

Commentaires pour la version provisoire des lignes directrices conjointes relatives à l'étude d'impact. 23 septembre 2024

SOMMAIRE

Nous suggérons que les lignes directrices pour le projet Strange Lake de Métaux Torngat inclut les principes de précaution et de prudence pour les terres rares dans un but de protection de la santé humaine et de l'environnement avec une réglementation sécuritaire.

Il y a 2 articles adaptés aux conditions nordiques du Canada qui supportent cette suggestion :

Les risques environnementaux potentiels associés au développement de la production d'éléments de terres rares au Canada

Auteurs : Xiangbo Yin yinx01@uqat.ca , Christine Martineau , Isabelle Demers , Nathan Basiliko et Nicole J. Fenton Informations et affiliations des auteurs

Publication : Revue environnementale

12 mars 2021

<https://doi.org/10.1139/er-2020-0115>

(...) Par conséquent, les points suivants devraient être abordés au Canada pour déterminer une évaluation précise des risques dans le cadre du développement de projets d'ETR : " (1) des concentrations de référence plus élevées de terres rares au Canada sont nécessaires pour le sol, l'eau, la végétation, les animaux et les humains, en particulier pour les espèces menacées, ce qui permettra des évaluations des risques plus détaillées et plus précises;

(2) déterminer la toxicité des terres rares sur les espèces cibles pour les sources alimentaires au Canada, puis fournir des lignes directrices pour les limites quotidiennes recommandées de teneur en terres rares, par exemple, l'absorption des terres rares, la bioaccumulation et le seuil de toxicité des espèces qui constituent des aliments et des médicaments traditionnels pour les peuples autochtones;

(3) les terres rares mixtes, et pas nécessairement des éléments individuels seuls, devraient faire l'objet d'une plus grande attention, car les terres rares se transfèrent et s'accumulent généralement sous forme de groupe de contaminants ; en outre, de multiples facteurs de stress, notamment les effets des radionucléides associés et de l'acidité (pour les sites proposés avec des substrats sulfurés) avec les terres rares, devraient être examinés simultanément ;

(4) en raison du comportement géochimique des terres rares dans différentes conditions physiques et chimiques, d'autres études devraient être menées pour mieux comprendre le comportement environnemental et le devenir des terres rares dans les conditions environnementales canadiennes et dans nos écosystèmes les plus clés comme les zones humides, les lacs du bouclier précambrien sensibles à l'acidité, les forêts boréales et la toundra;

(5) développer des technologies plus propres pour exploiter les gisements minéraux des terres rares du Canada, réduisant ainsi la consommation de matériaux et d'énergie ainsi que le rejet de déchets lors de l'extraction et du traitement des terres rares, ce qui constitue le moyen le plus efficace de limiter les risques environnementaux potentiels.

Nous suggérons que l'Agence canadienne inclut les impacts sur l'environnement pouvant s'étendre potentiellement sur une distance de 3 à 7 km de la source, comme les dépôts atmosphériques, et intègre cette distance dans les lignes directrices de l'étude environnementale du projet Strange Lake.

Et

Toxiques. Mai 2024 ; 12(5) : 317. Publié en ligne le 26 avril 2024. doi: 10.3390/toxics12050317
PMCID : PMC11125915 PMID : 38787096 Effets toxiques des éléments des terres rares sur la santé humaine : un examen Wenyu Wang , Yanfang Yang , Donglei Wang et Lihua Huang

*(...) Plusieurs questions importantes associées à ce défi doivent être abordées dans cette revue :
(1) Les études actuelles sur l'interaction entre les ETR et les risques pour la santé se limitent pour la plupart aux modèles cellulaires et animaux. Afin de vérifier davantage l'effet toxique de l'exposition aux ETR sur le corps humain, des études de cohorte épidémiologiques à long terme deviendront la prochaine direction de recherche approfondie.*

(2) Le seuil de sécurité d'exposition aux ETR devrait être établi, en particulier les critères de pneumoconiose aux terres rares. De plus, les doses d'exposition aux ETR dans les normes de sécurité quotidiennes sont cruciales.

(3) Dans la plupart des études épidémiologiques sur l'exposition aux ETR, la population est composée de peu de sujets, ce qui signifie qu'il est difficile de déterminer les effets toxiques de chaque ETR dans des mélanges complexes dans les études de biosurveillance humaine. Par conséquent, la relation temps-dose-réponse entre les ETR et les risques pour la santé humaine doit encore être explorée plus en profondeur.

Nous suggérons que l'Agence Canadienne intègre des orientations réglementaires sécuritaires pour la santé et l'environnement pour l'évaluations des dangers et les seuils d'expositions pour les ETR dans les lignes directrices pour l'étude environnementale du projet Strange Lake :
Améliorer la compréhension de l'exposition aux ETR permettra d'élucider davantage les effets toxiques et les mécanismes des ETR et de leurs composés et de promouvoir le développement de futurs domaines de recherche liés à la toxicologie. À terme, cela contribuera au développement de mesures diagnostiques et thérapeutiques pour les maladies liées aux ETR et fournira des orientations réglementaires pour l'évaluation des dangers et les seuils d'exposition pour les ETR.

COMMENTAIRE

Par courriel, nous avons eu la réponse suivante du promoteur à une de nos questions :

De : denis <rinodenis@hotmail.com>

Envoyé : 13 juillet 2024 14:20

À : engage-QC <engage-QC@torngatmetals.com>

Objet : TR : Matériaux radioactifs parc à résidus

Question citoyenne :

Terres rares, vous êtes influencés dans le choix de vos études. Dans la littérature générale, de nombreuses études récentes disent le contraire de ce que vous dites, les résidus de terres rares seront très faibles, où sont les chiffres en appui, etc. Je suis déçu(e) par votre réponse.

Réponse du promoteur :

Au Canada, le gouvernement détermine si une substance est jugée toxique ou non au moyen d'évaluations menées par des organismes tels que Santé Canada et Environnement et Changement climatique Canada. Dans le cadre de ce processus, les scientifiques étudient la substance afin de comprendre ses effets sur la santé et l'environnement. Ils examinent la manière dont elle affecte les organismes vivants, la quantité de substance nocive et la manière dont les personnes et l'environnement peuvent y être exposés. S'il s'avère que la substance présente un risque pour la santé humaine ou l'environnement dans certaines conditions, elle est qualifiée « toxique ». Lorsqu'une substance est jugée toxique, le gouvernement peut prendre des mesures pour gérer ou réduire le risque. Il peut s'agir d'interdire la substance, d'en restreindre l'utilisation ou de fixer des limites à sa présence dans les produits ou dans l'environnement. Ce processus garantit que les substances sont soigneusement évaluées et gérées afin de protéger la santé des Canadiens et l'environnement. Santé Canada et Environnement et Changement climatique Canada tiennent à jour des listes de substances qui ont été évaluées et jugées toxiques en vertu de la loi canadienne sur la protection de l'environnement de 1999 (LCPE 1999). Cette loi fournit le cadre juridique pour l'évaluation et la gestion des substances chimiques au Canada. Les terres rares ne sont pas classées comme « substances toxiques ».

(...) Nous réitérons donc notre déclaration précédente selon laquelle les terres rares sont considérées comme non toxiques en ce qui concerne la santé humaine.

En réponse à ce propos du promoteur, la littérature dit que : Dans le cas des substances qui satisfont aux critères énoncés à l'article 64, la LCPE (1999) stipule que les approches préventives doivent avoir la priorité. En outre, la Loi exige l'adoption du principe de la prudence, qui précise que en cas de risques de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement.

De plus, comme la mine est située au Québec, dans les Fiches d'aide à l'interprétation des principes de la Loi sur le développement durable. 2021-11-19. BAPE :

Principe de précaution

(...) Lorsqu'il y a un risque de dommage grave ou irréversible, l'absence de certitude scientifique complète ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir une dégradation de l'environnement.

Remarque : Ce principe soulève la nécessité d'intervenir pour gérer un risque lié à un projet si celui-ci fait l'objet d'une incertitude scientifique quant aux dangers potentiels qui lui sont associés.

(...) Exemples de bonification d'un projet en lien avec ce principe :
Mettre en œuvre des mesures d'atténuation pour réduire le risque ;
Suggérer l'élaboration de solution de rechange pour un aspect d'un projet, en raison d'incertitudes sur les conséquences potentielles jugées trop importantes ;
Allouer des ressources pour effectuer une veille et documenter le risque ainsi que réévaluer les mesures prises en fonction de l'évolution des connaissances ;
Réaliser un suivi pour documenter le risque et élaborer des mesures en cas de dommages.

(...) À considérer :
L'existence du risque et ses conséquences doivent être documentées, mais sans qu'il y ait un consensus au moment de l'évaluation d'un projet. Le principe de précaution ne mène pas nécessairement à la non-réalisation d'un projet, mais plutôt à la mise en place de mesures pour prévenir la dégradation de l'environnement. Plusieurs enjeux liés à d'autres principes peuvent être analysés sous l'angle de ce principe, par exemple, la santé et la sécurité des personnes ainsi que la protection de l'environnement, des écosystèmes et de la biodiversité. Ce principe oblige à l'action en matière de recherche, tant pour l'évaluation des effets potentiels que pour circonscrire les manques de connaissances. C'est un principe qui oblige à prendre un temps d'arrêt par rapport à l'enjeu soulevé pour réfléchir, trouver et ultimement agir. Ce principe ne peut être invoqué pour des enjeux comportant des risques connus dans leur probabilité d'occurrence et dans l'ampleur des dommages potentiels. Dans ce cas, c'est le principe de prévention qui s'applique.

Voici quelques citations provenant d'une revue de littérature sur les terres rares au Canada qui fait ressortir le fait que les principes de précaution et de prudence devraient être appliqués pour le projet Strange Lake :

Les risques environnementaux potentiels associés au développement de la production d'éléments de terres rares au Canada

Auteurs : Xiangbo Yin yinx01@uqat.ca , Christine Martineau , Isabelle Demers , Nathan Basiliko et Nicole J. Fenton Informations et affiliations des auteurs

Publication : Revue environnementale

12 mars 2021

<https://doi.org/10.1139/er-2020-0115>

Nous notons que l'ingestion, l'inhalation et l'exposition cutanée des travailleurs et des résidents environnants (y compris potentiellement des communautés autochtones) et les conditions climatiques subarctiques et arctiques pourraient accroître les risques pour la santé humaine et écologique dans le cadre du futur développement de la production d'ETR au Canada.

(...) Cependant, les problèmes d'environnement et de santé causés par la production de MTR constituent des défis auxquels le Canada doit faire face, puisque des impacts environnementaux importants ont été rapportés ailleurs (par exemple en Chine). Il existe peu de documentation sur les risques environnementaux potentiels associés au développement de la production de MTR au Canada.

(...) les industries des ETR peuvent produire de graves problèmes de santé et d'environnement tels que la bioaccumulation des ETR (Li et al. 2014), l'exposition aux radiations (Ault et al. 2015), l'invasion d'espèces (Boojar et Tavakkoli 2011) et la perte de biodiversité (Degtjarenko et al.

2016). Bon nombre de ces problèmes environnementaux sont également présents dans d'autres types d'activités minières, mais la pollution radioactive et la toxicité des terres rares sont des risques environnementaux spécifiques associés à la production de terres rares qui attirent davantage d'attention (Gwenzi et al. 2018 ; Ma et al. 2019).

(...) Premièrement, les produits et les résidus contenant des terres rares résiduelles générés pendant la production augmentent directement la teneur en terres rares dans les environnements de surface.

(...) En conséquence, des concentrations élevées de terres rares ont été détectées dans les sols (Liu et al. 2019), les légumes (Li et al. 2013) et d'autres cultures (Zhuang et al. 2017 a, 2017 b) et même dans le corps humain (Li et al. 2014) à proximité des opérations d'extraction et de traitement. Le nombre de zones contaminées par les terres rares devrait augmenter régulièrement au cours des prochaines décennies avec l'augmentation de la production de terres rares.

(...) Cependant, peu d'études primaires liées aux préoccupations environnementales associées à la production de terres rares ont été menées au Canada.

(...) Les terres rares comprennent 15 éléments lanthanides du tableau périodique ainsi que l'yttrium (Y) et le scandium (Sc) tels que définis par l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC). Les terres rares étaient considérées comme des éléments non essentiels pour les organismes (Pang et al. 2002) jusqu'à la découverte d'une enzyme dépendante des lanthanides pour le métabolisme du méthane des bactéries méthanotrophes trouvées dans des environnements acides extrêmes (Pol et al. 2014 ; Picone et den Camp 2019). Selon leurs numéros atomiques, ces 17 éléments chimiques peuvent être divisés en terres rares lourdes (HREE) de terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb), lutétium (Lu) et yttrium (Y), ainsi qu'en terres rares légères (LREE) de lanthane (La), cérium (Ce), praséodyme (Pr), néodyme (Nd), prométhium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd) et scandium (Sc) (Haque et al. 2014). Les terres rares partagent des caractéristiques chimiques et physiques et sont donc considérées comme un groupe géochimiquement cohérent. La configuration des électrons de valence de la couche la plus externe est la même pour les lanthanides, et la plupart d'entre eux sont électropositifs (+3), ce qui se traduit par leurs propriétés phosphorescentes, magnétiques et catalytiques uniques (Balaram 2019). Ils sont largement utilisés dans les aimants, les catalyseurs, les alliages, les phosphores et la production de verre ainsi que dans le polissage (revu par Balaram 2019 ; Haque et al. 2014 ; Weng et al. 2013). De plus, les terres rares sont utilisées comme additifs alimentaires antibiotiques dans l'alimentation animale et comme engrais dans la production agricole (Pang et al. 2002 ; Abdelnour et al. 2019).

(...) Les problèmes multidimensionnels causés par les terres rares ont été décrits dans de nombreux ouvrages, et les publications sur les effets sanitaires associés aux terres rares comprennent principalement des études de toxicité aiguë et de bioaccumulation. À l'échelle mondiale, ces études ont montré que lorsque la teneur en terres rares dans les organismes dépasse la concentration de fond ou le seuil toxique, il existe un risque potentiel pour la santé des écosystèmes et aussi, semble-t-il, pour la santé humaine. La dose-réponse hormétique des terres rares est au cœur de la recherche sur la toxicité de diverses formes de vie (revue par

Agathokleous et al. 2018, 2019 ; Pagano et al. 2015 a) et est caractérisée par des effets biphasiques liés à la concentration : de faibles doses de terres rares sont bénéfiques pour les organismes, mais des effets inhibiteurs ou toxiques sont présents à des niveaux élevés (Agathokleous et al. 2018 ; Pagano et al. 2015 a, 2015 b).

(...) Le seuil de toxicité (CL 50 et CE 50) des terres rares sur les organismes aquatiques a été examiné par Malhotra et al. (2020), et les facteurs de modification de la toxicité tels que le pH, le carbone organique dissous (COD), la température et les concurrents potentiels (par exemple, Ca²⁺) ont un impact majeur sur la biodisponibilité et la toxicité des terres rares pour les organismes aquatiques. Il existe cependant une lacune importante dans les connaissances sur la CL 50 et la CE 50 des terres rares dans certaines conditions d'exposition particulières (par exemple, l'environnement boréal et arctique canadien) et chez les organismes non aquatiques. D'autre part, les concentrations minimales avec effet observable (CMEO) sont utilisées dans les études écotoxicologiques chroniques ou à long terme, ce qui est plus utile pour mieux comprendre le risque écotoxicologique réel induit par les terres rares sur l'environnement (Cardon et al. 2019). Le modèle de toxicité traditionnel utilisant les concentrations dissoutes comme descripteur de dose sans tenir compte de sa biodisponibilité n'a donc pas permis de prédire avec précision la toxicité des terres rares (Zhao et Wilkinson 2015 ; Gong et al. 2019). Les terres rares à l'état d'oxydation 3+ sont considérées comme l'espèce chimique toxique dominante, et leur concentration est un bon indicateur de toxicité (Aharchaou et al. 2020) ; par conséquent, la CL 50 et la CE 50 basées sur les activités des ions libres devraient être largement utilisées à la place des concentrations dissoutes.

(...) La toxicité significative de concentrations élevées de terres rares pour les plantes, les animaux et les micro-organismes a été examinée par Abdelnour et al. (2019) et Adeel et al. (2019), et des effets ont été identifiés sur la division cellulaire (Kotelnikova et al. 2019), l'expression génétique (Dubé et al. 2019 ; Qi et al. 2019), les variables sanguines (Adua et al. 2015), la photosynthèse (Xu et al. 2019 ; Zicari et al. 2018), la capacité métabolique (Henriques et al. 2019 ; Pinto et al. 2019), la capacité de reproduction (Zhang et al. 2014), le stress oxydatif (Oral et al. 2017 ; Henriques et al. 2019) et divers indices de croissance (Xu et al. 2019 ; études récentes énumérées).

(...) La littérature actuelle a révélé certains problèmes de santé humaine causés par les terres rares (revus par Gwenzi et al. (2018) et Adeel et al. (2019)). L'excès de terres rares a des effets néfastes sur la fonction des organes. De plus, des effets interactifs entre les terres rares et d'autres métaux lourds ont été identifiés. Par exemple, il a été démontré que Y augmentait la toxicité du chrome sur les dommages oxydatifs de l'ADN dans le sang des travailleurs d'une usine de chromate (Bai et al. 2019). Les terres rares et d'autres métaux lourds sont généralement présents de manière concomitante dans l'environnement ; par conséquent, leurs effets interactifs doivent être pris en compte dans les évaluations des risques environnementaux.

(...) Les coûts de prévention de la pollution et d'investissement liés à la production de terres rares peuvent toutefois être plus élevés au Canada qu'en Chine en raison des caractéristiques du minerai. En effet, les phases minérales des terres rares utilisées pour la production de terres rares lourdes sont différentes : les minéraux à l'état solide sont présents au Canada et les minéraux argileux à adsorption ionique sont présents en Chine. Les minéraux des terres rares à adsorption

ionique, qui fournissent la plupart des terres rares lourdes au monde, ne se trouvent qu'en Chine. Les terres rares à l'état cationique trivalent sont adsorbées dans les minéraux argileux et extraites par lixiviation avec une solution électrolytique aqueuse (chlorure de sodium ou sulfate d'ammonium) par un procédé d'échange d'ions (Yang et al. 2013). Les minéraux des terres rares au Canada sont à l'état solide, comme les carbonates, et sont généralement associés aux éléments radioactifs uranium et thorium. Les procédés technologiques d'extraction des minéraux des terres rares à l'état solide seront plus complexes que ceux des minéraux argileux à adsorption ionique. Par conséquent, la limitation des risques environnementaux et des coûts constitue un défi important pour le développement futur de l'industrie canadienne des terres rares.

(...) La matière organique est un puits majeur pour les terres rares en raison de sa grande capacité de liaison aux contaminants métalliques cationiques par ligature ou interactions électrostatiques (Davranche et al. 2015). "

(...) Dans les zones boréales canadiennes, le faible pH des tourbières et des lacs acides pourrait en faire des puits pour les terres rares après la libération de ces dernières par les futurs sites miniers.

(...) La poussière et la circulation intense sont probablement les principaux risques liés aux terres rares pour les écosystèmes de la forêt boréale au Canada. En particulier, le nombre et la quantité importants d'éléments radioactifs (Wang et al. 2016), de terres rares (Wang et Liang 2014) et d'autres éléments métalliques lourds toxiques (par exemple, As, Cd et Pb) (Li et al. 2015) dans les dépôts atmosphériques provenant de l'exploitation des terres rares et leurs impacts peuvent s'étendre sur 3 à 7 km des sources (Chang et Chang 2004 ; Degtjarenko et al. 2016). Ces poussières peuvent pénétrer dans les ouvertures stomatiques et avoir un impact sur les fonctions physiologiques des plantes, notamment parce que les terres rares peuvent interférer avec les fonctions physiologiques normales du Ca^{2+} et du Mg^{2+} ; par conséquent, il existe un risque potentiel pour les services écologiques des forêts à proximité des mines de terres rares car la photosynthèse et l'absorption des nutriments peuvent être perturbées. L'accumulation de ces éléments dans les plantes présente également des risques potentiels pour la santé d'autres biotes et des humains via les transferts trophiques dans les réseaux trophiques locaux et régionaux.

Environnements subarctiques et arctiques

(...) De nombreux projets de terres rares sont à un stade avancé de développement dans les régions nordiques du Canada (par exemple, les projets Strange Lake, Montviel, Eldor et Foxtrot), en particulier dans les régions subarctiques et arctiques. Les préoccupations environnementales liées au développement de projets de terres rares dans le climat subarctique-arctique (températures extrêmes, calendrier et durée des chutes de neige et de pluie, et période de gel-dégel) auraient dû être soulevées. Des études récentes indiquent que les conditions climatiques des régions froides peuvent favoriser la mobilisation des terres rares en affectant les principaux facteurs déterminants (pH, COD et condition redox) de la mobilité et de la biodisponibilité des terres rares. Tout d'abord, les eaux de surface et intérieures subarctiques et arctiques de haute latitude contiennent souvent des réservoirs importants de COD en raison de l'activité des communautés microbiennes à basse température (Pokrovsky et al. 2018 ; Ritson et al. 2014). De plus, les tourbières et les marais pauvres courants dans les bassins versants de ces régions sont très acides (généralement avec un pH de l'eau interstitielle inférieur à 4,5) (Zoltai et Vitt 1995).

Par conséquent, la mobilité et la biodisponibilité des terres rares pourraient être favorisées par une teneur élevée en COD et un pH faible. Deuxièmement, les environnements redox de la couche active inférieure des sols affectés par le pergélisol conduisent à du COD et des terres rares qui ne peuvent pas être consommés par le biote ou épuisés par des réactions abiotiques (Ji et al. 2021). Les terres rares persistent dans l'eau du supra-pergélisol et peuvent être transportées vers les rivières ou les lacs adjacents par des débits de surface élevés tels que les dégels printaniers (Ji et al. 2021). Troisièmement, des cycles répétés de gel-dégel pourraient libérer davantage de terres rares et d'autres métaux lourds des résidus par le biais de processus d'érosion intensifs (Pokrovsky et al. 2018). Par exemple, le potentiel de lixiviation des éléments présents dans les résidus de flottation a été évalué dans le cadre du projet Eldor (Costis et al. 2020), et les résultats ont montré que les épisodes de gel augmentaient les concentrations de lixiviat. À mesure que le climat change dans les hautes latitudes, la profondeur de la couche active et les cycles de gel-dégel devraient augmenter dans les régions subarctiques et arctiques du Canada. Par conséquent, les conditions climatiques subarctiques-arctiques peuvent avoir une influence importante sur les risques environnementaux causés par l'exploitation des terres rares au Canada.

(...) La concentration de terres rares dans l'environnement a augmenté de manière significative au cours des dernières années, et cette tendance devrait se poursuivre au cours des prochaines décennies, à mesure que de nouveaux projets de terres rares seront développés à l'échelle mondiale. Les terres rares en tant que contaminants émergents et éléments radioactifs (U et Th) constituent les principaux risques écologiques et sanitaires. Le Canada se classe parmi les premiers pays possédant de riches gisements de terres rares et devrait être un chef de file mondial dans la production de terres rares dans les décennies à venir.

Nous suggérons que l'Agence Canadienne intègre les 5 points suivants provenant de cet article dans les lignes directrices pour l'étude environnementale du projet Strange Lake :

(...) Par conséquent, les points suivants devraient être abordés au Canada pour déterminer une évaluation précise des risques dans le cadre du développement de projets d'ETR : " (1) des concentrations de référence plus élevées de terres rares au Canada sont nécessaires pour le sol, l'eau, la végétation, les animaux et les humains, en particulier pour les espèces menacées, ce qui permettra des évaluations des risques plus détaillées et plus précises;

(2) déterminer la toxicité des terres rares sur les espèces cibles pour les sources alimentaires au Canada, puis fournir des lignes directrices pour les limites quotidiennes recommandées de teneur en terres rares, par exemple, l'absorption des terres rares, la bioaccumulation et le seuil de toxicité des espèces qui constituent des aliments et des médicaments traditionnels pour les peuples autochtones;

(3) les terres rares mixtes, et pas nécessairement des éléments individuels seuls, devraient faire l'objet d'une plus grande attention, car les terres rares se transfèrent et s'accumulent généralement sous forme de groupe de contaminants ; en outre, de multiples facteurs de stress, notamment les effets des radionucléides associés et de l'acidité (pour les sites proposés avec des substrats sulfurés) avec les terres rares, devraient être examinés simultanément ;

(4) en raison du comportement géochimique des terres rares dans différentes conditions physiques et chimiques, d'autres études devraient être menées pour mieux comprendre le comportement environnemental et le devenir des terres rares dans les conditions environnementales canadiennes et dans nos écosystèmes les plus clés comme les zones humides, les lacs du bouclier précambrien sensibles à l'acidité, les forêts boréales et la toundra;

(5) développer des technologies plus propres pour exploiter les gisements minéraux des terres rares du Canada, réduisant ainsi la consommation de matériaux et d'énergie ainsi que le rejet de déchets lors de l'extraction et du traitement des terres rares, ce qui constitue le moyen le plus efficace de limiter les risques environnementaux potentiels.

De plus, nous suggérons que l'Agence Canadienne inclut les impacts sur l'environnement pouvant s'étendre potentiellement sur une distance de 3 à 7 km de la source, comme les dépôts atmosphériques, et intégrer cette distance dans les lignes directrices de l'étude environnementale du projet Strange Lake.

Toxiques. Mai 2024 ; 12(5) : 317. Publié en ligne le 26 avril 2024. doi: 10.3390/toxics12050317
PMCID : PMC11125915 PMID : 38787096 [Effets toxiques des éléments des terres rares sur la santé humaine : un examen](#) Wenyu Wang , Yanfang Yang , Donglei Wang et Lihua Huang

Les principales zones minières d'ÉTR dans le monde comprennent Bayan Obo en Chine, Mountain Pass aux États-Unis, Mount Weld en Australie, les gisements d'ÉTR dans l'est du Canada et les gisements d'adsorption d'ions dans plusieurs provinces du sud de la Chine [3, 4].

(...) Les ETR peuvent pénétrer dans le corps humain par plusieurs voies d'exposition et s'accumuler dans différents tissus ou organes, posant finalement une menace pour la santé humaine [19]. Les résultats montrent clairement que l'exposition aux ETR constitue un problème de santé publique d'importance mondiale. Cependant, les effets toxicologiques et les mécanismes des effets des ETR sur la santé humaine ont été relativement peu explorés [20].

(...) En recherchant et en résumant des études pertinentes publiées ces dernières années, nous avons constaté que l'exposition aux ETR dans l'environnement peut nuire à la santé humaine [35]. Les effets toxicologiques dus à la bioaccumulation des ETR ont été largement évalués dans un grand nombre de modèles in vivo et in vitro [20, 36]. Cependant, la compréhension actuelle des ETR est relativement limitée et ces études n'ont exploré que généralement l'interaction entre les effets toxiques de certains ETR et la santé humaine.

(...) Bien que le mécanisme de toxicité des ETR ait été rapporté dans plusieurs études, la recherche dans ce domaine doit encore être améliorée [94, 95]. De nombreuses études ont indiqué de multiples effets régulateurs en plus des dommages oxydatifs et de l'apoptose.

(...) En raison de la large répartition et de la persistance des ETR dans l'environnement, il est urgent de bien comprendre les effets nocifs et les mécanismes des particules d'ÉTR sur la santé humaine. En résumant de manière exhaustive les connaissances actuelles, nous avons constaté que le corps humain peut être exposé aux ETR par diverses voies telles que l'inhalation, l'ingestion, le contact cutané et l'exposition iatrogène, ce qui provoque des dépôts qui, à leur tour, détruisent la structure et la fonction de divers organes de l'organisme. Le corps humain et induit des maladies multisystémiques (par exemple, les systèmes respiratoire, nerveux,

cardiovasculaire, reproducteur et immunitaire). Notamment, les effets néfastes des ETR sur divers tissus et organes sont également affectés par des facteurs environnementaux, la taille des particules, ainsi que la dose et la durée d'exposition. De nombreuses études *in vitro* et *in vivo* ont montré que les ETR exercent ces effets indésirables principalement en affectant la génétique et l'épigénétique, en modifiant l'activation des voies de signalisation. Bien que l'épigénétique soit une cible moléculaire prometteuse pour le diagnostic précoce et la prévention, les mécanismes spécifiques par lesquels les ETR endommagent les organismes ne sont pas entièrement compris. Grâce aux preuves présentées dans cette revue, la corrélation entre le risque d'exposition et les dangers potentiels pour la santé des ETR a été identifiée, ce qui pourrait contribuer à leur développement futur. Cependant, les informations actuelles sur l'évaluation toxicologique des ETR sont encore insuffisantes, et il reste encore des défis à relever pour trouver la norme critique concernant les risques pour la santé humaine causés par l'exposition aux ETR.

Nous suggérons que l'Agence canadienne intègre les 3 points suivants dans les lignes directrices pour l'étude environnementale du projet Strange Lake :

(...) Plusieurs questions importantes associées à ce défi doivent être abordées dans cette revue :
(1) Les études actuelles sur l'interaction entre les ETR et les risques pour la santé se limitent pour la plupart aux modèles cellulaires et animaux. Afin de vérifier davantage l'effet toxique de l'exposition aux ETR sur le corps humain, des études de cohorte épidémiologiques à long terme deviendront la prochaine direction de recherche approfondie.

(2) Le seuil de sécurité d'exposition aux ETR devrait être établi, en particulier les critères de pneumoconiose aux terres rares. De plus, les doses d'exposition aux ETR dans les normes de sécurité quotidiennes sont cruciales.

(3) Dans la plupart des études épidémiologiques sur l'exposition aux ETR, la population est composée de peu de sujets, ce qui signifie qu'il est difficile de déterminer les effets toxiques de chaque ETR dans des mélanges complexes dans les études de biosurveillance humaine. Par conséquent, la relation temps-dose-réponse entre les ETR et les risques pour la santé humaine doit encore être explorée plus en profondeur.

Nous suggérons que l'Agence Canadienne intègre des orientations réglementaires sécuritaires pour la santé et l'environnement pour l'évaluations des dangers et les seuils d'expositions pour les ETR dans les lignes directrices pour l'étude environnementale du projet Strange Lake :
Améliorer la compréhension de l'exposition aux ETR permettra d'élucider davantage les effets toxiques et les mécanismes des ETR et de leurs composés et de promouvoir le développement de futurs domaines de recherche liés à la toxicologie. À terme, cela contribuera au développement de mesures diagnostiques et thérapeutiques pour les maladies liées aux ETR et fournira des orientations réglementaires pour l'évaluation des dangers et les seuils d'exposition pour les ETR.

Nous suggérons que l'Agence canadienne intègre le principe de prudence et de précaution dans les lignes directrices pour l'étude environnementale du projet Strange Lake pour les ETR ou MTR qui incluent les 17 métaux ou certains.

Lignes directrices canadiennes pour la gestion des matières radioactives naturelles (MRN).
Volume III : Transport. Novembre 2021 Comité de radioprotection. fédéral – provincial – territorial

(...) Bien que les concentrations des MRN dans la nature soient généralement faibles, les industries qui exploitent nos ressources naturelles peuvent concentrer ces matières à des niveaux dangereux. "

(...) Les concentrations de matières radioactives supérieures aux limites de rejet dérivées inconditionnelles (LRDI), telles que décrites dans les Lignes directrices canadiennes sur les MRN, pourraient être considérées comme dangereuses pour la santé et l'environnement. Ces matières exigent des méthodes spéciales de détection, de classification, de manutention, de transport et d'élimination des déchets afin de protéger les travailleurs, le public et l'environnement. Plus les concentrations de MRN sont élevées, plus les dangers qui existent pendant la manutention, l'emballage et le transport sont importants.

Nous suggérons que les méthodes de détection, de classification, de manipulation, de transport et de gestion des résidus soient précisées dans les lignes directrices car les MRN transportées dans les super-sacs du projet Strange Lake pourraient être considérées comme dangereuses pour la santé et l'environnement; donc que cela exigera des méthodes spéciales de détection, de classification, de manipulation, de transport et de gestion des résidus. Que soit précisée la classification du concentré de MRN transporté par bateau (indice de transport, catégorie, etc.)? Et que soit précisé l'équilibre séculaire pour les MRN dans les supers-sacs mis dans des conteneurs transportés par bateaux. Les super-sacs sont-ils imperméables à la sortie du radon et du thoron? Quelle est la probabilité de microfissures dans les millions de super-sacs qui pourraient entraîner la sortie des gaz radioactifs dans les conteneurs et à la sortie des conteneurs?

Denis Bouchard et Louise Gagnon
Groupes-citoyens de Sept-Îles