

Questions d'ordre radioactif posées par le projet TDN AREVA

Yves LENOIR, *Enfants de Tchernobyl Belarus*
auteur de *La Comédie Atomique*, La Découverte 2016

<http://enfants-tchernobyl-belarus.org>

Présentation au Conseil municipal de Narbonne Salle des Synodes, le 06 Avril 2017

Introduction

Le présent texte apporte les compléments d'information nécessaires à la lecture des vingt deux vues significatives du diaporama préparé pour la séance du Conseil Municipal de Narbonne le 6 avril 2017. Les références des documents utilisés sont listées en annexe. L'indexation est calée sur la deuxième vue, la première qui soit significative.

1. L'autorité responsable de l'établissement de l'inventaire des déchets radioactifs et de leur gestion est l'ANDRA. En page 255 et 256 de l'inventaire publié en 2012, la composition des bassins contenant les solutions nitratées est mentionnée de façon assez sibylline :

3. Des bassins d'évaporation des solutions nitratées (B7, B8, B9, B10, B11, B12)

- Solutions nitratées (321 161 m³ - 498 440 t)

0,96 TBq

⁹⁹Tc, ²²⁶Ra, ²³²Th,
²³⁴U, ²³⁸U, ²²⁷Th

Quelques observations s'imposent :

1. la présence de radioactivité n'est mentionnée qu'en deux occurrences dans le rapport du Commissaire enquêteur tel que publiée sur le site de la Préfecture de l'Aude, à savoir qu'il s'agit de traiter "*des effluents nitratés qui comportent encore des traces de radionucléides*" (page 5), qui deviennent en page 20 des "*faibles quantités de substances radioactives*" ;

2. le mot *encore* atteste la prétention de l'administration à contrôler le temps long sachant que les périodes radioactives des éléments cités dépassent pour certains le million, voire le milliard d'années ;

3. sans considérer les chiffres fournis dans l'étude d'impact d'AREVA, celui de la radioactivité concernée par le traitement, selon l'ANDRA, ne relève pas vraiment de la catégorie des *traces* ou des *faibles quantités*. Rappelons que 1 TBq = mille milliards de Bq.

4. à part cela aucun des radioéléments de la colonne 3 n'est évidemment cité. S'agissant de *traces*, point ne sert d'entrer dans les détails !

2. Il n'est cependant pas exclu que le Commissaire enquêteur n'ait pas pris connaissance de l'inventaire de l'ANDRA et se soit limité à l'examen du rapport d'impact d'AREVA. Celui-ci ne mentionne que la présence notable de deux radionucléides, le Radium 226 (²²⁶Ra) et ses descendants, et le Technétium 99 (⁹⁹Tc), dans deux tableaux identiques, le premier dans le § 6.3.1 *Les effluents à traiter* du Volume 1 *Présentation de la demande*, et l'autre dans le § 3.2.3.1 *Effluents lagunés à*

traiter du Volume 3 *Etude de dangers*. Dans ce cas les mots *traces* et *faibles quantités* renvoient à (en multipliant les valeurs moyennes des concentrations de radionucléides avec les volumes de solutions à 1,33 TBq de ^{99}Tc , et à 0,94 TBq de ^{226}Ra ! Notons la discrédance entre les listes de radioéléments présents dans ces solutions, selon que l'on se réfère au rapport de l'ANDRA ou à celui d'AREVA. Sur quelles données brutes l'une et l'autre s'appuient-elles ? De plus, les valeurs affichées dans la ligne *activité totale* sont supérieures aux sommes des items sous-jacents, de 114 Bq/l pour les moyennes et de 186 pour les maxima. L'activité de l'uranium serait insignifiante. Comment, alors, répartir les différences entre les deux isotopes du thorium évoqués dans le rapport de l'ANDRA ? Enfin, le chiffrage au Bq près est très probablement illusoire compte tenu de divers facteurs techniques, notamment la possible hétérogénéité de la colonne de liquide dans chaque bassin.

Radionucléides	Valeurs d'activité des effluents retenues (Bq/L)	
	Moyenne	Maxi
Activité totale	7177	13242
Activité due au ^{99}Tc (représente 58 à 62 % de l'activité totale)	4138	8250
Activité due au ^{226}Ra et ses descendants (représente 35 à 40% de l'activité totale)	2925	4806
Activité due à l'Uranium (représente moins de 0.01% de l'activité totale)	< 0.5	< 1

Tableau 4 : Caractéristiques radiologiques du flux d'alimentation du réacteur DMR

Nonobstant ces détails, il faudrait que l'ANDRA et AREVA s'accordent pour présenter une réalité cohérente du contenu radioactif des solutions nitratées, et que le Commissaire enquêteur inclue ensuite dans son rapport les considérants portant sur son impact.

3. La vue illustre la complexité des chaînes de désintégration des éléments lourds radioactifs présents dans la nature. Elle témoigne aussi de la façon assez expéditive de présenter la situation en ne fournissant aucune donnée sur les radiations émises à chaque étape, ni aucune période radioactive pour les éléments dont l'origine est autre que l'isotope ^{238}U . Concernant ce dernier deux choses à noter :

1. eu égard à sa période de 4,5 milliards d'année, l'activité naturelle du ^{226}Ra (période 1600 ans) dans le minerai est la même ; après extraction de l'uranium le radium reste dans les stériles et à l'état de trace dans le *yellow cake* traité pour aboutir à l'hexafluorure pur. C'est ce résidu de ^{226}Ra qui a abouti dans les solutions nitratées ;

2. la chaîne de désintégration à partir du ^{226}Ra comprend plusieurs descendants de périodes courtes et très courtes, donc ayant la même radioactivité que leur origine, et son premier descendant, le Radon 222 (^{222}Rn) et ce jusqu'au ^{210}Pb de période 22 ans, lequel va donc s'accumuler dans l'environnement pour tendre, durant l'exploitation de THOR, jusqu'à une activité proche de celle du ^{226}Ra resté piégé par le procédé. Comme le ^{222}Rn est un gaz rare sans affinité chimique, il sera intégralement mêlé aux gaz émis par l'installation et contaminera l'environnement avec tous ses descendants. Le ^{222}Rn étant un gaz très dense (plus de 7 fois plus que l'air), il stagnera à proximité du sol ainsi que ses descendants, eux sous forme de nano-particules solides. Tous sont des radionucléides parmi les plus radio-toxiques, certains plus encore que le plutonium.

4. Le diagramme complète et détaille le précédent. Il comporte les radionucléides fugaces absents, et indique pour chacun son ou ses modes et énergies de désintégration. Sachant que l'énergie des liaisons

chimiques se chiffrent en électron-Volt (eV), notamment celle de la molécule d'eau, on comprend le colossal potentiel d'ionisation de l'ensemble des désintégrations subies par les radionucléides composant cette chaîne, plusieurs dizaines de millions d'eV, sous forme de rayonnements alpha, bêta et gamma. A l'intérieur du corps humain, composé à plus de 70% d'eau, H₂O, et de composés contenant des radicaux OH, ces ionisations disloquent les molécules organiques constituant les cellules. Ce mode d'altération a des effets nocifs dont le plus manifeste et général est sa participation au processus de vieillissement.

5. Les rejets d'une installation comme THOR, par leur caractère continu et la forme de la rose des vents dans le Narbonnais, viendront ajouter leurs contributions aux rayonnements d'origine naturelle subis par tous les organismes vivants. Il s'agit des rayons cosmiques (qui augmentent avec l'altitude), du rayonnement interne provenant du Potassium 40 et du Carbone 14 (pour un total de quelques 5000 Bq par adulte) et des émanations de ²²²Rn du sol. Le diagramme présenté illustre la protection toute relative associée à la limite pour le public de 1 mSv/an recommandée par la CIPR (Commission internationale de protection radiologique, affiliée à l'OMS depuis 1955) : un enfant dont l'exposition au rayonnement naturel entre 0 et 14 ans est augmentée artificiellement de 1 mSv/an court un risque presque trois fois plus grand de contracter une leucémie. Cette limite, tout comme celle des 90 km/h à respecter sur les routes, n'empêche donc pas la survenue de dommages stochastiques. Les auteurs de cette étude véritablement historique ont conclu ainsi leur article : « *Nous concluons que le risque relatif significativement élevé trouvé dans cette étude reflète un effet réel de l'exposition au bruit de fond gamma de la radiation naturelle sur le risque de leucémie durant l'enfance. [...] Les résultats de l'étude contredisent l'idée qu'il n'y aurait pas d'effets nuisibles, voire qu'il pourrait y en avoir de bénéfiques, de ces très faibles doses et débits de dose.* »

6. Il s'agit ici de chiffrer globalement l'exposition ajoutée par un Bq de ²²²Rn, selon qu'il s'agit d'un adulte ou d'un très jeune enfant, et que le radionucléide est inhalé ou ingéré. Pour ce faire on soustrait les valeurs correspondant au ²²⁶Ra seul à celles correspondant à l'exposition à toute sa chaîne de désintégration. On obtient ainsi l'irradiation à associer à la chaîne de désintégration commençant au ²²²Rn, le gaz radioactif rejeté par le procédé THOR. On voit que pour un jeune enfant, on ajoute une exposition de 1 mSv pour environ 65 Bq par inhalation et 80 Bq par ingestion. Des radioactivités non mesurables dans le corps humain. En d'autres termes les effets sanitaires ajoutés par des doses de cet ordre de grandeur ne sont scientifiquement pas reliables au cas par cas à leurs causes. Ce qui autorise à affirmer qu'il n'y en aura pas. Par ailleurs quasiment aucun cancer n'étant mono-factoriel, un effet sanitaire statistique évalué quelques dizaines d'années après la mise en service de THOR ne pourrait être scientifiquement imputé aux rejets radioactifs de l'installation. Il y a totale impunité. La prescription courrait avant même la construction de l'usine.

7. à 9. Le Technétium 99 (⁹⁹Tc) est un produit de fission de période longue, 212 000 ans, et émetteur β pur, donc indétectable avec un compteur Geiger ordinaire. Ses propriétés chimiques (il forme en majorité des composés anioniques) ne permettent pas, à l'instar des gaz rares et de l'Iode 129, de le retenir avec les autres produits de fission atomique lors des opérations de retraitement. Sa présence en quantité importante dans les solutions nitratées révèlent le choix de s'en débarrasser en le mêlant à d'autres déchets de procédé, ceux de la conversion de l'uranium. Les problèmes spécifiques que pose ce radionucléide n'ont pas fait l'objet de débat. Les deux groupes d'étude interministériels sur les déchets

radioactifs de 1974 (Groupe Giraud) et de 1982 (Commission Castaing) n'en traitent pas ; dans son rapport de 2006 sur Malvési la CRIIRAD ne l'évoque pas non plus, pour ne pas en avoir été informé sans doute).

Or, tout relâchement important de ^{99}Tc dans l'environnement serait une plongée dans l'incertain comme les trois vues en attestent. En effet, ses composés sont pour la plupart extrêmement mobiles dans les sols et restent en solution dans l'eau, contrairement aux composés cationiques du césium et du strontium par exemple. De plus son facteur de transfert vers les végétaux aquatiques et terrestres est souvent extrêmement élevé, jusqu'à plus de 100 000 ! Parmi ceux-là les variétés d'algues brunes citées (liste non restrictive) sur la première des trois vues, des algues alimentaires et/ou utilisées comme engrais agricole . Ainsi des algues provenant ayant été contaminées à 150 000 Bq/kg (matière humide, soit trois à six fois plus en matière sèche) par une eau à 1 Bq/l pourrait être mêlée à de la terre de maraîchage où l'on produirait des légumes à feuilles, des légumineuses et des légumes à racine qui concentreraient le ^{99}Tc de 40 à 2600 fois (troisième vue de la série). La contamination de ces produits serait indétectable en routine car la mesure des rayonnement β exige un processus long et coûteux...

Indication historique, lors d'une campagne de mesures en 1981 on a trouvé près de l'usine de La Hague des algues contaminées autour de 100 Bq/kg (matière humide) de ^{99}Tc , résidu de retraitement rejeté alors dans le milieu marin. L'usine était entré en service depuis quelques années et n'avait encore qu'une production limitée. Aucune des concentrations d'autres radioéléments dans la flore et la faune marines n'approchait cet ordre de grandeur.

A forte dose le ^{99}Tc inhibe la croissance des plantes. L'auteur n'a pas trouvé d'article scientifique sur les effets sanitaires du ^{99}Tc (à ne pas confondre avec l'isotope émetteur gamma instable de très courte période ^{99m}Tc utilisé comme traceur dans des examens biologiques).

10. à 12. Ces trois vues situent le problème : une usine aux portes de la ville de Narbonne ; une rose des vents mettant le nord de la cité sous le vent dominant ; une usine qui vient perturber une région parmi celles, en France, où l'air est le moins chargé en radon parce que son sol contient très peu de radium.

13. La question du radon est confuse car il y trois façons de chiffrer les données physiques : la production ; les émanations vers l'atmosphère ; la concentration dans l'air. Or la majeure part de la production ne donne pas lieu à émanation, le radon étant désintégré avant d'avoir gagné l'atmosphère. La concentration dans l'air reflète l'intensité des émanations mais se trouve très influencée par le relief et la météorologie (par exemple, un sol humide émane moins qu'un sol sec car le radon est soluble dans l'eau et que la présence d'eau "imperméabilise" la terre vis-à-vis d'un transfert gazeux). La carte de France de la concentration du radon dans l'air au voisinage du sol suggère des émanations très faibles dans la région de Narbonne, évaluables avec une référence scientifique indirecte : la carte des flux de radon du sol australien. A partir de là, on peut se faire une idée de l'apport des rejets de THOR dans les environs proches de l'installation. Des rejets qui ne peuvent que péjorer une situation naturellement très privilégiée.

14. à 20. La mention de l'existence du ^{99}Tc est restée longtemps absente des dossiers traitant de déchets radioactifs. La tendance à en minimiser les quantités perdue comme en fait foi l'introduction du sujet dans le rapport d'impact d'AREVA. Le lecteur se persuadera que c'est vraiment peu de chose, des *traces*, ce qui pourra l'amener à ne pas s'interroger sur la signification de valeurs chiffrées en Bq/l

de solution.

L'imprécision de la formulation reste de mise quand sont abordées les performances de THOR et la présence éventuelle de *traces* de métaux et de radionucléides dans les poussières. Les données scientifiques disponibles sur Internet n'apportent pas de réponses précises, même celles rapportant les résultats d'essais effectués par des organismes officiels américains rattachés au DoE (Department of Energy). A la lecture du rapport du Commissaire enquêteur on a la désagréable impression qu'il s'est laissé influencer par une publicité affirmant que THOR retiendrait à 99,9999% les radionucléides, une performance digne d'un laboratoire de chimie fine, alors que la composition des solutions traitées sera tout sauf constante et suivie en continu avec précision (2500 l/h).

Un ré-examen approfondi de cette partie du dossier semble indispensable, eu égard au comportement du ⁹⁹Tc dans l'environnement, à sa toxicité, à sa longue période et aux quantités en jeu.

21. et 22. Le procédé THOR est basé sur la production d'hydrogène et de monoxyde de carbone à haute température à partir d'eau, de gaz ou de charbon. En fonctionnement normal le risque d'explosion est inexistant. mais on doit s'interroger sur la dimension maximum du risque que présente une installation produisant de l'hydrogène pour traiter des déchets radioactifs. Les catastrophes majeures ont toujours déjoué tous les *scenarii* et les prévisions d'occurrence et d'ampleur fournies par les modèles probabilistes ; sinon elles n'auraient pas eu lieu ! Aussi devrait-on considérer une situation, quelle qu'en soit la séquence originelle, où une irruption d'air dans le réacteur MDR ou toute partie du processus conduirait à une proportion d'hydrogène dans le mélange avec l'air supérieure à 11% de l'équilibre stœchiométrique. La température dans MDR étant de plus de 200°C supérieure à celle d'inflammation de l'hydrogène dans l'air, s'en suivrait, non une déflagration mais une détonation accompagnée d'une onde de choc supersonique, phénomène auquel aucune enceinte conçue pour un risque de surpression standard ne résiste. En témoignent la dalle de béton supérieure du réacteur de Tchernobyl soulevée et retombée de champ sur sa tranche après l'explosion d'hydrogène consécutive à la vaporisation de la partie centrale du cœur du réacteur, mais aussi les spectaculaires destructions des bâtiments de blocs 1 et 3 de la centrale de Fukushima Dai-ichi; filmées en direct par les caméras de surveillance du site.

Une telle explosion affectant THOR expulserait dans l'environnement la plus grande partie des radionucléides en cours de traitement. Ce ne serait évidemment pas un phénomène de l'ampleur de Tchernobyl, ni même de Fukushima. Mais l'inévitable publicité que l'événement recevrait suffirait à disqualifier deux piliers de l'économie régionale pour longtemps : le tourisme et les productions agricoles. Cela considéré on ne peut que souhaiter le choix d'une alternative technique évitant le recours à l'hydrogène, mais aussi au rejet du radon directement dans l'air.

Liste des documents utilisés.

(chaque paragraphe renvoie à la vue d'index correspondant dans le texte)

1.

- ANDRA, *Inventaire géographique, inventaire national des matières et déchets radioactifs*, 2012.
- Préfecture de l'Aude, *Rapport du Commissaire enquêteur*, novembre 2016 (30 pages).

2.

- AREVA, *Dossier de demande d'autorisation d'exploiter*, Volumes 1 à 4, 2015.

3.

- IRSN, *Bilan radiologique de l'environnement français de juin 2011 à décembre 2014*, p. 37.

4.

- *La chaîne de désintégration du radium 226*,
<<https://www.ld-didactic.de/software/524221fr/Content/Appendix/Ra226Series.htm>>

5.

- Gerald M. Kendall & al., « *A record-based case-control study of natural background radiation and the incidence of childhood leukaemia and other cancers in Great Britain during 1980-2006* », Leukemia advance online publication, Nature, 2012, <url.ca/oa4zz>.

6.

- IPSN, *Radium 226 et ses descendants à l'équilibre*, Fiche radionucléide ²²⁶Ra, 2001.

7. à 9.

- IRSN, *Technétium 99 et environnement*, Fiche radionucléide, 2004.
- Edward R. Landa & al., *Uptake and Distribution of Technetium-99 in Higher Plants*, Biological Implications of Metals in the Environment, Proceedings of the Fifteenth Annual Hanford Life Sciences Symposium at Richland, Washington, September 29 - October 1, 1975, pp. 390-401.

10. à 12.

- Google Earth, Narbonne, 2017
- *Normale de la rose des vents à Carcassonne*,
<http://tempetes.meteofrance.fr/IMG/anthemis_divers/RoseTramontaneCarcassonne.jpg>

13.

- IRSN, *Le radon, synthèse des connaissances et résultats des premières investigations en environnement minier*, 2008, page 8.
- A.D. Griffiths & al., *A map of radon flux at the Australian land surface*, Atmos. Chem. Phys., 10, 8969–8982, 2010.

14. à 20.

- J.A. Gentilucci & al., *Technical Review of the Applicability of the Studsvik, Inc. Thors" Process to LNEEL SBW*, US DoE, mars 2001.
- James J. Neeway & al., *Radionuclide and Contaminant Immobilization in the Fluidized Bed Steam Reforming Waste Product*, in Radioactive Waste, InTech Ed., avril 2012, pp. 239-262.
- T. Crawford, P. Certa, *Overview: what is secondary waste*, Whashington River Protection Solutions, juin 2010.

21. et 22.

- INERIS AFHYPAC, *Inflammabilité et explosivité de l'Hydrogène*, Mémento de l'Hydrogène Fiche 7.1, février 2015.