

Bonjour à tous et bienvenue dans cette vidéo annexe qui couvre plusieurs points les alternatives au stockage géologique profond dont certaines idées saugrenues qui reviennent quand on évoque la question ce qu'on pourrait faire en cas de problème majeure pour la gestion des déchets radioactifs, la problématique des incendies, des émissions d'hydrogène et des déchets bitumineux dans le projet Cigéo

Du coup, je vais enfin savoir pourquoi on ne balance pas tous les déchets dans les océans ?

C'est quelque chose qu'on a sérieusement envisagé pour une partie des déchets vu qu'on la déjà fait. Des déchets radioactifs ont été jetés au fond des océans après un conditionnement sommaire dans de l'acier, du béton et éventuellement des bitumes. Il y a eu des sites en Arctique, dans l'Atlantique et le Pacifique. Le Royaume-Uni est responsable d'environ trois quarts de ces déversements suivi de la Suisse et des Etats-Unis. Les rejets par l'URSS sont plus durs à estimer et la France a participé à ces rejets pour moins de 1% de la radioactivité de l'ensemble de ces immersions connues. L'idée d'un déversement en mer est simple: c'est de la dilution. La radioactivité supplémentaire est diluée dans l'immense volume des océans. Les mesures près de ces sites ne montrent pas de hausse notable de la radioactivité par rapport à la radioactivité naturelle malgré la forte détérioration de certains colis. Néanmoins, on a pu mettre en évidence la présence de radionucléides caractéristiques des déchets nucléaires. La détérioration des colis n'est pas surprenante non plus parce qu'ils avaient pour but d'assurer que les déchets soient transportés intacts jusqu'au fond de l'océan. L'idée n'était pas que les colis retiennent les radionucléides mais que leur dilution dans les océans rende les impacts de leur radioactivité négligeables pour les sociétés humaines et l'environnement. Cette gestion des déchets radioactifs solides est strictement interdite depuis 1993.

Oui mais avant que ce soit interdit, on a quand même balancé des déchets radioactifs dans les océans pendant des décennies.! Est-ce qu'on a une idée de la quantité de radioactivité qu'on y a mis ?

L'activité radioactive totale des déchets immergés dans le monde, entre 1946 et 1993, était de 85 000 terabecquerels à la date de leur immersion. Cette radioactivité étant dûe à des radionucléides à faible durée de vie, elle décroît vite dans le temps. Si on regarde la radioactivité totale contenue par les océans, on est à plus de 100 000 fois plus en ne considérant que le potassium 40, un radionucléide naturel. Donc il ne faudrait pas croire que la radioactivité qu'on a rejetée dans les océans représente de grandes quantités ! Ce sont des quantités infimes par rapport à la radioactivité naturelle présente dans les océans.

Attends tu ne serais pas en train de m'arnaquer là? Tu es en train de comparer des rejets locaux avec la radioactivité contenue dans tous les océans...

Exact, il pourrait y avoir des phénomènes de concentrations locales. Mais toutes les mesures qui ont pu être réalisées montrent qu'on reste dans des concentrations en radionucléides qui sont vraiment bien en dessous de celles où on observe des effets sanitaires. Il faudrait aussi ajouter que les radionucléides ne sont pas les mêmes que ceux rencontrés dans la nature. Les rejets encore autorisés dans les océans le sont en surveillant le niveau d'exposition et en prenant en compte la nature des radionucléides, comme c'est le cas pour les rejets de tritium et d'iode.

Tu viens de dire avant que ces rejets étaient interdits! Faudrait savoir !

Il y a encore des rejets sous forme liquide, à la Hague notamment, et j'en ai déjà parlé. C'est surtout des rejets de tritium dont la radiotoxicité est extrêmement faible, même comparée à des radionucléides naturels. Vu les concentrations en jeu, les impacts sanitaires et écologiques de ces pollutions sont nuls ou négligeables. Ce type de dilution, c'est aussi ce qui est envisagé pour l'eau contaminée au tritium qui s'accumule à Fukushima. Les spécialistes de la question sont formels sur le sujet, la dilution du tritium dans l'océan est de loin la meilleure solution et aura des effets nuls ou négligeables. L'affaire autour du tritium rejeté dans l'océan est largement une affaire médiatique qui exploite l'ignorance et la peur de la majorité des personnes sur la radioactivité que l'on parle des rejets de l'usine de retraitement de La Hague, du tritium actuellement stocké sur le site de Fukushima ou du tritium dans la Loire que l'on a déjà évoqué dans une autre vidéo.

Mais si c'est pas grave, pourquoi on ne balance pas tous les déchets dans les océans ?

Ces radionucléides immergés sous forme de colis ou dispersés dans les océans étaient des déchets faiblement ou très faiblement radioactifs. Ce ne sont pas du tout des déchets aussi dangereux que les déchets de haute activité ou de moyenne activité à vie longue. Un colis de déchets de haute activité a une activité de 15 000 terabecquerels au moment de sa production. Donc tout ce qu'on a balancé dans les océans, c'est moins de l'équivalent de 6 colis de haute activité et on en produit annuellement plus de 700 par an en France. L'activité totale des déchets radioactifs français de haute activité et de moyenne activité à vie longue à la fin 2016 est de plus de 200 000 000 de terabecquerels, donc plus de 2 000 fois plus que tout ce qui a été jeté dans les océans. En plus, ces déchets contiennent des radionucléides beaucoup plus radiotoxiques et avec une période radioactive bien plus longue. Si on quantifiait en radiotoxicité, l'écart serait encore plus grand. Pour savoir exactement quelles seraient les impacts du relargage dans les océans de ces radionucléides, il faudrait savoir

comment ces radionucléides se répartiraient dans les océans et dans la chaîne alimentaire. C'est bien au-delà de ce que je saurais faire mais on peut s'attendre à des effets sanitaires et environnementaux. En gros, la dilution est une solution adaptée pour une petite quantité de radioactivité de radionucléides peu dangereux et se diluant bien mais c'est loin d'être la meilleure gestion pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

Du coup, on n'a jamais envisagé ça pour les déchets les plus dangereux ?

Dans les années 70, on envisageait d'enfouir les déchets radioactifs les plus dangereux dans des sédiments au fond des océans, mais l'opération est difficile et le milieu marin est très corrosif. La radioactivité contenue dans les déchets radioactifs risquerait de vite se retrouver dans les océans eux-mêmes. On a aussi envisagé de les placer dans les zones de subduction où les plaques océaniques s'enfoncent dans le manteau terrestre avec comme idée que le mouvement des plaques emporteraient les déchets dans le manteau. Mais la vitesse de progression des plaques tectoniques est trop faible, on s'est rendu compte que les couches supérieures des plaques étaient abrasées au cours de la subduction et ce sont des zones avec des activités sismiques et volcaniques. L'idée ne paraît donc pas si bonne.

Et pourquoi ne pas les envoyer directement dans l'espace ? Bam direct dans le soleil ! Plus aucun soucis

Pour toutes ces questions, je vous recommande chaudement une synthèse de l'IRSN en français sur les alternatives au stockage géologique profond, c'est ce que j'ai trouvé de mieux. Pour envoyer les déchets radioactifs dans l'espace, il y a eu des recherches dans les années 70-80, y compris par la NASA. En gros, ce serait compliqué et cher vu que les déchets sont lourds et pour ces aspects, je vous renvoie vers la chaîne d'Astronogeeek et en particulier vers cette vidéo. En plus, il ne faudrait pas seulement les placer en orbite mais les envoyer plus loin dans l'espace, ce qui serait encore plus compliqué. Mais surtout les risques associés sont hyper importants. L'explosion d'une fusée transportant des matériaux radioactifs les disperserait sur une grande surface, ce qui n'est pas une bonne idée. Et on sait bien qu'il y a déjà eu des explosions de fusée.

L'espace les océans le manteau de notre chère planète, et on a envisagé d'autres choses comme ça ?

On a aussi envisagé de les mettre dans les glaciers du Groënland ou de l'Antarctique. Le problème c'est qu'il y a des poches salées piégées dans les glaces qui corroderaient très vite les colis. En plus, on est incapable d'assurer que ce glacier ne serait pas déstabilisé par

les déchets chauds qu'on y mettrait. Et avec le changement climatique en cours, ça paraît pas une bonne idée de compter sur les glaciers !

Mais j'y pense on a qu'à mettre les déchets radioactifs dans d'anciennes mines d'Uranium ou des endroits qui sont déjà contaminés genre Tchernobyl !

Sauf que la radioactivité des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue est bien plus élevée que le minerai d'uranium ou que ce qui a été dispersé par l'accident de Tchernobyl et on parle de radionucléides plus dangereux que ceux qui ont été majoritairement dispersés par cet accident. En gros, il est beaucoup plus intelligent de choisir l'endroit où on met les déchets radioactifs en fonction des caractéristiques que l'on cherche qu'en fonction d'accidents ayant eu lieu ou de l'endroit où on trouve de l'uranium.

Okay tout cela ne paraît pas être des idées brillantes. Mais il n'y a pas une alternative un peu plus sérieuse ?

Si, il y a le stockage en forage. En gros, ça se rapproche un peu du stockage géologique profond. Sauf qu'au lieu de faire une installation souterraine, on fait un forage dans le sol et on met les déchets au fond avant de reboucher. C'est très sérieusement envisagé dans les pays comme le Ghana, la Malaisie ou le Brésil qui n'ont pas d'électro-nucléaire mais ont des déchets radioactifs à cause des usages médicaux et industriels de la radioactivité. Dans ce cas, le volume de déchets est faible ce qui rend la construction d'un site de stockage géologique profond hors de question pour des raisons économiques. Le gros avantage des forages, c'est qu'on peut descendre beaucoup plus profond que pour un site de stockage géologique profond. Et il y a même une technique qui permet de se débarrasser de déchets chauds.

Ah oui on a dit dans la vidéo principale que la chaleur dégagée par le colis était problématique pour le stockage géologique profond ! Du coup c'est quoi cette possibilité ?

L'idée, c'est de placer les déchets radioactifs dans une roche qui fond à plus basse température que les colis de déchets comme du granite ou du basalte. Ils se retrouvent donc en profondeur au milieu d'une roche en fusion qui va se solidifier au fur et à mesure que les colis refroidissent. C'est cette roche formée autour du colis qui assure alors le confinement des déchets. Il ne s'agit que d'un concept à l'étude et pas d'une solution mise en pratique. Et globalement, on a beaucoup moins d'éléments sur ces techniques alternatives que sur le stockage géologique profond dont on a longuement parlé dans la vidéo principale.

Et pourquoi on ne peut pas juste les garder en surface et les surveiller ?

C'est le mode de gestion qu'on a aujourd'hui mais il faut se rendre compte que ça nécessiterait une surveillance, une reconstruction des bâtiments et possiblement des reconditionnements de colis pendant des dizaines de milliers d'années. Personne de rationnel ne peut considérer ça comme une solution pour la gestion à long terme. ça ne peut être vu comme une solution transitoire.

Qu'est-ce qu'on fait en cas de force majeure si ces déchets sont encore trop chauds pour être mis dans le stockage géologique ou qu'on en a pas . Genre si il y a une guerre si il y a un effondrement si il y a une météorite qui arrive si il y a une attaque d'extraterrestres il y a des gens qui ont pensé à ça est-ce qu'on a des solutions de replis?

Je vais maintenant faire une parenthèse rapide sur ce que pourrait être notre gestion des déchets en cas de catastrophe, quelque soit cette catastrophe. C'est une partie de la vidéo qui est très hypothétique par rapport au reste. Prenez le comme mon avis personnel ou une piste de réflexion. Si pour une raison ou une autre on est incapable de maintenir les déchets dans un entrepôt en ventilation naturelle alors c'est que notre société court un risque extrêmement grave et dans ce cas les effets sanitaires que pourraient provoquer ces déchets seront probablement faibles devant la catastrophe qui serait en cours. C'est déjà un premier point.

Effectivement ce serait probablement une situation dramatique mais ça ne répond pas à ma question: est-ce qu'on a un plan B pour ces déchets radioactifs ?

Si on voit un peu le truc venir, on pourrait se replier vers une des solutions évoquées plus haut mais ça dépend tellement de la situation que c'est très dur à dire. Il vaudrait mieux avoir cette radioactivité au fond des océans où elle impactera moins l'environnement et les sociétés humaines qu'à la Hague donc l'immersion des déchets pourrait être envisagée en dernier recours. Ce n'est pas sans risque, ce n'est pas une bonne gestion mais c'est mieux que de les avoir en surface pas loin de chez soi. On pourrait aussi mettre en place une solution sous forme de forage qui paraît plus sûr qu'un relargage en mer. Je ferme maintenant la parenthèse sur cette partie très hypothétique. En tout cas, la durée nécessaire au refroidissement des déchets de haute activité avant le placement en stockage reste, à mon avis, un des plus gros défauts de l'électro-nucléaire.

dans la vidéo principale tu avais aussi dit que tu parlerais un peu de la production d'hydrogène et des problèmes d'incendie dans le projet Cigéo ?

Okay ! La dernière fois, je vous ai expliqué que les gaines des assemblages combustibles formaient des déchets de moyenne activité à vie longue. Mais, cette catégorie de déchets regroupent aussi d'autres choses et notamment les fameux déchets bitumineux. Ce sont des résidus liquides issus de procédés de production ou du traitement des combustibles nucléaires qui ont été figés dans des matrices de bitume pour fixer les radionucléides. Si le colis est suffisamment radioactif, il fait partie des déchets de moyenne activité à vie longue. Et ce type de déchets pose un problème particulier.

Allez dis nous tout pourquoi ces déchets sont bien chiants.

Les rayonnements ionisants émis par les radionucléides lors de leur désintégration peuvent décomposer certains matériaux, c'est ce qu'on appelle la radiolyse. Et la radiolyse des bitumes contenus dans les déchets bitumineux va produire de l'hydrogène.. Or l'hydrogène est un gaz inflammable qui a, en plus, la fâcheuse caractéristique d'être explosif à partir de 4%. En plus de la production d'hydrogène, le bitume peut brûler. Il ne peut pas s'enflammer spontanément mais si il se retrouve pris dans un incendie, les radionucléides contenus dans le colis vont être dispersés dans son environnement.

Donc on a des déchets inflammables qui produisent un gaz explosif ça paraît pas top !

On en a 74000 colis dont certains sont déjà vieux. A ma connaissance, il n'y a jamais eu d'accidents dûs à ces colis et ils sont pour l'instant entreposés en surface dans des lieux où on veille à ce que l'hydrogène ne s'accumule pas. Il ne faudrait pas exagérer leur dangerosité. Mais, vu qu'on veut minimiser le risque au maximum, l'autorité de sûreté nucléaire, l'ASN, s'est opposée au stockage de ces déchets dans le projet Cigéo: un incendie dans une installation souterraine serait une catastrophe.

Du coup, l'Autorité de Sûreté Nucléaire est opposée à Cigéo ?

Non, l'ASN juge que le projet a atteint globalement une maturité technologique satisfaisante et l'ASN est dure à contenter. Cigéo n'a pas été définitivement approuvée mais est en bonne voie. Par contre, l'ASN considère que le stockage, tel quel, des déchets bitumineux à Cigéo est trop dangereux.

Et on en fait quoi du coup de ces déchets?

Et bien... c'est simple si c'est considéré comme trop dangereux par l'ASN, les déchets bitumineux n'y seront pas enfouis. L'argument de la production d'hydrogène et de la dangerosité d'un incendie est souvent repris par les opposants au projet Cigéo alors que ces risques proviennent des déchets qui ne sont pas encore approuvés à Bure. Ce sont des arguments, pour le moins, malhonnêtes.

Et c'est la seule source d'hydrogène ? sans ces déchets il n'y a pas de problème ?

Pendant l'opération du site, la production d'hydrogène sur les lieux de stockage sera extrêmement faible si il n'y a pas de déchets bitumineux. Par contre, après la fermeture, de l'hydrogène sera produit par la corrosion de l'acier. Il y a pas mal d'études à ce sujet qui montre que cette production d'hydrogène ne posera pas de problèmes. En gros, quand on

regarde la production et la diffusion de l'hydrogène, on voit que celui-ci ne peut pas s'accumuler. Et je ne crois pas que ce point fasse polémique.

Mais, il faudra bien s'en occuper de ces déchets bitumineux. Du coup on va en faire quoi ? Il y a plusieurs pistes à l'étude sur ce sujet mais la solution privilégiée par l'ANDRA est de reconditionner les déchets bitumineux pour régler le problème de la production d'hydrogène. Sinon, il faudra mettre en place d'autres solutions de stockage ou des mesures dédiées pour gérer les émissions d'hydrogène dans Cigéo et pour éviter toute propagation d'incendie à ces déchets et entre colis de déchets bitumineux. Tant qu'une solution n'a pas été trouvée et approuvée, le stockage en profondeur des déchets bitumineux est hors de question. C'est aussi simple que ça.

Tu avais dit que tu me parlerais également un petit peu du stockage géologique ailleurs dans le monde ?

De nombreux pays ont opté pour le stockage géologique mais pour la majorité d'entre eux, le stockage géologique profond est à l'état de projet avec éventuellement un laboratoire souterrain comme en France. Si le principe reste le même, la mise en pratique peut présenter des différences importantes. On pourrait par exemple parler du projet finlandais qui s'appelle Onkalo. Le chantier de ce site a débuté il y a une quinzaine d'années. Le site de stockage est donc en creusement dans une roche granitique qui ne fournit pas le même confinement qu'une couche d'argilite, la Finlande n'ayant pas tellement le choix avec un sous-sol moins diversifié que le nôtre. Pour compenser les différences liées à la nature de la roche, le combustible usé est placé dans un épais surconteneur en cuivre, enveloppé dans de la bentonite et placé dans une alvéole. Il y a apparemment des controverses sur la capacité des surconteneurs en cuivre à résister à la corrosion, j'ai essayé de jeter un coup d'oeil à la documentation technique mais elle est partiellement en suédois donc je n'ai pas réussi à me faire un avis. Des surconteneurs en cuivre posent également des problèmes parce que c'est une matière première critique. Ce qui peut poser des problèmes de coût mais aussi donner une raison aux générations futures de venir ouvrir ce stockage géologique profond pour récupérer ce cuivre.

Tu as dit en suédois... mais tu voulais dire en finnois je suppose ? On cale où là c'est un projet en Finlande

Non j'ai bien dit en suédois parce que les suédois envisagent un site de stockage similaire au projet finlandais en cours de construction et ce sont eux qui ont soulevé ces questions. En Allemagne, le mauvais exemple du site de stockage d'Asse est souvent cité. C'est un site de stockage majoritairement utilisé pour des déchets de faible activité qui a été construit dans une ancienne mine de sel. Le problème c'est que l'exploitation de la mine de sel a

rendu la couche géologique perméable. On a abîmé le dôme de sel. Le stockage est donc un fiasco. C'est un argument souvent utilisé par les opposants au stockage géologique profond. D'un point de vue logique, il serait tout de même bon de rappeler qu'une installation défectueuse ne prouve pas que cette solution est inadaptée. Ce serait comme dire que les avions ne peuvent pas voler quand il y en a un qui s'écrase.

Il n'y a que des projets ou des trucs qui ont foiré ou on a au moins un site opérationnel ?

Les Etats-Unis ont déjà un stockage opérationnel pour des déchets radioactifs issus du secteur militaire. Les premiers déchets sont arrivés sur site en 1999. Il a été arrêté de 2014 à 2017 à cause d'un accident et il est opérationnel aujourd'hui. A ma connaissance, c'est le seul site géologique profond en opération aujourd'hui.

Et cet accident on peut savoir ce que c'était ?

Un colis de déchets s'est ouvert et a dispersé de la radioactivité. De très petites quantités de radionucléides, dont du plutonium et de l'américium, se sont retrouvés en surface et des travailleurs ont été contaminés. Les effets sanitaires et environnementaux ont été nuls vu les quantités en jeu mais le site a été fermé et nettoyé donc il y a eu un arrêt de trois ans, de la décontamination et des travaux pour pallier les défauts constatés.

Que le colis puissent s'ouvrir comme ça et disperser des radionucléides , c'est quand même assez inquiétant... On sait ce qui s'est passé ?

Oui, à cause de l'utilisation de la mauvaise litière pour chat.

Attends ? Tu viens vraiment de parler de litière pour chat ? C'est quoi ce bordel ?

En fait, dans certains colis de déchets de ce site, on met de la bentonite qui est une argile dont on a déjà parlé. Or, la litière pour chat inorganique est constituée de ce matériau. Le conditionnement de ces déchets étaient donc faits avec de la litière de chat inorganique. Mais, quelqu'un s'est trompé quelque part et a acheté de la litière de chat organique. Cette matière organique qui n'aurait jamais dû être ajoutée au contenu du colis de déchet a réagi avec celui-ci en produisant du gaz qui a fini par ouvrir le colis et disperser une partie de son contenu.

Mais comment c'est possible de faire une erreur aussi grossière. Pourquoi ils n'achètent pas directement de la bentonite ?

Pour ceux que ça intéresse vraiment, je vous laisse un petit papier scientifique qui s'est intéressé à cette question.

C'était le réveilleur et à bientôt sur le net