

## Thierry de LAROCHELAMBERT

Professeur Associé  
à l'Institut FEMTO-ST CNRS-UMR6174,  
Département Énergie  
Chaire Supérieure de Physique-Chimie  
Docteur en Énergétique

### contact //

Adresse 2 avenue Jean Moulin  
90000 BELFORT (FRANCE)

Tél. (+33)3 84 57 82 12

Fax (+33)3 84 57 00 32

#### Email

thierry.de-larochelambert@femto-st.fr

Site web <http://www.femto-st.fr>

## // Nature du projet

Tel que défini par les directives de la loi de 2006, le projet Cigéo est censé résoudre la question des déchets nucléaires français de haute et moyenne activité mais il laisse la porte ouverte à des interprétations diverses au gré de son avancement et à des évolutions structurelles non initialement prévues et intégrées au projet :

- *pendant la phase réversible d'une durée arbitraire de cent ans, plusieurs types d'activités peu compatibles co-existeraient, dont la superposition géographique et temporelle me semble source de risques d'accidents et de contaminations : l'entreposage temporaire en surface des déchets nucléaires HA-VL et MA-VL ; leur chargement par les rampes et galeries souterraines et leur stockage en alvéoles souterraines maintenues accessibles pour d'éventuels déstockages d'urgence en cas de problème, d'accident ou de changement d'objectifs ; le creusement, la construction et l'achèvement de nouvelles galeries et d'alvéoles de stockage en profondeur ;*
- *l'entreposage-stockage géologique des barres de combustibles irradiés (UOX et MOX), évoqué mais non inclus dans le projet Cigéo, nécessiterait de changer complètement de projet en termes d'équipements, de superficie et probablement de lieu (socle granitique préférable). Ne faut-il pas l'exclure de Cigéo ? Ces combustibles irradiés et non retraités peuvent devenir très vite la seule source de déchets des réacteurs nucléaires civils si le peuple français décide l'arrêt du retraitement des combustibles irradiés, conformément à la politique de transition énergétique soutenable que je défends [de Larochelambert, 2013] ;*
- *ce projet me semble prématuré car décidé et dimensionné sur la base hypothétique d'une poursuite du nucléaire et du prolongement à 50 ans des réacteurs, avant même que le débat sur la « transition énergétique française » ait rendu ses conclusions ; il risque donc de se trouver en contradiction avec les décisions que les Français prendront quant à la structure énergétique de la France dans les décennies à venir : arrêt du nucléaire dans 22 ans (scénario type Négawatt), arrêt des réacteurs après 30 ou 40 ans, arrêt du retraitement des combustibles irradiés, pas de nouveaux EPR ; ou au contraire prolongement à 60 ans du fonctionnement des réacteurs, poursuite du retraitement, construction*

des EPR et de surgénérateurs au *plutonium*, etc. **La montée en puissance des énergies renouvelables et des politiques de sobriété-efficacité ne remet-elle pas d'ores et déjà en cause toutes les hypothèses sur lesquelles le projet Cigéo a été basé et présenté comme inéluctable ?**

- l'ambiguïté du projet Cigéo quant à un possible stockage futur mais non dimensionné de déchets FA-VL (graphite, résines) pose un problème de crédibilité : *on ne sait pas à l'heure actuelle gérer et traiter de manière satisfaisante sur le plan radiologique les volumes considérables de graphite irradié des anciens réacteurs UNGG* [Tian et al., 2010 ; Dautray et al., 2012].

Or ce graphite est hautement contaminé par des éléments aussi nocifs que le *chlore* 36, le *tritium* <sup>3</sup>H, le *carbone* 14, le *nickel* 63, le *cobalt* 60, le *technetium* 99, l'*iode* 129, le *plutonium* 239 et 240, l'*américium* 241, etc. et les procédés envisagés (chauffage à haute température, filtration ou lessivage à l'eau, etc.) sont loin d'être au point [von Lensa et al., 2012]. Le graphite ne devrait-il pas être exclu ?

- pourquoi ce projet a-t-il été dimensionné à une échelle industrielle sans qu'aucune expérimentation en conditions réelles n'ait au préalable été réalisée sur plusieurs décennies comme pour n'importe quel projet industriel pour étudier sa faisabilité, sa réalisabilité et la tenue à long terme des colis nucléaires enfouis en galerie profonde, contrairement au projet de stockage géologique suédois (tests de corrosion et de retrait en cours sur 20 ans en vraie grandeur ; essais opérationnels avec 200 à 400 fûts, suivis par une évaluation sur plusieurs années) [Rosborg et al., 2008] ?
- les conditions de réversibilité et récupérabilité des déchets demandées par la loi ne me semblent pas conçues pour être réellement mises en œuvre pendant la phase « de réversibilité » dans ce projet pensé pour enfouir et « oublier » les déchets : la disposition confinée des colis dans les alvéoles, la complexité des transferts dans les galeries et puits en profondeur me paraissent peu compatibles avec la surveillance et le contrôle fins de leur comportement dans le temps, mais aussi avec leur évacuation et remontée sélectives ou massives en cas d'urgence, de graves fuites ou de changement d'options, en comparaison du projet KBS suédois de stockage de combustibles

irradiés (suivi instrumenté en temps réel, atmosphère argon de 2019 à 2070) [SKB, 2011] ;

- le projet, apparemment structuré et défini, reste pourtant très flou en terme d'évolution, d'emprise au sol, de permis de construire, etc. N'est-ce pas un *blanc-seing* ?
- le choix de l'*argilite* n'est pas le choix géologiquement le plus cohérent : déformation, plasticité, faillage, infiltrations, gestion des eaux souterraines menacent l'intégrité et l'étanchéité des structures béton et des fûts entreposés ; c'est un choix par défaut après les oppositions rencontrées sur les sites granitiques. Les vieux gisements *granitiques* des socles hercyniens me semblent à cet égard beaucoup plus fiables à très long terme. Ne faut-il pas reprendre cette option ?
- les *incertitudes sismiques locales* sont importantes (failles actives, séisme 5,9 du 22 février 2003 à St-Dié). Les conséquences d'un déplacement massif de couches d'argilite seraient la rupture des barrières géologiques. Ont-elles été négligées ou volontairement ignorées ?
- la tenue à long terme à la corrosion des colis d'acier au carbone dans l'argile reste une forte incertitude scientifique, malgré le nombre élevé d'études théoriques et de tests de laboratoire : pH de l'argilite non homogène, présence de *pyrite* acide, circulation d'eau. Les tests de corrosion de l'acier au carbone sont étroitement liés au flux d'eau en surface ; la vitesse de corrosion pouvant dépasser 0,3 mm/an au-delà de 1 L/m<sup>2</sup>/an, les 55 mm des parois des fûts pourraient être percés bien plus rapidement que prévu (taux de corrosion limité à 5 µm/an) en cas de faille circulante ou de déplacement de terrain, de présence d'oxygène dissous et d'acidité, de température élevée (50-80°C), déjà observé en archéologie [Féron et al., 2008]. La production d'*hydrogène* par corrosion de l'acier à des niveaux significatifs sur plusieurs siècles s'ajoute à la possible radiolyse gamma de l'eau du béton et à la radiolyse des composés azotés produisant de l'*acide nitrique* selon le taux d'émission gamma des colis, ce qui ne serait pas sans conséquence pour les containers HA même non ventilés [Bouniol, 2007 ; Bennett et al., 2008].

## // Coût

L'étude des coûts et des projections financières à très long terme du projet Cigéo, publiés par l'Andra ou examinés par la Cour des Comptes, amène à s'interroger sur sa pertinence et son provisionnement :

- le *caractère monumental* du projet laisse augurer une *dérive des coûts*, comme cela se vérifie généralement pour des projets de très grande ampleur : 350 km de galeries horizontales bétonnées souterraines, 4 puits bétonnés de 500 m, 15 millions de m<sup>3</sup> de roches excavées à transporter et stocker, ventilation permanente des galeries MA-VL de 500 à 600 m<sup>3</sup>/s pour évacuer l'*hydrogène* et les gaz radioactifs ; gainage d'acier des alvéoles HA ; gestion de 300.000 colis radioactifs ; arrivée de 100.000 wagons Castor pendant 100 ans (3 wagons par jour), etc. À cet égard, des *leçons doivent être tirées de la très grande dérive du coût officiel de l'EPR de Flammanville* (3,3 G€ en 2005 ; 8,5 G€ en 2012), quand le coût de l'EPR britannique s'élève à 9,5 G€ ;
- *l'évaluation du coût final réel du projet reste très incertaine*, particulièrement dans le contexte de crise économique actuel : de 14,1 G€ en 2003, le projet a été réévalué à 35 G€ par la Cour des Comptes en 2011. Quel sera le nouveau chiffrage en 2013-2014 ?
- les *expériences étrangères* laissent planer un doute sur *l'estimation du coût de Cigéo* : l'installation-pilote WIPP de stockage de 72000 m<sup>3</sup> de déchets nucléaires militaires aux USA (56 chambres de 91 m de long creusées dans le sel à 650 m de profondeur à Carlsbad) a été estimée à 19 G\$ fin 2010 ; le projet finlandais de stockage à long terme de 2800 fûts pour 5500 tUML de barres de combustibles irradiés (42 km de galeries à 400 m de fond dans le granite, excavation de 1,3 millions de m<sup>3</sup>) est estimé à 3 G€, et le projet SKB suédois de stockage en profondeur des combustibles irradiés à 14,1 G€ ;
- les *coûts liés à la réversibilité et à la récupérabilité* des colis de déchets ne sont pas inclus ni évalués dans *l'évaluation officielle du projet Cigéo*, ce qui trahit l'orientation du projet vers le stockage définitif, irréversible et l'oubli ;
- les *coûts d'assurance* ne sont pas inclus dans le projet Cigéo : aucune assurance ne couvre les risques nucléaires dans aucun pays. Le budget national assumera-t-il les coûts des accidents ou catastrophes susceptibles de survenir dans l'installation ?
- à ma connaissance, *les coûts de santé induits par l'augmentation progressive de la contamination radioactive des sols, de l'atmosphère, des eaux, des aliments, du bétail, et de l'irradiation des travailleurs et des populations n'ont pas été estimés ni inclus*. Des évaluations indépendantes des coûts de contamination ne devraient-elles pas être menées ?
- les *manques à gagner* induits par la dégradation de l'image économique, écologique et agricole de la région de Champagne et de Lorraine, transformées en sanctuaire nucléaire, ont été écartés (pensons aux crus de Champagne, au Chaource, au Brie et autres fromages locaux) ;
- les *atteintes aux ressources géothermiques locales n'ont pas été comptabilisées mais niées*. Or elles existent [Ploquin, 2011] et peuvent être valorisées dans la transition énergétique.

### Références :

- Bennett D.G., Gens R., *Overview of European concepts for high-level waste and spent fuel disposal with special reference waste container corrosion*, Journal of Nuclear Materials 379 (2008) 1-8
- Bouniol P., *Radiolysis within the concrete of a supercontainer including two primary waste forms – Simulation at the concrete/steel interface at variable temperatures*, CEA Report RT DPC/SCCME 07-742-A, 2007
- Dautray R., Friedel J., Bréchet Y., *Réflexions sur l'avenir de l'énergie nucléaire, de la France d'aujourd'hui au monde de demain : Ile à IVe générations*, Comptes Rendus Physique 13 (2012) 480-518
- de Laroche Lambert T., *Déchets nucléaires : que faire ?* (avril 2013) <http://delarochelambert.blog.lemonde.fr/2013/04/24/dechets-nucleaires-que-faire/>
- Féron D., Crusset D., Gras J.-M., *Corrosion issues in nuclear disposal*, Journal of Nuclear Materials 379 (2008) 16-23
- Ploquin F., *Argiles, traceurs de paléoconditions diagénétiques et hydrothermales. Recherche des évidences minéralogiques et géochimiques de l'hydrothermalisme dans les formations diagénétiques argileuses, gréseuses et carbonatées du Trias du Bassin parisien*, Thèse de l'Université de Poitiers, 2011
- Rosborg B., Werme L., *The Swedish nuclear waste program and the long-term corrosion behaviour of copper*, Journal of Nuclear Materials 379 (2008) 142-153
- SKB (Svensk Kärnbränslehantering), *Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Main report of the SR-Site project*, Technical Report TR-11-01 Vol I, II, III, March 2011
- Tian L., Wen M., Chen J., *Treatment and Disposal of the Radioactive Graphite Waste*, 18th International Conference on Nuclear Engineering: Volume 1 (2010) 501-509
- Von Lensa W., Vulpius D., Steinmetz H.-J., Girke N., Bosbach D., Thomauke B., Banford A.W., Bradbury D., Grambow B., Grave M.J., Jones A.N., Petit L., Pina G., *Treatment and Disposal of irradiated Graphite and other Carbonaceous Waste*, EURATOM Disposal Programme Dissemination Workshop, Proceedings of the EURADISS 2012 workshop, JRC scientific and policy reports, JRC 81587-A17(2013)

