

CIGEO : VERS LE STOCKAGE GEOLOGIQUE DES DECHETS DE HAUTE ACTIVITE

Francis Sorin¹

Conseiller à la Société Française d'Énergie Nucléaire

Membre honoraire du Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité
Nucléaire

Alors que plus de 90% des déchets nucléaires produits en France sont stockés en surface selon des filières établies de longue date, la loi prévoit pour les résidus de haute activité et de moyenne activité à vie longue un stockage en couche géologique à environ 500 m de profondeur. Le projet Cigéo, mené par l'Andra définit les bases de ce stockage géologique. Si toutes les autorisations nécessaires sont obtenues, l'équipement pourrait entrer en service en 2025. Au-delà des polémiques auquel donne lieu ce projet controversé on évoque ici quelques-unes de ses caractéristiques majeures concernant sa sûreté, sa réversibilité et son impact économique.

Un consensus Trans-partisan où Droite et Gauche mêlent leurs suffrages sous le regard approbateur du gouvernement pour un vote acquis à la quasi-unanimité : voilà un accomplissement parlementaire assez rare, par les temps qui courent, pour être souligné !

Le consensus des sénateurs

Ce vote, validé au Sénat le 17 mai par 333 voix « pour » sur 343 votants, concerne le stockage des déchets nucléaires les plus virulents, dits de « haute activité et moyenne activité à vie longue ». Il approuve la proposition de loi du sénateur de la Meuse Gérard Longuet (LR) ouvrant la voie à la poursuite du projet Cigéo, « centre industriel de stockage géologique » destiné au stockage en profondeur (-500 m) de ces résidus. Le texte a trait à la réversibilité de Cigéo, à son calendrier et aux modalités de sa réalisation par l'Andra (dans une zone définie en Meuse-Haute Marne).

L'Assemblée nationale doit se prononcer à son tour sur cette question. Le député de Meurthe et Moselle Jean-Yves Le Déaut (PS) avait élaboré sur le même sujet, et déposé sur le Bureau de l'Assemblée en 2015 une proposition de loi dont le texte voté au Sénat s'inspire largement.

¹ Francis Sorin, « *Déchets nucléaires, où est le problème ?* », 2015, EDP Sciences.

Un accord entre les deux Chambres est donc assez probable, confirmant Cigéo comme un projet « sur les rails », cheminant vers l'étape capitale de la demande d'autorisation de création prévue en 2018 ...et une mise en service de l'équipement en 2025 si toutes les autorisations sont obtenues.

La France deviendrait ainsi un des trois premiers pays au monde – aux côtés de la Finlande et de la Suède – à ouvrir un centre souterrain de stockage final pour ses résidus nucléaires potentiellement les plus dangereux. Sur une superficie en sous-sol d'environ 15 km², Cigéo est appelé à accueillir tous les déchets de cette catégorie produits par les installations nucléaires françaises pendant toute la durée de leur fonctionnement, soit au total plus de 80 000 m³ répartis en 235 000 colis primaires.

Gestion des déchets : équipements et projets

Le projet Cigéo ne concerne qu'un faible volume – environ 3,5% - de la totalité des déchets nucléaires produits en France. Ceux-ci font l'objet, pour plus de 90% d'entre eux : les déchets dits de « très faible », « faible » et « moyenne activité à vie courte », d'une évacuation dans des filières de stockage établies de longue date. Compte tenu de leur durée de vie limitée (31 ans au maximum pour la classification française), ces déchets deviennent rapidement inoffensifs tendant vers des niveaux négligeables se rapprochant, après 200 à 250 ans, de ceux de la radioactivité naturelle. Ils sont stockés depuis les années 1970 dans des installations de surface gérées par l'Andra dans la Manche et dans l'Aube, sans qu'il en résulte d'impact dommageable pour les populations riveraines ou pour l'environnement.

Les déchets dits de « faible activité à vie longue » complètent l'inventaire, représentant près de 7% du volume total. On prévoit pour leur stockage un Centre dédié creusé à quelques dizaines de mètres de profondeur. Les procédures destinées au choix du site devraient reprendre prochainement pour une mise en service prévue dans la décennie 2020. Les pouvoirs publics devraient en décider incessamment.

Stockage géologique : la virulente controverse

Les déchets qu'accueillera Cigéo sont d'une tout autre dangerosité potentielle et d'une tout autre longévité. Les plus virulents, ceux de haute activité, sont constitués des « cendres » de

combustion de l'uranium brûlé dans les centrales nucléaires et que l'on récupère après trois à quatre ans d'utilisation dans le cœur des réacteurs. Ils ne représentent qu'une fraction infime, 0,2%, du volume total des déchets nucléaires, mais 96% de leur radioactivité. Du fait de leur rayonnement intense et de leur longue durée de vie, ce sont eux qui constituent la contrainte majeure à laquelle le secteur nucléaire doit faire face dans la gestion de ses résidus.... Et ce sont eux qui suscitent les questions les plus controversées.

En fait, lors des débats publics officiels organisés en France sur le stockage géologique (en profondeur) et le projet Cigéo, deux argumentations s'opposent frontalement. D'un côté, les adversaires du projet le dénoncent comme « *une bombe à retardement* », « *un empoisonnement de la Terre* », voire « *un crime contre les générations futures* » ! Les partisans du projet estiment à l'inverse que ces déchets peuvent être stockés dans Cigéo avec la garantie qu'ils ne provoqueront, dans un avenir rapproché ou lointain, aucune nuisance inacceptable à la population ou à l'environnement. Cette antinomie des convictions et des argumentations, qui ne laisse guère poindre – ou si peu – le moindre espace de compromis, est la caractéristique la plus marquante depuis plus de vingt ans de cette « querelle des déchets ». C'est pourquoi le vote quasi unanime du Sénat en forme de feu vert à la poursuite du projet Cigéo peut paraître étonnant au premier abord. Il n'est pas courant en effet qu'un sujet à ce point clivant sur la scène publique fasse l'objet d'un consensus parlementaire aussi large. La position des sénateurs résulte à notre avis de trois caractéristiques essentielles conférant au stockage géologique une indéniable crédibilité. Avant de les présenter, rappelons ici brièvement le principe de ce mode de gestion des résidus radioactifs tel qu'il est mis en œuvre à Cigéo

Stockage version française

Le principe du stockage géologique est d'isoler les déchets de la biosphère sur de très longues durées, le temps que leur radioactivité ait diminué à des niveaux non dommageables. Cigéo apparaît ainsi comme un système formé de plusieurs barrières superposées dont chacune a une capacité de protection et de rétention des radioéléments sur le très long terme : pour s'en tenir au projet français, les déchets de haute activité sont ainsi incorporés et bloqués dans une matrice de verre qui piège les radioéléments (vitrification), enfermés dans des conteneurs en acier spécial, eux-mêmes placés dans des sur-conteneurs, lesquels sont disposés isolément dans des ouvrages de protection scellés (alvéoles) creusés dans la roche et revêtus d'un

chemisage métallique. Ces remparts successifs sont conçus pour avoir en eux-mêmes et par leurs actions conjuguées la capacité d'emprisonner les déchets sur de très longues durées. Aménagé à environ 500 mètres de profondeur le stockage bénéficie d'une barrière naturelle supplémentaire : une couche rocheuse d'argile de forte épaisseur imperméable et stable depuis quelque 150 millions d'années.

Cigéo : la capacité d'un confinement durable

Une des caractéristiques essentielles présentée par le stockage géologique est qu'il apparait garanti sur le très long terme un confinement robuste des résidus stockés. C'est là, de toute évidence, l'argument majeur ayant emporté la conviction des sénateurs de poursuivre dans la voie ouverte par Cigéo.

Notons qu'il est exclu que les déchets ainsi stockés en profondeur puissent irradier les individus se trouvant en surface : c'est physiquement impossible car les rayonnements sont stoppés par les barrières des conteneurs ou par quelques mètres de roche. Le seul risque à circonscrire lorsqu'on se place dans une perspective de long terme est que les radioéléments (atomes radioactifs formant la substance des déchets) puissent migrer vers la biosphère et contaminer dans des proportions dommageables les eaux de surface. Ce risque apparait pratiquement nul. Certes, les eaux souterraines – même si elles circulent en très faibles quantités dans la zone d'implantation du stockage - finiront par corroder les barrières de confinement structurant l'installation. Cette perspective est évidemment intégrée dans la conception de Cigéo. Mais les conséquences de cette évolution attendue se trouvent pratiquement annihilées par la combinaison des protections superposées que constituent la matrice de verre, les conteneurs et la couche géologique.

Impact limité

Il faut souligner notamment que dans cette couche d'argile les capacités de déplacement des radioéléments sont très réduites, voire nulles, de l'ordre de quelques centimètres tous les dix-mille ans. La conséquence en est que la plupart des déchets qui auraient été relâchés par les matrices de verre (après dégradation des conteneurs de protection) ne pourront jamais atteindre la surface, car ils auront disparu par décroissance radioactive bien avant le terme du parcours. Ceux qui pourraient y parvenir, les plus mobiles à la très longue durée de vie, le feront à des échéances évaluées en centaines de milliers d'années. Cet étalement dans le

temps rendra leur concentration très faible et leur impact potentiel quasiment nul et dans tous les cas inférieurs à la radioactivité naturelle. C'est ce qu'exprime clairement la Commission Nationale d'Evaluation (CNE – l'organisme composé de 12 experts indépendants chargé de se prononcer chaque année sur l'évolution et la sûreté du projet-) en notant dans son « avis » de mars 2013 que la durée de confinement que Cigéo est capable de garantir « *suffit à abaisser la nocivité des déchets à un niveau tel qu'elle ne pose plus de problème pour les populations vivant au-dessus du stockage* ».

En fait, c'est pendant la période d'exploitation – on peut dire du « remplissage » – du stockage, prévue pour durer de 100 à 150 ans, que pourront se manifester les risques les plus tangibles entraînés par Cigéo. Ceux-ci apparaissent liés plus particulièrement aux déchets de moyenne activité et renvoient par leurs mécanismes initiateurs à des accidents industriels traditionnels - incendies, explosions, pannes, accidents de manutention ou de transport etc.- dont certains sont susceptibles d'avoir des conséquences en termes de contamination radioactive. Il est probable que durant la période où le stockage restera ouvert des incidents se produiront, c'est le lot de tous les équipements industriels complexes, fussent-ils les mieux conçus et les mieux surveillés. Cela étant admis, les ingénieurs jugent que le système mis en place limitera fortement les conséquences d'un tel incident ou accident, maintenant les dommages possibles à des niveaux relativement bas pour les individus les plus exposés.

Au total, en prenant en compte les éventuels dysfonctionnements du système et les défaillances externes d'origine naturelle ou humaine (failles, séismes, glaciation, intrusions...), ainsi que les risques d'accidents (incendie, explosion d'hydrogène dans un élément de stockage...) l'impact en surface devrait, selon l'ANDRA rester très limité, nettement inférieur à la limite de 0,25 millisievert imposée par les autorités et inférieur à la radioactivité naturelle.

A l'abri des événements naturels et sociétaux

Confortant ces études de sûreté s'ajoute le fait qu'un tel stockage, une fois fermé, ne peut pas engendrer de phénomène violent entraînant une contamination radioactive brutale et massive de l'environnement de surface, comme cela s'est produit par exemple à Fukushima ou à Tchernobyl. Un stockage de déchets n'est pas un réacteur nucléaire. On peut avoir la certitude

pratiquement totale que les personnes vivant à proximité ne se retrouveront pas surprises et meurtries par une agression violente portant atteinte à leur intégrité.

Il faut noter également que cette implantation à 500 mètres de profondeur met Cigéo à l'abri des phénomènes climatiques et météorologiques extrêmes, des inondations, des séismes, ainsi que des érosions et des glaciations. Le stockage profond est également protégé des chutes d'avion et rend infiniment problématique toute forme d'intrusion humaine, fortuite ou malveillante. On touche là en fait à un des avantages déterminants du stockage géologique qui est de mettre les déchets pratiquement à l'abri des activités humaines et des événements naturels. C'est une des raisons majeures qui explique la préférence accordée à cette méthode de gestion (en France et à l'étranger) plutôt qu'à l'entreposage de longue durée en surface (solution préconisée par certains opposants à Cigéo) dans lequel les déchets restent exposés en permanence aux bouleversements environnementaux, aux incertitudes sociétales et aussi, ce n'est pas à écarter, à la malveillance des fanatiques.

Quand les experts s'accordent...

Une autre considération est apparue sans nul doute déterminante aux yeux des sénateurs pour ouvrir la voie à Cigéo : elle tient au fait que tous les pays « nucléaires » travaillant à la gestion des déchets à vie longue ont fait, comme la France, le choix du stockage géologique pour boucler l'aval de la filière. Outre la Suède, la Finlande et la France, la Suisse, les Etats-Unis, la Belgique, la Chine, le Canada...ont décidé de s'engager dans cette voie. Cette orientation est recommandée par les grandes organisations internationales telles l'OCDE ou l'Union Européenne qui dans sa directive du 19 juillet 2011 désigne le stockage géologique comme « *la solution la plus sûre et la plus durable en tant qu'étape finale pour la gestion des déchets de haute activité* ». Il est particulièrement significatif de constater que sur ce sujet aussi complexe et sensible pratiquement tous les spécialistes ont la même opinion. Par-delà des approches techniques différentes concernant par exemple les colis de déchets ou la roche d'accueil, on retrouve dans toutes les études de sûreté menées sur ces projets les mêmes démarches aboutissant aux mêmes conclusions : bien conçu et bien réalisé ce type de stockage est une solution fiable qui n'imposera à nos descendants aucune nuisance inacceptable ; les défaillances les plus graves n'ont que de faibles répercussions sur l'impact radioactif du stockage en surface qui devrait rester dans tous les cas très limité. Pour résumer, le stockage

géologique est ainsi retenu comme la solution la mieux adaptée pour la gestion des déchets de haute activité, de préférence à l'entreposage pérenne en surface.

On peut certes rappeler que le consensus autour d'un projet n'en garantit pas forcément la pertinence mais au moins ces convergences entre experts par-delà les frontières confèrent à la solution du stockage géologique une indéniable crédibilité...à laquelle ont été sensibles les sénateurs.

Ne rien laisser à la charge de nos descendants

Une autre des caractéristiques essentielles du stockage géologique est qu'il ménage un passage de relais intelligent et solidaire avec les générations futures. Il offre en effet sur le long terme une sûreté totalement passive ne réclamant pas d'action particulière à la charge de nos descendants. Cela signifie que notre génération qui a bénéficié des avantages de l'énergie nucléaire n'abandonne pas aux générations à venir la charge d'en gérer les inconvénients : elle entend s'acquitter elle-même de cette responsabilité en assurant elle-même la gestion et l'évacuation définitive des déchets qu'elle a produits et la plus large part des dépenses nécessaires à ces opérations. Tel est bien le raisonnement éthique qui motive le choix du stockage géologique...et qui du même coup écarte l'option de l'entreposage de longue durée en surface – lequel impose en effet un engagement permanent de nos descendants pour la surveillance, la maintenance, la rénovation des installations abritant les déchets reçus en « héritage ». Comme l'a écrit l'IRSN dans le cadre du débat public officiel sur le projet Cigéo, « *il n'est pas approprié d'imposer sciemment aux générations futures une telle charge de contrôle et de gestion des risques dès lors qu'une solution pérenne peut être mise en œuvre à une échéance rapprochée...Seul le stockage géologique peut constituer une solution appropriée et pérenne à la gestion de ces déchets...* » Rapporteur de la proposition de loi sur Ci géo, le sénateur Gérard Longuet avait renchéri dans cette voie lors de ce même débat, en soulignant qu'« *il n'est pas moralement acceptable de reporter les charges de nos activités actuelles* » sous peine de faire peser « *une charge injuste sur la France de demain ...* »

Ceci admis, il ne faut pas écarter l'hypothèse que dans une période plus ou moins rapprochée, les ingénieurs de l'époque aient l'idée de réaménager certains dispositifs du stockage. Tous les acteurs du dossier conviennent qu'il faut leur laisser ouverte cette possibilité. Autrement dit Cigéo doit être conçu de telle sorte que les générations suivantes aient la possibilité de modifier ou d'optimiser, à mesure des progrès techniques, tel ou tel dispositif de l'installation

et notamment de récupérer des colis déjà stockés. C'est ce que l'on appelle la « réversibilité » du stockage. Cette réversibilité est stipulée par une loi du 28 juin 2006 et confirmée par la proposition de loi qui vient d'être votée au Sénat. Elle devrait être maintenue pendant la durée d'ouverture du stockage, au moins une centaine d'années, voire plus si les futurs décideurs le jugeaient opportun. Aux yeux du public qui la plébiscite très majoritairement lors des débats, la réversibilité signifie un futur qui reste ouvert et porteur d'améliorations.

Cette période de réversibilité avant fermeture définitive sera ponctuée de rendez-vous réguliers avec l'ensemble des acteurs concernés : évaluateurs, Etat, collectivités locales, riverains... pour des bilans d'exploitation et des discussions sur les perspectives d'avenir. Interviendront également, cela va de soi, des inspections périodiques de l'Autorité de Sûreté Nucléaire. Viendra ensuite pour Cigéo, après sa fermeture, le temps de la sûreté passive ne nécessitant aucune initiative de la part des générations à venir. Une surveillance de la zone d'implantation pourra être maintenue aussi longtemps que la société en décidera. Des actions seront conduites par ailleurs pour conserver et transmettre la mémoire du stockage à travers les siècles, tout en sachant que Cigéo étant un équipement passif le fait d'être « oublié » ne compromet en rien sa sûreté.

Au final, le relais transmis à nos successeurs préserve dans un premier temps, grâce à la réversibilité, leur liberté d'intervention et a vocation par la suite - qu'ils réaménagent ou non l'installation - à les décharger de toute corvée de gestion des déchets sur le long terme. On peut voir là, sur les plans technique et sociétal, les bases d'un accommodement équitable.

L'impact économique

On peut évidemment s'interroger sur le coût d'un tel projet, volontiers qualifié de « pharaonique » par ses opposants. En l'état actuel des études – qui laisse indéterminés plusieurs paramètres importants du stockage : surface, nombre et longueur des alvéoles de stockage, réaménagements éventuels de certains dispositifs suite à des tests ultérieurs...– le coût global de Cigéo ne peut être fixé avec précision. L'évaluation gouvernementale est actuellement de 25 milliards d'Euros. Elle porte sur un siècle et comprend l'investissement initial ainsi que les dépenses de personnel, les charges d'exploitation et d'entretien, les dépenses de Ret D, les assurances, impôts et taxes. Cela représenterait en coût annuel de l'ordre de 250 millions d'euros. Ce montant est certes non négligeable mais il doit être mis en

regard des chiffres d'affaires de ceux qui auront à le régler, à savoir les principaux producteurs de déchets nucléaires en France que sont EDF (de très loin) Areva et le CEA ...dont les chiffres d'affaires cumulés représentent plus de 80 milliards d'Euros par an. Les ordres de grandeur fournis pour Cigéo sont en cohérence avec les évaluations des professionnels de la filière estimant que pour un réacteur nucléaire moderne, le coût de la gestion et du stockage des déchets représente de 1% à 2% du coût total de la production d'électricité.

En anticipation de ces dépenses, les producteurs sont tenus par la loi de provisionner les sommes correspondantes, ces mécanismes devant être régulièrement contrôlés et révisés. A noter que ces provisions sont répercutées dans le prix de vente actuel du kilowattheure, ce qui a pour conséquence de faire peser pour l'essentiel sur le consommateur d'aujourd'hui le financement du stockage futur des déchets produits par sa propre génération... »

Pour mieux appréhender l'impact économique de Cigéo il faut mettre au regard de ces coûts les retombées positives de l'équipement pour le développement régional. Quelque 2000 emplois directs seront créés pour sa réalisation et entre 600 à 1000 durant son exploitation. Il faut y ajouter les emplois indirects qui en résulteront au niveau des fournisseurs et prestataires, des commerces, des services etc...ainsi que tous les programmes d'accompagnement prévus dans le cadre d'un « *schéma de développement du territoire* ». Dans ce territoire de Meuse/Haute Marne marqué par un nombre d'emplois en régression et un ralentissement des activités industrielles et agricoles, Cigéo pourrait insuffler un nouvel élan à l'économie régionale.

Les promoteurs de Cigéo mènent leur barque patiemment. Ils disposent encore de plusieurs dizaines d'années, sous le contrôle des autorités de sûreté, pour peaufiner leur réalisation, en modifier éventuellement tel ou tel élément ou même en revoir l'organisation générale... des aménagements qui pourront se prolonger jusqu'à la période où Cigéo entrera dans sa phase de fermeture, au siècle prochain. Beaucoup de chapitres restent à écrire dans l'histoire de ce projet industriel hors normes...