur les corps organiques ou non), un instrument de mesure approprié est requis : le compteur Geiger. Rien n'indique que les humains du futur seront dotés de tels appareils. Ces paramètres déterminent le problème sur lequel s'est penché cet article. Une question de recherche a été clairement posée : comment communiquer le danger que représentent les sites d'enfouissement de déchets nucléaires en couche géologique profonde à des populations appartenant à une civilisation intelligente (peut-être les descendants de l'espèce humaine telle qu'on la connaît aujourd'hui) dans le futur – dans 10 000, 100 000, 250 000 ans ou plus – afin d'éviter que des comportements nuisibles ne contreviennent à leur sécurité et à leur santé? La question étant proprement sémiotique (la communication dans la très longue durée), la réflexion avancée ici s'est volontairement restreinte à offrir des solutions d'ordre sémiotique, et plus particulièrement à revisiter de manière critique l'hypothèse avancée par Thomas A. Sebeok pour la constitution d'un dispositif sémiotique adapté au problème de la gestion des déchets radioactifs dans la très longue durée.

Les ramifications nombreuses de ce problème auraient pu appeler d'autres problématisations. Une approche historiographique aurait permis de situer notre problème au regard de l'histoire du développement de la filière d'exploitation du nucléaire civil et d'en soupeser l'importance historique. Dans une perspective sociologique, un réseau actantiel aurait pu être schématisé, qui aurait permis de mieux comprendre l'implication de chacun des acteurs liés à la filière nucléaire, la répartition des pouvoirs entre eux et l'interdétermination de leur rôles et fonctions. Une problématisation technocritique aurait quant à elle mis en lumière les spécificités de la filière électronucléaire du point de vue de l'histoire des techniques corrélée au développement socio-économique des sociétés humaines.

Il apparaît important, finalement, de bien mesurer l'ampleur du problème, qui convoque, par les risques qu'impliquent les déchets radioactifs et la durée envisagée pour leur stockage, un regard fondamentalement anthropologique. En effet, l'étude des temporalités longues, en ce qui concerne les humains, constitue le propre de la science anthropologique, bien qu'elle s'occupe habituellement d'établir des hypothèses explicatives concernant des phénomènes culturels passés, et non des conjectures sur les implications à très long terme d'un problème civilisationnel contemporain majeur[89]. Une discipline scientifique rivalise avec l'anthropologie pour ce qui est de la durée temporelle envisagée et la nature du problème : la géologie. Le concept récent d'anthropocène[90] paraît tout adapté ici et, bien qu'un certain nombre de remarques auraient pu être faites dans cette direction, il n'en aura pas été question. Ce nonobstant, il faut bien reconnaître que la seule existence des déchets nucléaires constitue une donnée fondamentale au regard de la définition même du concept d'anthropocène.

Enfin, malgré l'abord sémiotique du problème et les tentatives de limitation d'éventuels débordements, le cheminement réflexif a débouché sur des considérations d'ordre politique. Toutefois, ces considérations s'avèrent très éloignées de celles qui animent le débat public autour des questions d'exploitation du nucléaire aujourd'hui. L'apport principal de cet article au débat public pourrait passer inaperçu, il vaut donc la peine de l'accentuer. La très longue durée inhérente aux périodes radioactives des déchets nucléaires qu'a produit et que continue de produire notre civilisation implique désormais l'extension, dans un futur lointain indéterminé, de notre responsabilité collective, non seulement en tant que civilisation, mais en tant qu'espèce, puisque le péril est écologique. Au terme de cet article, les cartes ont été redistribuées : au jeu très sérieux de l'éthique environnementale qui nous implique tous et toutes, qu'on le veuille ou non, on peut désormais s'inscrire comme agent sémiotique favorisant la culture périnucléaire ou comme agent sémiotique favorisant la culture mythonucléaire, et la défausse reste à remplir. L'enjeu, cependant, est moins celui d'un engagement individuel éclairé que

la formation collective d'habitudes et de conditions d'appréhension du fait nucléaire, globalisé et de très longue durée, qui favorisent le développement d'un scepticisme à l'égard des croyances que nous nous en formons, y compris celles cautionnées par la science ou formulées dans un langage qui leur confère une crédibilité scientifique. S'« il faut beaucoup de naïveté ou de mauvaise foi pour penser que les hommes choisissent leurs croyances indépendamment de leur condition[91] », comme l'écrit Lévi-Strauss, alors c'est sans doute principalement aux conditions de production, de préservation, d'accès et d'interprétation des signes et des significations motivant nos croyances qu'il convient de s'attarder, ainsi que cet article s'y est ingénié.

Mais si l'on suit la leçon de Lévi-Strauss jusqu'au bout, il faut encore reconnaître que, loin d'avoir épuisé notre cas d'étude, un paradoxe demeure. En effet, comment garder vive la compréhension d'un message formé de signes dont l'objet, les déchets radioactifs, est enfoui, c'est-à-dire invisibilisé, et dont les effets sont intangibles, à moins d'une médiation technique, ou observables, mais uniquement à travers leur inscription temporelle, et ainsi identifiables, mais seulement à travers un raisonnement hypothético-déductif? N'est-il pas vrai que « ce sont les formes d'existence qui donnent un sens aux idéologies qui les expriment », et que « ces signes [que reproduit l'idéologie] ne constituent un langage qu'en présence des objets auxquels ils se rapportent[92] »? Si tel est bien le cas, alors l'invisibilisation des déchets nucléaires par leur enfouissement, doublant l'intangibilité immédiate de leur radiotoxicité, pourrait s'avérer fondamentalement incompatible avec la communication, dans la très longue durée, des dangers associés aux sites de stockage en couche géologique profonde, lesquels représentent pourtant, à ce jour, la solution gestionnaire privilégiée au problème irréductible des déchets nucléaires.

Bibliographie

99% Invisible, *Ten Thousand Years*, podcast, épisode 114, 30m55s, 12 mai 2014. Page associée : <http://99percentinvisible.org/episode/ten-thousand-years/>.

ADAMANTIADES, A. & I. KESSIDES, « Nuclear power for sustainable development: Current status and future prospects », *Energy Policy*, vol. 37, no 12, 2009, p. 5149-5166. DOI : 10.1016/j.enpol.2009.07.052.

American Nuclear Society, « The Price-Anderson Act », Center for Nuclear Science and Technology Information, novembre 2005. Document pdf en ligne : <http://www.ans.org/pi/ps/docs/ps54-bi.pdf>.

BARROUX, Rémi, « La production de déchets nucléaires devrait tripler d'ici à 2080 », *Le Monde*, 6 juillet 2015. Disponible en ligne : <http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/07/06/la-production-de-dechets-nucleaires-devrait-tripler-d-ici-a-2080_4672350_3244.html>.

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

—, « Les qualités politiques des technologies. Irréversibilité et réversibilité dans la gestion des déchets nucléaires », *Tracés. Revue de Sciences humaines*, no 16, 2009, p. 119-137. DOI : 10.4000/traces.2563.

BELL, Rebecca, « Nuclear waste must be out of sight, but not out of mind », *The Guardian*, 1er novembre 2014. Disponible en ligne : <http://www.theguardian.com/environment/2014/nov/01/nuclear-waste-underground-storage>.

BENFORD, Gregory, *Deep Time: How Humanity Communicates Across Millennia*, New York, Avon, 1999.

BENFORD, Gregory *et al.*, *Ten Thousand Years of Solitude? On Inadvertent Intrusion into the Waste Isolation Pilot Project Repository*, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos (NM, É.-U.), 1990.

BERKHOUT, Frans, *Radioactive Waste. Politics and Technology*, Londres/New York, Routledge, 1991.

BLOOMFIELD, Brian P. & Theo VURDUBAKIS, « The Secret of Yucca Mountain: Reflections on an Object in Extremis », *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 23, no 5, 2005, p. 735-756. DOI : 10.1068/d356t.

BRILL, Michael, *Site Design to Mark the Dangers of Nuclear Waste for 10,000 Years*, Buffalo, The Buffalo Organization for Social and Technological Innovation, 1991.

CALLON, Michel, Pierre LASCOUMES & Yannick BARTHE, *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique*, édition révisée, Paris, Seuil, coll. « Points essais », 2014 [2001].

Commission canadienne de la sûreté nucléaire, *Centrales nucléaires*, dernière mise à jour 21 septembre 2015. En ligne : <http://nuclearsafety.gc.ca/fra/reactors/power-plants/index.cfm>.

CRUTZEN, Paul J. & Eugene F. STOERMER, « The "Anthropocene" », *Global Change Newsletter, IGBP*, no. 41, 2000, p. 17-18. Disponible en ligne : <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>.

CUGNOT, Mathieu, « À Bure, avec les opposants au "cimetière radioactif" », *Le Monde*, 11 janvier 2017. En ligne : <http://www.lemonde.fr/planete/portfolio/2017/01/11/a-bure-avec-les-opposants-au-cimetiere-radioactif_5061188_3244.html>.

CURRIN, Andrew *et al.*, « Computing exponentially faster: implementing a non-deterministic universal Turing machine using DNA », *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 14, no 128, 1er mars 2017, non paginé. DOI : 10.1098/rsif.2016.0990.

DEAN, Lewis G. *et al.*, « Identification of the Social and Cognitive Processes Underlying Human Cumulative Culture », *Science*, vol. 305, 2012, p. 1114-1118. DOI : 10.1126/science.1213969.

DESCOMBES, Vincent, *Grammaire d'objets en tous genres*, Paris, Minuit, 1983.

DICK, Philip K., *Radio Free Albemuth*, trad. de l'anglais (États-Unis) par E. Jouanne, Paris, Gallimard, coll. « Folio SF », 1987 [1985].

DITTMAR, Micheal, « Nuclear energy: Status and future limitations », *Energy*, vol. 37, no 1, 2012, p. 35-40. DOI : 10.1016/j.energy.2011.05.040.

DUNCAN, Dennis, « Backwards and Forwards with the Atomic Priesthood », *Alluvium*, vol. 1, no 2, 2012. En ligne : <http://dx.doi.org/10.7766/alluvium.v1.2.03>.

DURANT, Darrin, « Resistance to Nuclear Waste Disposal: Credentialed Experts, Public Opposition and their Shared Lines of Critique », *Scientia Canadensis*, vol. 30, no 1, 2007, p. 1-30. DOI : 10.7202/800524ar.

ECO, Umberto, « For a Polyglot Federation », *New Perspective Quarterly*, 1993. Disponible en ligne : <http://umbertoecoreaders.blogspot.ca/2007/11/for-polyglot-federation.html>.

—, *In Search for the Perfect Language*, trad. de l'italien par J. Fentress, Malden (MA, É.-U.), Blackwell Publishing, 1995 [1993].

EISENHOWER, Dwight, « Atoms for Peace Speech » (8 déc. 1953). Disponible en ligne sur le site de l'*International Atomic Energy Agency* : <https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech>.

ELIADE, Mircea, *Aspects du mythe*, Paris, Gallimard, coll. « Folio essais », 1963.

ERLICH, Yaniv & Dina ZIELINSKI, « DNA Fountain enables a robust and efficient

storage architecture », *Science*, vol. 355, no 6328, 2 mars 2017, p. 950-954. DOI : 10.1126/science.aaj2038.

GANASCIA, Jean-Gabriel, *Le mythe de la Singularité. Faut-il craindre l'intelligence artificielle?*, Paris, Seuil, 2017.

GEERTZ, Clifford, *The Interpretation of Culture*, New York, Basic Books, 2000 [1973].

GINGRAS, Yves, *L'impossible dialogue : sciences et religions*, Montréal, Boréal, 2016.

HECHT, Gabrielle, *Le rayonnement de la France. Énergie nucléaire et identité nationale après la Seconde Guerre mondiale*, nouv. édition revue et corrigée, trad. de l'anglais (États-Unis) par G. Callon, Paris, Éd. Amsterdam, 2014 [1998].

—, *Uranium africain. Une histoire globale*, trad. de l'anglais (États-Unis) par C. Nordmann, Paris, Seuil, 2016 [2014].

HOBAN, Russell, *Enig marcheur*, trad. de l'anglais par N. Richard, préface de W. Self, Toulouse, Monsieur Toussaint Louverture, 2012.

HORA, Stephen C., Detlof von WINTERFELDT & Kathleen M. TRAUTH, *Expert Judgment on Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant*, Sandia Report, Sandia National Laboratories, Albuquerque (NM, É.-U.), décembre 1991.

Human Interference Task Force, *Reducing the Likelihood of Future Human Activities That Could Affect Geologic High-level Waste Repositories*, rapport technique déposé auprès de l'Office of Nuclear Waste Isolation, Batelle Memorial Insitute, Colombus (OH, É.-U.), mai 1984.

IALENTI, Vincent F., « Adjudicating Deep Time: Revisiting the United States' High-Level Nuclear Waste Repository Project at Yucca Mountain », *Science and Technology Studies*, vol. 27, no 2, 2014, p. 27-48.

INHOFE, James M., U.S. Senate Committee on Environment and Public Works, *Yucca Mountain: The Most Studied Real Estate on the Planet*, rapport au Sénat des États-Unis, mars 2006. Disponible en ligne : <https://www.epw.senate.gov/repwhitepapers/YuccaMountainEPWReport.pdf>.

International Atomic Energy Agency (IAEA), *Nuclear Power Reactors in the World. 2015 Edition*, Vienne, 2015. Disponible en ligne : <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/rds2-35web-85937611.pdf>.

—, *IAEA Report on Assessment and Prognosis in Response to a Nuclear or Radiological Emergency*, rencontre internationale d'experts, 20-24 avril 2015, Vienne, Autriche. Disponible en ligne : <https://www.iaea.org/sites/default/files/iem9-assessment-and-prognosis.pdf.pdf>.

IRVINE, Richard D. G., « Deep time: an anthropological problem », *Social Anthropology/Anthropologie sociale*, vol. 22, no 2, 2014, p. 157-172. DOI : 10.1111/1469-8676.12067.

Japan Atomic Energy Agency, *Research and Development Relating to Nuclear Fuel Cycle Backend and Reprocessing of Spent Nuclear Fuel*, 2014. En ligne : <http://jolisfukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/fukyu/mirai-en/2014/index_set.html>.

JENSEN, Mikael, *Conservation and Retrieval of Information. Elements of a Strategy to Inform Future Societies about Nuclear Waste Repositories*, rapport final du Nordic Nuclear Safety Research Project KAN-1.3, NKS, Finlande, 1993.

JEWELL, Jessica, « Ready for nuclear energy?: An assessment of capacities and motivations for launching new national nuclear power programs », *Energy Policy*, vol. 39, no 3, 2011, p. 1041-1055. DOI : 10.1016/j.enpol.2010.10.041.

KASSIDES, Ioannis N., « Nuclear power: Understanding the economic risks and uncertainties », *Energy Policy*, vol. 38, no 8, 2010, p. 3849-3864. DOI : 10.1016/j.enpol.2010.03.005.

KAURR, Raminder, « A "Nuclear Renaissance", Climate Change, and the State of Exception », *Australian Journal of Anthropology*, vol. 22, no 2, 2011, p. 273-277. DOI : 10.1111/j.1757-6547.2011.00130.x.

KEARNES, Matthew & Lauren RICKARDS, « Earthly graves for environmental futures: Techno-burial practices », *Futures*, 2016, non paginé. DOI : 10.1016/j.futures.2016.12.003.

LATOUR, Bruno, *L'espoir de Pandore. Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, trad. de l'anglais par D. Gille, Paris, La Découverte, 2007 [1999].

Le DARS, Aude, *Pour une gestion durable des déchets nucléaires : quelles décisions?*, Paris, Presses universitaires de France & Le Monde, coll. « Partage du savoir », 2004.

LÉVI-STRAUSS, Claude, *Tristes tropiques*, Paris, Plon, coll. « Terre humaine/Poche », 2001 [1955].

—, *Anthropologie structurale*, Paris, Plon, 1958.

—, *La pensée sauvage*, Paris, Plon, 1962.

LOTMAN, Yuri, *Universe of the Mind: A Semiotic Theory of Culture*, trad. du russe par A. Shukman, Bloomington, Indiana University Press, 2001 [1990].

LUCCHINI, Roberto G. *et al.*, « A comparative assessment of major international disasters: the need for exposure assessment, systematic emergency preparedness, and lifetime health care », *BMC Public Health*, 2017, non paginé. DOI : 10.1186/s12889-016-3939-3.

MADSEN, Michael, *Into Eternity*, Production : Danemark/Finlande/Suède/Italie, Atmo Media Network & Film i Väst. Distribution Canada/États-Unis : International Film Circuit. DVD couleur, anglais/suédois/finnois, 75 min., 2011.

MALY, Tim, « A Message to the Future », *Works that Work*, no 3, non daté. En ligne : <https://worksthatwork.com/3/message-to-the-future/share/e8758f8c69f28bb2a0a1ff8d8a91196e>.

MARTIN, « Yucca Mountain won't be site for nuclear waste, energy secretary says », *Las Vegas Review-Journal*, 11 janvier 2017. En ligne : <http://www.reviewjournal.com/news/politics-and-government/nevada/yucca-mountain-won-t-be-site-nuclear-waste-energy-secretary-says>.

MEIER-OESER, Stephan, « Medieval Semiotics » (2011), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. En ligne : <https://plato.stanford.edu/entries/semiotics-medieval/>.

MENET-DRESSAYRE, Catherine, *Étude du comportement géochimique des radioéléments et de leurs descendants autour des réacteurs nucléaires naturels 10 et 13 d'Oklo (Gabon). Application au stockage de déchets nucléaires de haute activité*, thèse de doctorat, Université Paris-11, Orsay, France, 1992.

MERTON, Robert K., *The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago, University of Chicago Press, 1973.

MEZ, Lutz, « Nuclear energy–Any solution for sustainability and climate protection? », Energy Policy, vol. 48, 2012, p. 56-63. DOI : 10.1016/j.enpol.2012.04.047.

MONTOYA BRIAN, Susan, « $2.6B contract awarded for Sandia National Labs management », *Associated Press*, 17 décembre 2016. En ligne : <https://apnews.com/5a0cddaa55bd4c1cadf4d792b9c1f805/26b-contract-awarded-sandia-national-labs-management>.

MORIN, Edgar & Anne Brigitte KERN, *Terre-Patrie*, Paris, Seuil, 1993.

National Technology and Engineering Solutions of Sandia, « About Sandia », *Sandia National Laboratories*, 2017. En ligne : <http://www.sandia.gov/about/index.html>.

NICKERING, Sylvia, « Taking a Stand: Exploring the Role of the Scientists prior to the First Pugwash Conference on Science and World Affairs, 1957 », *Scientia Canadensis*, vol. 36, no 2, 2013, p. 63-87. DOI : 10.7202/1027022ar.

Northwatch Organization, « Geological Repositories », *Know Nuclear Waste. A public interest information project about nuclear waste burial in Canada*. En ligne : <http://www.knownuclearwaste.ca/geological-repositories.html>.

Nuclear Power ProCon, « The Price-Anderson Act ». En ligne : <http://www.nuclearpowerprocon.org/pop/Price-Anderson.htm>.

Nuclear Waste Management Organization of Japan (NUMO), *Japan Geological Disposal Program*, non daté. En ligne : <http://www.numo.or.jp/en/jigyou/new_eng_tab01.html>.

Ontario Power Generation, *What is the Deep Geological Repository (DGR)?*, 2013. En ligne : <http://opgdgr.com>.

Posiva, *Final Disposal*, page web : <http://www.posiva.fi/en/final_disposal>.

—, *Onkalo. Underground Rock Characterisation Facility at Olkiluoto, Eurajoki, Finland*.

Document pdf en ligne : <http://www.posiva.fi/files/375/Onkalo_ENG_290306_kevyt.pdf>.

POSNER, Roland (dir.), « Und in alle Ewigkeit: Kommunikation über 10 000 Jahre: Wie sagen wir unsern Kindeskindern wo der Atommüll liegt? », *Zeitschrift für Semiotik*, vol. 6, no 3, 1984. Disponible en ligne : <http://www.semiotik.tu-berlin.de/menue/zeitschrift_fuer_semiotik/zs-hefte/bd_6_hft_3/>.

RHÉAUME, Charles, *Sakharov. Science, morale et politique*, Québec, Presses de l'Université Laval, 2004.

SAKHAROV, Andreï, *Réflexions sur le progrès, la coexistence et la liberté intellectuelle*, Paris, Rencontres internationales, 1968.

SEBEOK, Thomas A., *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*, rapport technique BMI/ONWI-532, États-Unis, 1er avril 1984. Disponible en ligne : <http://www.osti.gov/scitech/biblio/6705990/>.

SHANNON, Claude E., « A Mathematical Theory of Communication », *The Bell System Technical Journal*, vol. 27, no 3-4, 1948, p. 379-423, 623-656. DOI : 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x ; 10.1002/j.1538-7305.1948.tb00917.x.

SHELTON, Kevin B., « La religion et la culture à l'épreuve de la sémiosphère : élucidation d'un faux dilemme », trad. de l'anglais par K. Chagnon, S. Levesque & K. B. Shelton, *Cygne noir*, no 4. En ligne : <http://revuecygnenoir.org/numero/article/religion-culture-semiosphere>.

Société de gestion des déchets nucléaires (NWMO), *Rapport annuel 2014*, Ontario (Canada), 27 mars 2015. Disponible en ligne : <http://www.nwmo.ca/uploads_managed/MediaFiles/2580_sgdnrapport_annuel_2014-web.pdf>.

SOLOMON, Barry D., « High-level radioactive waste management in the USA », dans U. Strandberg & M. Andrén (dir.), *Nuclear Waste Management in a Globalised World*, Londres, Routledge, 2011, p. 131-146.

SPINRAD, Bernard, « Nuclear power and nuclear weapons: the connection is tenuous », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 39, no 2, 1983, p. 42-47.

STENGERS, Isabelle, *L'invention des sciences modernes*, Paris, Flammarion, coll. « Champs sciences », 1995 [1993].

STULBERG, Adam N. & Matthew FUHRMANN (dir.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford, Stanford University Press, 2013.

TALEB, Nassim Nicholas, *Le cygne noir : la puissance de l'imprévisible*, Paris, Les Belles Lettres, 2008.

TENNIE, Claudio *et al.*, « Ratcheting up the Ratchet: On the Evolution of Cumulative Culture », *Philosophical Transactions of the Royal Society*, série B, vol. 364, 2009, p. 2404-2415. DOI : 10.1098/rstb.2009.0052.

THILL, Georges, « Rationalité scientifique et imaginaire social », *Revue internationale d'action communautaire / International Review of Community Development*, no 15, 1986, p. 33-37.

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

TRAUTH, Kathleen M., Stephen C. HORA & R. V. GUZOWSKI, *Expert Judgment on Markers to Deter Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant*, Sandia Report, Sandia National Laboratories, Albuquerque (NM, É.-U.), novembre 1993.

UNEP, « National Rapid Environmental Desk Assessment – Somalia », 2005. Disponible en ligne : <http://www.unep.org/tsunami/reports/TSUNAMI_SOMALIA_LAYOUT.pdf>.

U.S. Department of Energy, Waste Isolation Pilot Plant, *WIPP Ehxibit: Message to 12,000 A.D.,* extraits du rapport « Expert Judgment on Markers to Deter Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation Pilot Plant, Sandia National Laboratories report SAND92-1382 / UC-721 ». En ligne : <http://www.wipp.energy.gov/picsprog/articles/wipp%20exhibit%20message%20to%2012,000%20a_d.htm>.

United States Nuclear Regulatory Commission (U.S. NRC), *State-of-the-Art Reactor Consequence Analyses (SOARCA)*, dernière mise à jour 30 mars 2015. En ligne : <http://www.nrc.gov/about-nrc/regulatory/research/soar.html>.

VERBRUGGEN, Aviel, « Renewable and nuclear power: A common future? », *Energy Policy*, vol. 36, no 11, 2008, p. 4036-4047. DOI : 10.1016/j.enpol.2008.06.024.

VERNEY-CARON, Aurélie, *Étude d'analogues archéologiques pour la validation des modèles de comportement à long terme des verres nucléaires*, thèse de doctorat, INPL, Vandœuvre-lès-Nancy, France, 2009.

WALKER, W. B., « Changing relations between civil and military nuclear technology », *Journal de Physique IV*, vol. 9, no PR7 : « Proceedings of the Workshop Innovative Options in the Field of Nuclear Fission Energy », 1999, p. 159-166. DOI : 10.1051/jp4:1999710.

WEART, Spencer R., *La grande aventure des atomistes français : les savants au pouvoir*, trad. de l'anglais (États-Unis), Paris, Fayard, 1980 [1979].

WEBER, Max, *Le savant et le politique*, trad. de l'allemand par J. Freund, révisé par E. Fleischmann & E. de Dampierre, préface de R. Aron, Paris, Union Générale d'Éditions, coll. « Bibliothèque 10/18 », 1963 [1919].

WISE Paris, « Rapport d'expert : le nucléaire n'est pas une solution au changement climatique », 27 octobre 2015. Disponible en ligne : <http://www.sortirdunucleaire.org/WISE-nucleaire-climat>.

WITZEL, E. J. Michael, *The Origins of the World's Mythologies*, Oxford/New York, Oxford University Press, 2010.

World Information Service on Energy (WISE International), « The link between nuclear energy and nuclear weapons », *Nuclear Monitor*, no 509-510, 1999. En ligne : <https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/509-510/link-between-nuclear-energy-and-nuclear-weapons>

World Nuclear Association, « China's Nuclear Fuel Cycle », mis à jour en octobre 2015. En ligne : <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/China--Nuclear-Fuel-Cycle/>.

—, « Nuclear Power in Canada », mis à jour en septembre 2015. En ligne : <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Canada--Nuclear-Power/>.

—, « Nuclear Power in China », mis à jour en octobre 2015. En ligne : <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/China--Nuclear-Power/>.

—, « Nuclear Power in Finland », mis à jour le 28 août 2015. En ligne : <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/Finland/>.

—, « Nuclear Power in France », mis à jour en septembre 2015. En ligne : <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/France/>.

—, « Radioactive Waste Management », mis à jour en août 2015. En ligne : <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Nuclear-Wastes/Radioactive-Waste-Management/>.

Notes

1 N. N. TALEB, *Le cygne noir : la puissance de l'imprévisible*, Paris, Les Belles Lettres, 2008.

2 Cf. A. VERBRUGGEN, « Renewable and nuclear power: A common future? », *Energy Policy*, vol. 36, no 11, 2008, p. 4036-4047 ; L. MEZ, « Nuclear energy–Any solution for sustainability and climate protection? », *Energy Policy*, vol. 48, 2012, p. 56-63 ; WISE Paris, « Rapport d'expert : le nucléaire n'est pas une solution au changement climatique », 27 octobre 2015. Disponible en ligne : <http://www.sortirdunucleaire.org/WISE-nucleaire-climat>.

3 Lévi-Strauss propose une distinction entre ces deux modes de pensée, fondée sur le degré de prégnance du déterminisme : « Entre magie et science, la différence première serait donc, de ce point de vue, que l'une postule un déterminisme global et intégral, tandis que l'autre opère en distinguant des niveaux dont certains, seulement, admettent des formes de déterminisme tenues pour inapplicables à d'autres niveaux. Mais ne pourrait-on aller plus loin, et considérer la rigueur et la précision dont témoignent la pensée magique et les pratiques rituelles, comme traduisant une appréhension inconsciente de la *vérité du déterminisme* en tant que mode d'existence des phénomènes scientifiques, de sorte que le déterminisme serait globalement *soupçonné* et *joué* avant d'être *connu* et *respecté*? Les rites et les croyances magiques apparaîtraient alors comme autant d'expressions d'un acte de foi en une science encore à naître. » C. LÉVI-STRAUSS, *La pensée sauvage*, Paris, Plon, 1962, p. 19.

4 Voir note précédente.

5 M. WEBER, *Le savant et le politique*, trad. de l'allemand par J. Freund, révisé par E. Fleischmann & E. de Dampierre, préface de R. Aron, Paris, Union Générale d'Éditions, coll. « Bibliothèque 10/18 », 1963 [1919], p. 206-208.

6 L'expression est reprise à E. MORIN & B. KERN, *Terre-Patrie*, Paris, Seuil, coll. « Points essais », 1993.

7 J. JEWELL, « Ready for nuclear energy?: An assessment of capacities and motivations for launching new national nuclear power programs », *Energy Policy*, vol. 39, no 3, 2011 ; M. DITTMAR, « Nuclear energy: Status and future limitations », *Energy*, vol. 37, no 1, 2012, p. 35-40 ; R. KAURR, « A "Nuclear Renaissance", Climate Change, and the State of Exception », *Australian Journal of Anthropology*, vol. 22, no 2, 2011, p. 273-277 ; A. STULBERG & M. FUHRMANN (dir.), *The Nuclear Renaissance and International Security*, Stanford, Stanford University Press, 2013.

8 International Atomic Energy Agency (IAEA), *IAEA Report on Assessment and Prognosis in Response to a Nuclear or Radiological Emergency*, rencontre internationale d'experts, 20-24 avril 2015, Vienne, Autriche. Disponible en ligne : <https://www.iaea.org/sites/default/files/iem9-assessment-and-prognosis.pdf.pdf> ; R. G. LUCCHINI *et al.*, « A comparative assessment of major international disasters: the need for exposure assessment, systematic emergency preparedness, and lifetime health care », *BMC Public Health*, 2017, non paginé.

9 Y. BARTHE, *Le pouvoir d'indécision. La mise en politique des déchets nucléaires*, Paris, Économica, 2006, p. 31.

10 *Ibid.*, p. 44.

11 Commission internationale de protection radiologique (CIPR), no 38, 1983 ; reproduit dans A. Le DARS, *Pour une gestion durable des déchets nucléaires : quelles décisions?*, Paris, Presses universitaires de France & Le Monde, coll. « Partage du savoir », 2004, p. 23.

12 M. CUGNOT, « À Bure, avec les opposants au "cimetière radioactif" », *Le Monde*, 11 janvier 2017. En ligne : <http://www.lemonde.fr/planete/portfolio/2017/01/11/a-bure-avec-les-opposants-au-cimetiere-radioactif_5061188_3244.html>.

13 World Nuclear Association, « Radioactive Waste Management », mis à jour en août 2015. En ligne : <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Nuclear-Wastes/Radioactive-Waste-

Management/> (consulté le 13 octobre 2015).

14 R. BARROUX, « La production de déchets nucléaires devrait tripler d'ici à 2080 », *Le Monde*, 6 juillet 2015. Disponible en ligne : <http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/07/06/la-production-de-dechets-nucleaires-devrait-tripler-d-ici-a-2080_4672350_3244.html>.

15 Deux projets de recherche européens misent actuellement sur ce phénomène pour développer des réacteurs capables de le déclencher de sorte à réduire significativement la production de déchets lors de la production d'énergie électronucléaire. Il s'agit des projets *Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications* (MYRRHA) et *Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration* (ASTRID) associés au développement de réacteurs dits de 4e génération. Sur les technologies liées au développement des réacteurs de 4e génération, voir aussi : A. ADAMANTIADES & I. KESSIDES, « Nuclear power for sustainable development: Current status and future prospects », *Energy Policy*, vol. 37, no 12, 2009, p. 5149-5166, spéc. 5157-5159. Sur la vitrification, voir A. VERNEY-CARON, *Étude d'analogues archéologiques pour la validation des modèles de comportement à long terme des verres nucléaires*, thèse de doctorat, INPL, Vandœuvre-lès-Nancy, France, 2009.

16 Cette solution a été bannie par plusieurs traités internationaux (Convention de Londres sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets, 1972 ; MARPOL 73/78 ; Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination, 1989), mais, profitant de l'absence de véritable gouvernement national capable de freiner cette activité illégale, d'innombrables chargements auraient néanmoins été largués au large de la Somalie depuis les années 1980. Les effets de cette activité ont été décrits en 2005 dans un rapport rédigé par le Programme des Nations Unies pour l'environnement : UNEP, « National Rapid Environmental Desk Assessment – Somalia », 2005. Disponible en ligne : <http://www.unep.org/tsunami/reports/TSUNAMI_SOMALIA_LAYOUT.pdf>.

17 I. N. KASSIDES, « Nuclear power: Understanding the economic risks and uncertainties », *Energy Policy*, vol. 38, no 8, 2010, p. 3849-3864 ; A. Le DARS, *Pour une gestion durable des déchets nucléaires*, *op. cit.*

18 Cf. C. MENET-DRESSAYRE, *Étude du comportement géochimique des radioéléments et de leurs descendants autour des réacteurs nucléaires naturels 10 et 13 d'Oklo (Gabon). Application au stockage de déchets nucléaires de haute activité*, thèse de doctorat, Université Paris-11, Orsay, France, 1992.

19 World Nuclear Association, « Radioactive Waste Management », mis à jour en août 2015, je traduis. En ligne : <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Nuclear-Wastes/Radioactive-Waste-Management/> (consulté le 13 octobre 2015).

20 Sur les divers modèles et politiques d'enfouissement en France (stockage réversible ou enfouissement irréversible), voir : Y. BARTHE, « Les qualités politiques des technologies. Irréversibilité et réversibilité dans la gestion des déchets nucléaires », *Tracés. Revue de Sciences humaines*, no 16, 2009, p. 119-137.

21 Nuclear Waste Policy Act amendments of 1987.

22 G. MARTIN, « Yucca Mountain won't be site for nuclear waste, energy secretary says », *Las Vegas Review-Journal*, 11 janvier 2017. En ligne : <http://www.reviewjournal.com/news/politics-and-government/nevada/yucca-mountain-won-t-be-site-nuclear-waste-energy-secretary-says>.

23 Image : LANL/LANS under US Department of Energy, « Yucca proposed design », *Wikimedia Commons*, décembre 2008. En ligne : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yucca_proposed_design.jpg>.

24 En 2006, un rapport au Sénat américain indiquait que les investissements pour la recherche scientifique liée au site totalisaient 8,6G USD. J. M. INHOFE (sénateur), U.S. Senate Committee on Environment and Public Works, *Yucca Mountain: The Most Studied Real Estate on the Planet*, rapport au Sénat des États-Unis, mars 2006. Disponible en ligne : <https://www.epw.senate.gov/

repwhitepapers/YuccaMountainEPWReport.pdf>.

25 Nuclear Waste Policy Act (Public Law 97-425), sous-section A, cité dans B. D. SOLOMON, « High-level radioactive waste management in the USA », dans U. Strandberg & M. Andrén (dir.), *Nuclear Waste Management in a Globalised World*, Londres, Routledge, 2011, p. 131-146, spéc. 138, je traduis.

26 R. POSNER (dir.), « Und in alle Ewigkeit: Kommunikation über 10 000 Jahre: Wie sagen wir unsern Kindeskindern wo der Atommüll liegt? », *Zeitschrift für Semiotik*, vol. 6, no 3, 1984. Disponible en ligne : <http://www.semiotik.tu-berlin.de/menue/zeitschrift_fuer_semiotik/zs-hefte/bd_6_hft_3/>.

27 L'État américain possède les Sandia National Laboratories, mais ceux-ci sont opérés et gérés par la National Technology and Engineering Solutions of Sandia, LLC, une filiale du groupe Honeywell International, Inc. L'entreprise est un Centre de recherche et développement financé par le gouvernement fédéral (FFRDC) et elle agit à titre de contractant de la National Nuclear Security Administration (NNSA) du Departement of Energy (DOE) selon le modèle *government owned/contractor operated* (GOCO). Cf. : National Technology and Engineering Solutions of Sandia, « About Sandia », *Sandia National Laboratories*, 2017. En ligne : <http://www.sandia.gov/about/index.html> ; S. MONTOYA BRIAN, « $2.6B contract awarded for Sandia National Labs management », *Associated Press*, 17 décembre 2016. En ligne : <https://apnews.com/5a0cddaa55bd4c1cadf4d792b9c1f805/26b-contract-awarded-sandia-national-labs-management>.

28 T. A. SEBEOK, *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*, rapport technique BMI/ONWI-532, États-Unis, 1er avril 1984. Disponible en ligne : <http://www.osti.gov/scitech/biblio/6705990/>.

29 *Ibid.*, p. 1-2, pour cette citation et toutes les autres tirées de ce document, je traduis.

30 Distinction classique faite à l'origine par saint Augustin entre « *signa naturalia* » et « *signa data* » dans *De Doctrina christiana*. Cf. S. MEIER-OESER, « Medieval Semiotics » (2011), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. En ligne : <https://plato.stanford.edu/entries/semiotics-medieval/>.

31 Sebeok s'appuie implicitement sur le modèle technique de la communication de Claude Shannon et le généralise. Cf. C. E. SHANNON, « A Mathematical Theory of Communication », *The Bell System Technical Journal*, vol. 27, no 3-4, 1948, p. 379-423, 623-656.

32 T. A. SEBEOK, *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*, *op. cit.*, p. 13-14.

33 *Ibid.*, p. 16.

34 *Idem.*

35 *Ibid.*, p. 23.

36 Des projets similaires, dans d'autres contextes, sont mis de l'avant notamment par la Long Now Foundation, à travers le Rosetta Project : <http://rosettaproject.org>. Voir aussi : U. ECO, « For a Polyglot Federation », *New Perspective Quarterly*, 1993. Disponible en ligne : <http://umbertoecoreaders.blogspot.ca/2007/11/for-polyglot-federation.html>. Pour une perspective historique sur la question de la traduction et de la conservation dans le temps, voir : U. ECO, *In Search for the Perfect Language*, trad. de l'italien par J. Fentress, Malden (MA, É.-U.), Blackwell Publishing, 1995 [1993].

37 Cette hypothèse laisse envisager des scénarios de haute paranoïa, à l'instar de ce que propose par exemple Philip K. Dick dans ses récits d'imagination. Voir : P. K. DICK, *Radio Free Albemuth*, trad. de l'américain par E. Jouanne, Paris, Gallimard, coll. « Folio SF », 1987 [1985].

38 Des chercheurs développent actuellement cette technologie et ont récemment partagé les détails d'une méthode d'encodage baptisée « DNA Fountain » : Y. ERLICH & D. ZIELINSKI, « DNA Fountain enables a robust and efficient storage architecture », *Science*, vol. 355, no 6328, 2 mars 2017, p. 950-954. Sur le *DNA computing*, voir aussi : A. CURRIN *et al.*, « Computing exponentially faster: implementing a non-deterministic universal Turing machine using DNA », *Journal of*

the Royal Society Interface, vol. 14, no 128, 1er mars 2017, non paginé.

39 T. A. SEBEOK, *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*, *op. cit.*, p. 2.

40 Un musicien, Emperor X, a récemment produit une telle chanson, d'après les paroles proposées par Bastide & Fabbri : <http://emperorx.bandcamp.com/album/10000-year-earworm-to-discourage-settlement-near-nuclear-waste-repositories>.

41 Sur le site actuellement en construction à Onkalo en Finlande, c'est cette option qui semble l'emporter au sein de l'équipe en charge de la mise en place des dispositifs informationnels. Le documentaire *Into Eternity* (Danemark, 2010) réalisé par Micheal Madsen montre que l'équipe en charge du projet est divisée en deux « écoles de pensée » : l'une croit qu'il vaut mieux laisser le plus de marqueurs possibles, et l'autre croit au contraire qu'il faut que ce lieu, une fois scellé, soit oublié à jamais. Les prévisions autour d'Onkalo sont faites sur 100 000 ans et les climatologues envisagent une glaciation qui recouvrirait complètement la Finlande dans un horion de 60 000 ans.

42 G. BENFORD, *Deep Time: How Humanity Communicates Across Millennia*, New York, Avon, 1999.

43 T. A. SEBEOK, *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*, *op. cit.*, p. 24.

44 C. LÉVI-STRAUSS, *Anthropologie structurale*, Paris, Plon, 1958, p. 232.

45 Cette bibliothèque a aujourd'hui été transférée, suivant le souhait de Sebeok, au Département de philosophie et sémiotique de l'Université de Tartu, Estonie.

46 T. A. SEBEOK, *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*, *op. cit.*, p. 24.

47 *Idem.*

48 Ce principe est à la base du paradigme archivistique contemporain : *LOCKSS — Lots Of Copies Keep Stuff Safe*. Stanford University, *LOCKSS*, 2013. En ligne : <http://lockss.stanford.edu>.

49 T. A. SEBEOK, *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*, *op. cit.*, p. 26.

50 *Idem.*

51 Cette proposition constitue une version extrême de la doctrine de « l'acceptabilité sociale ». Cf. M. CALLON, P. LASCOUMES & Y. BARTHE, *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique*, édition révisée, Paris, Seuil, coll. « Points essais », 2014 [2001].

52 *Idem.*

53 B. LATOUR, *L'espoir de Pandore. Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, trad. de l'anglais par D. Gille, Paris, La Découverte, 2007 [1999].

54 Y. LOTMAN, *Universe of the Mind: A Semiotic Theory of Culture*, trad. du russe par A. Shukman, Bloomington, Indiana University Press, 2001 [1990].

55 C. GEERTZ, *The Interpretation of Culture*, New York, Basic Books, 2000 [1973], p. 12, je traduis.

56 *Ibid.*, p. 5, je traduis.

57 G. THILL, « Rationalité scientifique et imaginaire social », *Revue internationale d'action communautaire / International Review of Community Development*, no 15, 1986, p. 33-37, spéc. 34-35.

58 Cf. K. B. SHELTON, « La religion et la culture à l'épreuve de la sémiosphère : élucidation d'un faux dilemme », *Cygne noir*, no 4, 2016. En ligne : <http://revuecygnenoir.org/numero/article/religion-culture-semiosphere>.

59 À ce propos, voir notamment : R. K. MERTON, *The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago, University of Chicago Press, 1973 ; Y. GINGRAS, *L'impossible dialogue : sciences et religions*, Montréal, Boréal, 2016.

60 T. A. SEBEOK, *Communication Measures to Bridge Ten Millennia*, *op. cit.*, p. 26.

61 « La "vérité" serait confiée exclusivement à – ce qu'on pourrait appeler, pour souligner son caractère dramatique – un "clergé atomique" [...]. » *Idem.*

62 Le programme Atoms for Peace du président américain Eisenhower a mis sur les rails le développement de la filière nucléaire civile en Occident avec l'ambition avouée de rentabiliser les dépenses englouties dans le Projet Manhattan au sortir de la Seconde Guerre mondiale. Voir : D. EISENHOWER, « Atoms for Peace Speech » (8 déc. 1953). Disponible en ligne sur le site de l'AIEA : <https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech>. Il faut également mentionner l'importance du Price-Anderson Act (déréglementation) sur le développement de la filière : American Nuclear Society, « The Price-Anderson Act », *Center for Nuclear Science and Technology Information*, novembre 2005. Document pdf en ligne : <http://www.ans.org/pi/ps/docs/ps54-bi.pdf> ; Nuclear Power ProCon, « The Price-Anderson Act ». En ligne : <http://www.nuclearpowerprocon.org/pop/Price-Anderson.htm>. Pour une perspective historique sur le développement de la science atomique et ses liens avec le monde militaire, voir : S. R. WEART, *La grande aventure des atomistes français : les savants au pouvoir*, trad. de l'anglais (États-Unis), Paris, Fayard, 1980 [1979] ; B. LATOUR, *L'espoir de Pandore*, *op. cit.*, chap. 3 : « Joliot et la vascularisation des faits », p. 83-116. Sur les rapports entre les deux filières dans le cadre de leur exploitation contemporaine, voir : B. SPINRAD, « Nuclear power and nuclear weapons: the connection is tenuous », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 39, no 2, 1983, p. 42-47 ; World Information Service on Energy (WISE), « The link between nuclear energy and nuclear weapons », *Nuclear Monitor*, no 509-510, 1999. En ligne : <https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/509-510/link-between-nuclear-energy-and-nuclear-weapons> ; W. B. WALKER, « Changing relations between civil and military nuclear technology », *Le Journal de Physique IV*, vol. 9, no PR7 : « Proceedings of the Workshop Innovative Options in the Field of Nuclear Fission Energy », 1999, p. 159-166.

63 Sur la première Conférence Pugwash et les motivations ayant présidé à son organisation, sur ses organisateurs et signataires ainsi que ses détracteurs, voir : S. NICKERING, « Taking a Stand: Exploring the Role of the Scientists prior to the First Pugwash Conference on Science and World Affairs, 1957 », *Scientia Canadensis*, vol. 36, no 2, 2013, p. 63-87.

64 Publication en France : A. SAKHAROV, *Réflexions sur le progrès, la coexistence et la liberté intellectuelle*, Paris, Rencontres internationales, 1968.

65 Cf. C. RHÉAUME, *Sakharov. Science, morale et politique*, Québec, Presses de l'Université Laval, 2004.

66 Voici, à titre d'illustration, une liste non exhaustive d'organisations mondiales opposées à l'exploitation de l'énergie atomique actives aujourd'hui : European Nuclear Disarmament, Friends of the Earth International, Global Zero, Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism, Greenpeace International, International Campaign to Abolish Nuclear Weapons, International Network of Engineers and Scientists for Global Responsibility, International Physicians for the Prevention of Nuclear War, Nuclear Information and Resource Service, OPANAL, Parliamentarians for Nuclear Non-Proliferation and Disarmament, Pax Christi International, Ploughshares Fund, Pugwash Conferences on Science and World Affairs, Socialist International, United Nations Office for Disarmament Affairs, World Disarmament Campaign, World Information Service on Energy, World Union for Protection of Life… ce à quoi il faut encore ajouter les innombrables initiatives et groupes d'intérêts locaux, régionaux, nationaux. — Et voici maintenant une liste non exhaustive de groupes d'intérêts pro-nucléaire d'envergure en activité : American Nuclear Society (États-Unis), Atomic Energy Commission of India (Inde), Atomic Energy of Canada Limited (Canada), British Energy (G.-B.), Egyptian Atomic Energy Authority, Électricité de France (France), Environmentalists for Nuclear Energy, Environmentalists for Nuclear Energy Australia, European Nuclear Education Network (Europe), EURATOM (Europe), Decarbonise SA (Australie), Federal Atomic Energy Agency (Russie), Institute of Nuclear Power Operations, International Atomic Energy Agency (IAEA), National Atomic Energy Commission - CNEA (Argentine), Nuclear Energy Corporation of South Africa (Afrique du Sud), Nuclear Energy Institute (États-Unis), Nuclear Industry Association (G.-B.), Pakistan Atomic Energy Commission and Pakistan Nuclear Society (Pakistan), Russian Federal Atomic Energy Agency (Russie), United Kingdom Atomic Energy Authority (G.-B.), World

Nuclear Association (International)… liste à laquelle il faut bien sûr ajouter toutes les sociétés industrielles du secteur d'exploitation du nucléaire.

67 Il importe de préciser qu'une bonne part de l'information produite par les groupes industriels ou certaines agences gouvernementales concernant la filière nucléaire civile, son cycle d'exploitation commercial, ses ramifications économiques et ses dangers inhérents demeure souvent difficile d'accès ou manque de rigueur critique, ce dont se plaignent régulièrement les groupes d'opposition au nucléaire. Cf. S. TOPÇU, *La France nucléaire. L'art de gouverner une technologie contestée*, Paris, Seuil, 2013 ; G. HECHT, *Uranium africain. Une histoire globale*, trad. de l'anglais (États-Unis) par C. Nordmann, Paris, Seuil, 2016 [2014] ; D. DURANT, « Resistance to Nuclear Waste Disposal: Credentialed Experts, Public Opposition and their Shared Lines of Critique », *Scientia Canadensis*, vol. 30, no 1, 2007, p. 1-30. D'autre part, la prégnance des récits nationaux mène parfois à une identification des populations au développement scientifique et industriel de la filière nucléaire, identification pouvant se transposer par une déconsidération relative des dangers associés à l'exploitation de l'énergie atomique au profit d'une fierté patriotique ou de la défense d'un certain « exceptionnalisme » national. Cf : G. HECHT, *Le rayonnement de la France. Énergie nucléaire et identité nationale après la Seconde Guerre mondiale*, nouv. édition revue et corrigée, trad. de l'anglais (États-Unis) par G. Callon, Paris, Éd. Amsterdam, 2014 [1998].

68 Reproduit d'après B. LATOUR, *L'espoir de Pandore*, *op. cit.*, p. 103.

69 Y. LOTMAN, *Universe of the Mind*, *op. cit.*, p. 20-35.

70 Définition reprise à Jean Fisette, d'après les théories de C. S. Peirce.

71 Reproduit d'après Y. LOTMAN, *Universe of the Mind*, *op. cit.*, p. 22.

72 Jeu de signifiants dénués de toute qualité référentielle. Cf. V. DESCOMBES, *Grammaire d'objets en tous genres*, Paris, Minuit, 1983, spéc. chap. 5 : « À l'enseigne du signifiant émancipé », p. 179-250.

73 B. LATOUR, *L'espoir de Pandore*, *op. cit.*, p. 74.

74 Reproduit d'après B. LATOUR, *L'espoir de Pandore*, *op. cit.*, p. 74.

75 I. STENGERS, *L'invention des sciences modernes*, Paris, Flammarion, coll. « Champs sciences », 1995 [1993], p. 120.

76 M. WEBER, *Le savant et le politique*, *op. cit.,* p. 28.

77 Y. LOTMAN, *Universe of the Mind*, *op. cit.*, p. 35.

78 Sur le caractère cumulatif de la culture et du développement humains, voir : C. TENNIE *et al.*, « Ratcheting up the Ratchet: On the Evolution of Cumulative Culture », *Philosophical Transactions of the Royal Society*, série B, vol. 364, 2009, p. 2404-2415 ; L. G. DEAN *el al.*, « Identification of the Social and Cognitive Processes Underlying Human Cumulative Culture », *Science*, vol. 305, 2012, p. 1114-1118.

79 C'est à peu près ce que propose d'imaginer le récit de fiction de R. HOBAN, *Enig marcheur*, trad. de l'anglais par N. Richard, préface de W. Self, Toulouse, Monsieur Toussaint Louverture, 2012.

80 M. WEBER, *Le savant et le politique*, *op. cit.*, p. 28-29.

81 *Ibid.*, p. 90.

82 B. MALINOWSKI, *Magic, Science and Religion*, New York, 1955, p. 101-108, cité et trad. de l'anglais dans M. ELIADE, *Aspects du mythe*, Paris, Gallimard, coll. « Folio essais », 1963, p. 34.

83 E. J. M. WITZEL, *The Origins of the World's Mythologies*, Oxford/New York, Oxford University Press, 2010, p. 25, je traduis.

84 M. ELIADE, *Aspects du mythe*, *op. cit.*, p. 17.

85 M. WEBER, *Le savant et le politique*, *op. cit.*, p. 112-113.

86 Cf. J.-G. GANASCIA, *Le mythe de la Singularité. Faut-il craindre l'intelligence artificielle?*, Paris,

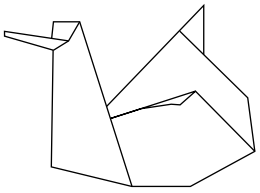
Seuil, 2017.

87 M. WEBER, *Le savant et le politique*, *op. cit.*, p. 206-207.

88 Cf. J.-C. AMIARD, *Le risque radioactif. Devenir des radionucléides dans l'environnement et impacts sur la santé*, Paris, Lavoisier, 2013.

89 Des études anthropologiques de cette nature existent bien pourtant. En lien avec notre sujet, voir notamment : B. P. BLOOMFIELD & T. VURDUBAKIS, « The Secret of Yucca Mountain: Reflections on an Object in Extremis », *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 23, no 5, 2005, p. 735-756 ; V. F. IALENTI, « Adjudicating Deep Time: Revisiting the United States' High-Level Nuclear Waste Repository Project at Yucca Mountain », *Science and Technology Studies*, vol. 27, no 2, 2014, p. 27-48 ; R. D. G. IRVINE, « Deep time: an anthropological problem », *Social Anthropology/Anthropologie sociale*, vol. 22, no 2, 2014, p. 157-172 ; M. KEARNES & L. RICKARDS, « Earthly graves for environmental futures: Techno-burial practices », *Futures*, 2016, non paginé.

90 Ce concept désigne une nouvelle ère géologique, la nôtre, marquée par l'inscription irréversible de l'activité humaine dans la géologie de notre planète. Il a été mis de l'avant pour la première fois dans : P. J. CRUTZEN & E. F. STOERMER, « The "Anthropocene" », *Global Change Newsletter, IGBP*, no 41, 2000, p. 17-18. Disponible en ligne : <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>.

91 C. LÉVI-STRAUSS, *Tristes tropiques*, Paris, Plon, coll. « Terre humaine/Poche », 2001 [1955], p. 169.

92 *Idem.*