

Monsieur le directeur de la Direction Générale de la  
Prévention des Risques (DGPR)

# Avis IRSN n° 2020-00062

<b>Objet ...</b>	Méthodologie d'évaluation de la dose efficace annuelle ajoutée (DEAA) dans l'environnement proche des stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium (ICPE 1735)
<b>Réf(s) ...</b>	DGPR/SRT/MSNR/2018-115 du 15/11/2018. Expertise de la méthodologie, proposée par la société Orano Mining, d'évaluation de la dose efficace annuelle ajoutée (DEAA) dans l'environnement proche des stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium
<b>Nbre de page(s) ..</b>	17

Par lettre citée en référence, vous avez demandé l'avis de l'IRSN sur la note transmise par Orano Mining relative à la méthodologie d'évaluation de la Dose Efficace Annuelle Ajoutée (DEAA) dans l'environnement des stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium classés ICPE 1735<sup>1</sup> (appelés « stockages » par la suite), qu'Orano Mining prévoit d'appliquer pour évaluer l'impact actuel de ces stockages sur les populations soumises à leur influence. Cette note est destinée à devenir le document de référence d'Orano Mining en matière de méthodologie pour l'évaluation de la DEAA autour des stockages. Elle vise en outre à mettre en adéquation certaines rubriques de ses plans de surveillance avec les besoins liés à l'évaluation de la DEAA ce qui conduit, *in fine*, à une proposition d'allègement de la surveillance par rapport à celle en place actuellement.

Vous avez demandé que l'analyse par l'IRSN porte plus particulièrement sur la pertinence de cette méthodologie et le bien-fondé des propositions d'allègement de la surveillance qui en découlent, en intégrant, le cas échéant, les réflexions de l'IRSN sur le sujet. En réponse à votre demande, il ressort de l'examen de l'IRSN les éléments exposés dans le présent avis, relatifs à la surveillance des stockages, à l'approche générale d'évaluation de la DEAA puis à la démarche retenue pour le calcul de la contribution de chacune des voies d'exposition à la DEAA. Les remarques et recommandations formulées visent de futures étapes possibles identifiées par l'IRSN, qui sont la révision de la note méthodologique, l'application pratique à de premiers cas et l'amélioration sur ce volet des bilans annuels de surveillance.

## 1 REFLEXIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE DES STOCKAGES

La surveillance d'une installation, quelle qu'elle soit, n'est pas un processus figé. Il convient de réexaminer régulièrement les plans de mesure mis en place, pour tenir compte du retour d'expérience de son déploiement sur le terrain ainsi que des éventuelles modifications des relâchements dans l'environnement ou du comportement des populations qui le sous-tendent. L'IRSN accueille favorablement la proposition d'Orano Mining de réviser une partie de la

**Adresse Courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses

Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre B 440 546 018

<sup>1</sup> Soit tous les stockages de résidus miniers d'uranium à l'exception de celui de Teufelsloch (68)

surveillance des stockages, sur la base d'une méthodologie uniformisée d'évaluation de la DEAA qui offre l'opportunité de prendre en compte ce retour d'expérience. L'IRSN considère toutefois que **seuls des cas d'application pratique permettront de tester et, *in fine* valider, les principes de la méthodologie d'évaluation de la DEAA exposés dans le dossier examiné.** Ce point est illustré dans les chapitres suivants du présent avis.

En outre, l'IRSN souligne que la surveillance radiologique des stockages et de leur environnement n'a pas pour unique objectif d'acquiescer les données nécessaires à l'évaluation de l'impact sur les personnes par la DEAA mais s'inscrit dans un cadre plus large comprenant également le suivi de l'efficacité et de la robustesse des dispositifs mis en place pour assurer le confinement des radionucléides stockés ainsi que le suivi de l'impact sur l'environnement. Aussi, **toute proposition d'arrêt de mesures de surveillance qui s'avèrerait pertinente au titre de l'évaluation de la DEAA actuelle devra s'accompagner d'un examen de son bien-fondé au regard des autres objectifs mentionnés ci-avant.** A cet égard, l'IRSN appelle l'attention sur l'importance d'accompagner, au niveau local (par exemple au cours des commissions de suivi de site (CSS)), les modifications de modalités de surveillance par rapport à l'existant, en particulier lorsqu'il s'agit de suppression de stations de mesure.

## 2 APPROCHE GENERALE POUR L'ÉVALUATION DE LA DEAA

L'évaluation de la DEAA dans l'environnement d'un stockage répond à une exigence réglementaire portée par un arrêté préfectoral (AP) dit « de surveillance » qui cible des groupes de population supposés être les plus exposés compte tenu de l'inventaire en radionucléides présent dans ce stockage. Ainsi, l'évaluation de la DEAA consiste à calculer, pour chacun de ces groupes dits « de référence », la somme des doses efficaces ajoutées liées à (i) l'exposition externe aux rayonnements gamma, (ii) l'incorporation de radionucléides par inhalation de radon et de poussières et (iii) l'incorporation de radionucléides par ingestion d'eau et de denrées. La notion de dose ajoutée traduit le fait que l'exposition aux radionucléides d'origine naturelle existe en dehors de toute activité anthropique et que la dose d'exposition annuelle due au stockage vient s'ajouter à la dose d'exposition annuelle due au milieu naturel. Dans la pratique, Orano Mining fonde ses calculs de dose efficace sur les résultats des mesures effectuées sur le stockage considéré et dans son environnement, dans le cadre de sa surveillance. Ainsi, la dose efficace ajoutée liée à une voie d'exposition pour un groupe de population donné est obtenue en retranchant aux résultats des mesures représentatifs de l'exposition de ce groupe, ceux représentatifs de l'exposition d'un groupe de population similaire mais non soumis à l'influence du stockage (dit groupe milieu naturel).

Les choix effectués par Orano Mining pour la mise en œuvre de cette approche générale, qui permettent dans une seconde étape d'évaluer la contribution de chacune des voies d'exposition à la DEAA, appellent les commentaires suivants de la part de l'IRSN.

S'agissant de la définition du terme source, la méthodologie d'Orano Mining mentionne essentiellement les radionucléides de la famille de l'uranium 238, principale tête de chaîne présente dans les minerais français traités, ainsi que le radon 220 issu de la famille du thorium 232. L'IRSN appelle l'attention sur le cas du site de Bazot qui renferme des résidus issus du traitement de minerais d'uranothorianite de Madagascar de l'ancienne usine du Bouchet dont le terme source est constitué des radionucléides de la famille du thorium 232 ainsi que d'autres déchets dont certains contiennent des radionucléides artificiels (césium, plutonium et strontium) ou appartenant à la chaîne de l'uranium 235. Ces radionucléides méritent d'être intégrés à l'évaluation de la DEAA et, de fait, à la liste des radionucléides analysés dans le cadre de la surveillance associée. **Par conséquent, l'IRSN recommande que, dans la version révisée de sa note méthodologique, Orano Mining mentionne spécifiquement que la nature des radionucléides pris en compte dans l'évaluation de la DEAA est définie au regard des résidus et autres déchets éventuels contenus dans les stockages.**

S'agissant de l'évaluation d'un impact ajouté par rapport au milieu naturel, l'IRSN considère qu'une attention toute particulière doit être apportée à la définition des références (emplacement des stations de mesure, qualité des mesures...) retenues pour caractériser l'exposition de la population en dehors de toute influence minière. A cet égard, toutes les considérations et les recommandations relatives à la démarche analytique de l'exploitant formulées par l'IRSN dans le présent avis pour la caractérisation des zones sous influence du stockage s'appliquent également à la caractérisation du milieu naturel.

S'agissant de la définition des scénarios d'exposition et des groupes de référence, Orano Mining définit trois scénarios communs à tous les stockages, dont deux ciblent des populations résidant dans des villages et un des personnes se promenant en bordure du stockage ou effectuant ponctuellement des travaux sur ou à proximité du stockage (entretien par exemple). Orano Mining considère également deux scénarios d'exposition spécifiques, l'un pour le stockage de Saint Pierre (scénario campeur) et l'autre pour les stockages du Bernardan et du Bosc (scénario travailleur dans l'emprise de l'ancien site minier). L'exploitant précise les budgets-temps, les rations alimentaires, les classes d'âge (cf. Annexe 2) ainsi que les valeurs des paramètres associés (par exemple les débits respiratoires et les coefficients de dose).

Actuellement les plans de surveillance des stockages prévoient la réalisation de mesures régulières du débit d'équivalent de dose, de l'énergie alpha potentielle des descendants à vie courte (EAPv) du radon 222 et 220, de l'énergie alpha potentielle des descendants à vie longue (EAVL) des poussières et de la qualité des eaux et des denrées au niveau de zones sous l'influence potentielle du stockage (zones habitées dans un rayon de 1 km, bordure du stockage etc.). Sur la base des résultats de ces mesures, l'exploitant calcule une DEAA pour chacun des scénarios et présente ensuite, dans son bilan annuel de surveillance, la valeur correspondante pour chaque scénario.

Pour ce qui concerne les zones habitées, Orano Mining propose d'identifier les groupes de référence *a priori*, en appliquant des critères de sélection permettant de discriminer les villages au regard de leur exposition potentielle au stockage, plutôt que de retenir l'ensemble des villages situés dans un rayon de 1 km comme actuellement. Pour la définition des critères, Orano Mining distingue les groupes de référence soumis à l'influence du stockage en champ proche via le rayonnement gamma et le radon, de ceux soumis à l'influence du stockage en champ plus éloigné via l'eau (de surface ou souterraine). S'agissant de la localisation des groupes de référence en champ proche, l'exploitant s'appuie sur le calcul d'un Indice Potentiel d'Exposition (IPE) pour toutes les zones habitées recensées dans un rayon de 1 km au voisinage du stockage en sommant la note attribuée à six critères (cf. Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00062 du 23 avril 2020

Annexe 3) et précise qu'il se réserve la possibilité d'intégrer d'autres éléments dans la prise de décision. S'agissant des groupes de référence sous l'influence d'un stockage via les eaux de surface et les eaux souterraines, l'exploitant indique que leur localisation sera sélectionnée sur la base respectivement de l'analyse des moyennes annuelles des concentrations en uranium et en radium 226 mesurées dans les cours d'eau lors des dix dernières années, en amont et en aval du stockage, et d'études hydrogéologiques.

L'IRSN considère que les scénarios d'exposition retenus ainsi que la méthodologie élaborée par Orano Mining pour mieux cibler les groupes de populations à surveiller et ainsi optimiser la surveillance sont satisfaisants sur le plan de leurs principes. L'approche de sélection des groupes de référence appelle toutefois les remarques particulières suivantes :

- pour ce qui concerne la localisation des groupes de référence en champ proche, l'IRSN constate que la plupart des critères relève de spécificités des zones habitées déterminantes pour apprécier de manière qualitative l'influence du stockage sur ces dernières, ce qui est satisfaisant. Pour ce qui concerne le critère relatif à l'importance du terme source (superficie au sol du stockage et masse de résidus stockés), Orano Mining a précisé, au cours de l'instruction, que ce critère quantitatif visait à donner plus de poids aux zones habitées soumises à l'influence de plusieurs stockages. L'IRSN observe que l'exploitant n'utilise pas *in fine* les caractéristiques du terme source des stockages dans son calcul d'IPE et considère donc que ce critère quantitatif pourrait être remplacé par un critère qualitatif, lié au nombre de stockages d'influence. En outre, dans l'application pratique des critères, l'IRSN recommande que, dans le cadre de la déclinaison de sa méthodologie, Orano Mining retienne (i) une distance zone habitée - stockage estimée à partir de la maison d'habitation la plus proche du stockage, (ii) une position topographique de la zone habitée correspondant à la situation la plus défavorable observée dans la zone au regard de la dispersion du radon et (iii) une situation des zones habitées par rapport aux vents dominants estimée sur la base des vents réellement observés sur le site ;
- pour ce qui concerne la localisation des groupes de référence en champ éloigné, l'IRSN appelle l'attention sur le biais introduit par, d'une part l'utilisation de moyennes qui induit un lissage des valeurs et ce d'autant plus que la période sur laquelle elles portent est longue, d'autre part la prise en compte des valeurs inférieures aux limites de détection, elles-mêmes susceptibles d'évoluer sur la période considérée. Par conséquent, l'IRSN recommande que, dans l'application concrète de sa méthodologie, Orano Mining

**privilégie les résultats des mesures de concentration dans les eaux obtenues avec les meilleures techniques et les meilleures limites de détection disponibles.** En outre, l'IRSN signale que le transfert de radionucléides par l'eau sur de longues distances, même à faible concentration, peut générer des sources secondaires contaminées (sédiments, terres de berges) au niveau de zones d'accumulation potentielles, à l'origine d'expositions de l'homme en cas de développement d'usage (de loisir, agricole...). Aussi, l'IRSN estime que l'identification des groupes de référence sous influence du stockage via les eaux de surface doit tenir compte de la qualité non seulement des eaux mais également des sédiments et/ou terres de berges. A cet égard, **l'IRSN recommande qu'Orano Mining intègre, pour la définition des groupes de référence en champ éloigné, dans la version révisée de sa note méthodologique, l'identification des zones d'accumulation de la radioactivité et, si des usages y sont constatés, leur contrôle radiologique lors des campagnes annuelles de surveillance.**

De manière plus générale, l'IRSN estime que cette nouvelle démarche de définition des groupes de référence nécessite d'être éprouvée par plusieurs cas d'application concrets. A cette occasion, l'IRSN considère qu'il conviendra qu'Orano Mining explicite notamment la déclinaison du processus de sélection des groupes de référence à partir des valeurs d'IPE ainsi que l'exploitation des données de concentrations dans les eaux et s'assure que les scénarios qu'il retient soient réellement représentatifs du contexte local. A cet égard, l'IRSN constate, par exemple, qu'aucun scénario travailleur n'est retenu pour le site de la Commanderie alors qu'une entreprise est implantée sur l'ancien carreau minier. **Par conséquent, l'IRSN recommande que l'exploitant, pour la déclinaison de sa note méthodologique, recense systématiquement les lieux de travail et les lieux de vie saisonniers (campings, zones de loisirs...) sur et à proximité des stockages, évalue la DEAA pour les personnes y passant du temps selon un scénario *ad hoc* et justifie, le cas échéant, de ne pas les retenir comme groupe de référence.** Par ailleurs, pour la caractérisation de certains scénarios, l'IRSN constate que les rations alimentaires sont fixées de manière générique quel que soit le scénario. Sans remettre en cause cette approche générique, l'IRSN suggère que l'exploitant prévoie la possibilité d'ajuster ponctuellement ces rations s'il s'avère que des situations d'exposition plus sensibles existent localement. A titre complémentaire, l'Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00062 du 23 avril 2020

Annexe 4 au présent avis regroupe des remarques formulées par l'IRSN sur certaines valeurs de paramètres.

En tout état de cause, l'IRSN appelle l'attention sur l'importance d'assurer un suivi régulier des groupes de référence initialement sélectionnés afin de conforter, dans le temps, les observations faites, mettre en évidence les évolutions potentielles et faciliter la compréhension, au niveau local, des enjeux associés au stockage. En outre, des évolutions dans l'environnement du stockage pourraient être susceptibles de remettre en question la sélection des groupes, en particulier en cas d'apparition d'un nouveau groupe de population plus exposé, par exemple lié à de nouvelles constructions ou à un relâchement plus important de radionucléides provenant du stockage. **Par conséquent, l'IRSN recommande qu'Orano Mining présente, dans son bilan annuel de surveillance, en complément du calcul de DEAA, la justification de la pertinence des groupes de référence qu'il retient et les mesures de surveillance exploratoires et/ou complémentaires qu'il envisage de mettre en œuvre en cas d'apparition de nouveau(x) groupe(s) de population potentiellement plus exposé(s) que les groupes de référence suivis.**

### **3 METHODOLOGIE D'EVALUATION DE L'EXPOSITION EXTERNE AUX RAYONNEMENTS GAMMA**

Dans sa méthodologie, Orano Mining présente l'approche qu'il retient pour prendre en compte ou écarter la voie d'exposition au rayonnement gamma dans le calcul de la DEAA, et par conséquent, statuer quant aux mesures de débit de dose à inclure dans ses plans de surveillance. Ainsi, Orano Mining indique que cette voie d'exposition ne sera plus prise en compte pour les groupes de référence vivant dans les villages non localisés en bordure de stockage, dès lors que les chroniques des mesures seront comparables à celles obtenues au niveau des stations implantées dans le milieu naturel ; dans ce cas, les stations de mesures correspondantes seraient supprimées. En revanche, elle sera systématiquement considérée pour les scénarios impliquant un travailleur, un promeneur ou un groupe de population en bordure du stockage. En conséquence, Orano Mining prévoit de maintenir les stations de mesures déjà existantes, définies par les arrêtés préfectoraux de surveillance en vigueur, dans

le milieu naturel ainsi que sur chaque stockage et au niveau des groupes de référence localisés en bordure immédiate des stockages.

L'IRSN rappelle que le calcul de DEAA doit s'attacher à estimer l'exposition des individus les plus exposés et, qu'à ce titre, le choix de l'emplacement des stations de mesure est primordial, que ce soit dans le milieu naturel sur ou dans l'environnement des stockages. A cet égard, le GEP a indiqué en 2010 que les modalités de la surveillance ne permettent pas de disposer d'une cartographie du débit de dose sur les sites permettant de valider la zone d'implantation des dispositifs de surveillance. Ainsi, en l'absence de cartographie des stockages distinguant les zones à plus fort débit de doses, l'IRSN n'est pas en mesure de statuer sur la pertinence de l'emplacement des stations de mesure actuelles. **Par conséquent, l'IRSN recommande que l'exploitant vérifie, lors de la déclinaison de la méthodologie pour chaque stockage, la pertinence de la localisation des stations de mesure aujourd'hui en place pour s'assurer qu'elles fournissent effectivement le débit de dose le plus élevés observable pour les situations couvertes par les scénarios impliquant une exposition de personnes à proximité du stockage, et à défaut, propose l'implantation de nouvelles stations de mesures.**

En outre, l'IRSN estime que l'analyse des résultats des mesures et leur comparaison à ceux issus du milieu naturel ne sont pas suffisantes pour statuer quant à la contribution du stockage au rayonnement gamma mesuré à distance de celui-ci. En effet, la faible influence du stockage attendue à des distances au-delà de 500 m du fait de l'atténuation des rayonnements dans l'air, combinée à la variabilité naturelle du rayonnement gamma dans les terrains induisent des écarts souvent faibles, voire des incohérences, entre les valeurs mesurées et celles caractéristiques du milieu naturel. C'est par exemple le cas au niveau du village de la Charprairie dans l'environnement du site de l'Ecarpière où le débit d'équivalent de dose mesuré est supérieur à celui du stockage lui-même. Par conséquent, l'IRSN suggère qu'Orano Mining appuie la démonstration de la contribution du stockage à l'exposition au rayonnement gamma d'un groupe de référence par un calcul d'atténuation du rayonnement gamma dans l'air en fonction de la distance entre les personnes exposées et le stockage.

#### **4 METHODOLOGIE D'EVALUATION DE L'EXPOSITION INTERNE PAR INHALATION**

Orano Mining présente dans sa note les conditions qu'il retient pour prendre en compte ou écarter la voie d'exposition aux poussières, au radon 220 et au radon 222 dans le calcul de la DEAA, et en conséquence statuer quant aux mesures d'EAVL, d'EAPv du radon 220 et d'EAPv du radon 222 à inclure dans ses plans de surveillance.

S'agissant de l'exposition aux poussières, Orano Mining indique ne plus prendre en compte cette voie d'exposition, et prévoit par conséquent d'arrêter les mesures d'EAVL associées, considérant d'une part la position du GEP qui a souligné que la situation des sites réaménagés n'est pas de nature à générer une émission significative de poussières et d'autre part l'observation que près de 94% des mesures de surveillance d'EAVL sont inférieures à la limite de détection. L'exploitant précise cependant que la surveillance des poussières sera réactivée en cas de travaux de grande ampleur affectant l'intégrité physique de la couverture d'un stockage. L'IRSN considère que cette évolution des plans de surveillance est acceptable. **S'agissant de la reprise de la surveillance du fait de travaux, l'IRSN recommande que, dans la version révisée de sa note méthodologique, Orano Mining précise que la surveillance est réactivée avant le démarrage des travaux et poursuivie après finalisation des travaux afin de vérifier l'absence d'impact durable de ceux-ci.**

S'agissant de l'exposition au radon 220, Orano Mining indique que cette voie d'exposition sera prise en compte pour le site de Bauzot compte tenu de son inventaire radiologique (cf. *supra*) et supprimée pour tous les autres stockages, dès lors que les chroniques de résultats de mesure de l'EAPv du radon 220 des dix dernières années au niveau des stations existantes sont du même ordre de grandeur que celles mesurées au niveau des stations de référence du milieu naturel. L'IRSN convient qu'en l'état actuel des connaissances concernant l'inventaire radiologique des stockages, la prise en compte de la voie d'exposition au radon 220, et par conséquent la surveillance de l'EAPv correspondante, n'est justifiée que pour le stockage de Bauzot. Pour ce site, **il conviendra que l'exploitant prenne en compte, pour le radon 220 comme pour le radon 222, les remarques formulées ci-dessous concernant les critères de détermination de l'emplacement des stations de mesure.**

S'agissant de l'exposition au radon 222, Orano Mining indique que la prise en compte de cette voie d'exposition sera (i) systématique pour les scénarios « promeneurs en bordure du stockage » et « travailleurs » et (ii) conditionnée à la démonstration que la contribution du



radon provenant exclusivement du stockage ne peut être négligée pour les scénarios impliquant des personnes résidant dans les villages avoisinant le stockage. A cet effet, Orano Mining retient la réalisation de mesures d'EAPv du radon 222 dans le milieu naturel ainsi que :

- sur chaque stockage ;
- sur les anciennes zones usines situées à proximité d'un stockage et qui accueillent une entreprise ;
- dans les villages avoisinants dès lors que démonstration a été faite que la contribution du stockage à la concentration en radon 222 ne peut pas être négligée.

Au cours de l'instruction, Orano Mining a indiqué que ces mesures seront réalisées au niveau des stations de mesure déjà existantes définies par les AP de surveillance en vigueur.

L'IRSN considère pertinente la sélection des scénarios pour lesquels Orano Mining prévoit de prendre en compte la voie d'exposition au radon 222. Toutefois, la localisation des stations de mesures et la démonstration relative à la contribution du stockage à l'exposition au radon 222 dans les villages avoisinants appellent les remarques suivantes.

Pour ce qui concerne les stations de surveillance, l'IRSN rappelle que le calcul de la DEAA doit s'attacher à estimer l'exposition des individus les plus exposés et qu'à ce titre, l'emplacement des stations de mesure de l'EAPv doit être déterminé de façon à représenter de façon majorante l'impact global du stockage. Ainsi, les stations de mesure doivent être positionnées sous les vents dominants, dans des zones dégagées localement (absence d'écran entre le stockage et la station) et où la dispersion du radon est la plus faible (position topographique encaissée favorisant l'accumulation du radon). Les vents dominants doivent être déterminés sur la base de la connaissance des conditions météorologiques locales. Pour ce qui concerne le cas particulier de la mesure du radon 222 destinée à apprécier l'exposition de personnes fréquentant le stockage ou sa périphérie immédiate, l'IRSN estime qu'elle doit être effectuée sous les vents dominants et en bordure du stockage pour intégrer la contribution cumulée de l'ensemble de celui-ci. **Par conséquent, l'IRSN recommande qu'Orano Mining, dans le cadre de la déclinaison de sa note méthodologique, vérifie la pertinence de l'emplacement actuel des stations de mesure de l'EAPv du radon 222, sur le site et dans son environnement, pour chacun des stockages.**

Pour ce qui concerne la démonstration relative à la contribution du stockage à l'exposition au radon 222 dans les villages avoisinants, l'IRSN observe qu'elle porte d'une part sur l'étude des chroniques des mesures d'EAPv du radon 222 réalisées dans ces villages au cours de la dernière décennie et d'autre part, sur la modélisation de la dose efficace par inhalation de radon 222 issu du stockage susceptible d'être reçue au niveau des villages (appelée « dose modélisée » par la suite). A cet égard, Orano Mining considère que si la dose modélisée représente moins de 5% de la dose totale liée au radon 222 calculée à partir des mesures d'EAPv effectuées dans chacun des villages (sans déduction du bruit de fond), l'impact du stockage lié au radon 222 est faible et peut être négligé dans le calcul de la DEAA.

S'agissant plus particulièrement de l'étude des chroniques, l'exploitant précise qu'il comparera les résultats des mesures d'EAPv du radon 222 acquises au niveau des villages actuellement soumis à une surveillance avec ceux du milieu naturel. Compte tenu des influences multiples que ces résultats traduisent (sources de radon multiples (atmosphérique, tellurique...), paramètres météorologiques...) et des incertitudes de mesure (de l'ordre de 20%), **l'IRSN recommande qu'à l'occasion de la déclinaison pratique de sa méthodologie, Orano Mining détaille son analyse des chroniques de mesure de l'EAPv du radon 222 et justifie chaque mise à l'écart d'un village.**

S'agissant de la modélisation de la dose efficace, celle-ci comprend une étape de l'évaluation de la source d'émission du radon 222 puis une étape de modélisation de sa dispersion atmosphérique. Pour illustrer ses travaux, Orano Mining s'appuie, dans sa note méthodologique, sur la déclinaison de ces deux étapes au cas de 3 stockages<sup>2</sup>, réalisées dans le cadre du PNGMDR, entre 2013 et 2015. Les principaux éléments issus de l'examen détaillé de ces deux étapes sont les suivants.

Pour quantifier la source d'émission du radon 222, Orano Mining s'appuie sur des mesures de flux surfacique d'exhalation du radon 222 réalisées selon la norme NF ISO 11665-7, à l'aplomb

<sup>2</sup> Le Brugeaud, l'Ecarpière et Lavaugrasse

des couvertures de sept stockages<sup>3</sup>. Or, comme indiqué dans cette norme, la technique de mesure mise en œuvre n'est qu'estimative puisqu'elle ne fait pas l'objet d'un étalonnage. Ainsi, l'IRSN estime que l'absence de données quantitatives est de nature à remettre en cause le sens donné aux résultats. Par conséquent, l'IRSN estime que l'exploitant pourrait consolider les mesures utilisées, soit par l'acquisition de données de flux d'exhalation par des techniques quantitatives, c'est-à-dire faisant l'objet d'un étalonnage, soit par la modélisation de ces flux à partir de la connaissance du terme source en radium des produits stockés (résidus, stériles, autre le cas échéant) et en retenant le jeu de données météorologiques utilisé pour modéliser la dispersion atmosphérique. En outre, l'IRSN souligne que pour chaque stockage, l'ensemble des surfaces du site doit être pris en compte pour l'évaluation de la source d'émission du radon. Cette remarque est détaillée pour le cas du stockage de Lavaugrasse en **Erreur ! Source du envoi introuvable.** au présent avis.

Pour modéliser la dispersion atmosphérique du radon 222, Orano Mining utilise le logiciel ADMS (version 4.2) de manière générique pour les stockages étudiés. L'IRSN souligne que ce logiciel est adapté pour modéliser la dispersion atmosphérique du radon pour les stockages où le relief est peu marqué et où les vents calmes sont peu fréquents. Pour les autres configurations, l'utilisation de ce logiciel n'est à ce stade pas validée. Or les stockages et leur environnement présentent une grande diversité dans leur complexité, en particulier en termes de relief et d'occupation des sols (par exemple la présence de forêt), nécessitant des choix de modélisation et donc de logiciel adapté à chacun. En outre, l'IRSN observe qu'Orano Mining avait présenté, dans ses études menées en 2012 dans le cadre du PNGMDR, une comparaison de modélisations de même type réalisées avec les logiciels ADMS et COTRAM pour des sites autres que les stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium. Les conclusions de ce rapport montrent, par comparaison à des valeurs mesurées, que COTRAM fournit des résultats « *se situant dans le même ordre de grandeur que les mesures observées en moyenne* », tandis qu'ADMS est minorant en fournissant des résultats « *en moyenne 5 à 15 fois inférieurs* », car « *fortement dépendants du paramétrage utilisé* ». Il est finalement recommandé dans ce document, qu'« *avant chaque utilisation d'ADMS, la prise en compte la plus précise possible des données d'entrée réelles de manière à optimiser ses performances* », soulignant ainsi l'exigence de maîtriser le jeu de données d'entrée alimentant ADMS. **Aussi, l'IRSN recommande qu'Orano Mining analyse, lors de la déclinaison pratique de sa méthodologie, les spécificités influençant le transfert atmosphérique du radon pour chaque stockage et justifie, pour chacun, la validité de l'utilisation du logiciel retenu.**

Par ailleurs, l'exposition des personnes étant cumulée sur une année, elle résulte de la somme d'une grande quantité d'occurrences distinctes de dispersion dans l'air du radon dont certaines sont très pénalisantes comme par exemple les épisodes peu dispersifs. **Aussi, l'IRSN recommande qu'Orano Mining s'assure, lors de la déclinaison pratique de sa méthodologie, que les résultats de sa modélisation de la dispersion atmosphérique du radon prennent les épisodes de vents peu dispersifs.**

De façon générale, l'IRSN rappelle que, dans le cadre de la mise en œuvre d'une modélisation, il est essentiel de quantifier l'influence sur les résultats obtenus du choix des valeurs des différents paramètres alimentant le modèle utilisé. Cet exercice permet en effet de s'assurer que l'interprétation des résultats sera correcte vis-à-vis des objectifs, en l'occurrence une évaluation majorante de l'exposition. Or, l'IRSN constate qu'Orano Mining n'a pas réalisé ce type d'analyse de sensibilité. **Aussi, l'IRSN recommande que, lors de la déclinaison pratique de sa méthodologie, Orano Mining justifie ses choix de valeurs de paramètres de modélisation au regard de ses objectifs, en particulier pour les paramètres sensibles.**

En conclusion, l'IRSN considère que la modélisation du transfert du radon 222 depuis un stockage jusqu'aux groupes de référence localisés en champ proche est une approche pertinente pour déterminer la contribution du radon provenant du stockage à l'exposition de ces groupes, compte tenu de la difficulté à discriminer le radon d'origine naturelle de celui d'origine anthropique. Toutefois, compte tenu des remarques et recommandations formulées ci-dessus, l'IRSN estime que, dans l'état actuel, la modélisation proposée par Orano Mining ne permet pas d'identifier, avec suffisamment de confiance, les villages pour lesquels la voie d'exposition par inhalation de radon 222 issu du stockage puisse être négligée et ce indépendamment de la valeur du critère décision de 5%.

<sup>3</sup> Bellezane, le Brugeaud, l'Ecarpière, Gueugnon, Lavaugrasse, le Bosc et la Ribière

## 5 METHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION INTERNE PAR INGESTION

Orano Mining indique que la dose efficace par ingestion correspond à la somme des doses efficaces liées à l'incorporation de radionucléides par ingestion i) d'eau potentiellement contaminée par les rejets et relâchements provenant du stockage et ii) de denrées potentiellement contaminées par irrigation avec de l'eau contaminée et/ou par un dépôt atmosphérique des descendants du radon 222. Dans sa note, Orano Mining présente ainsi la méthodologie qu'il retient pour calculer la contribution à la DEAA de l'ingestion d'eau de consommation, de végétaux terrestres et de lait. Orano Mining a précisé au cours de l'instruction que les denrées d'origine animale (poissons, volailles, lapins...) ainsi que les céréales sont également prises en compte dès lors que ces productions sont disponibles chez des particuliers. **A cet égard, l'IRSN suggère que, dans la version révisée de sa note méthodologique, Orano Mining mentionne explicitement les conditions de prise en compte des différentes denrées alimentaires.**

### 5.1 Eau de consommation

Dans sa note, Orano Mining propose de conditionner l'évaluation de l'exposition des groupes de référence par ingestion d'eau de consommation à l'existence d'une source d'alimentation sous l'influence du stockage, qu'elle relève du réseau de distribution d'eau potable d'un village de référence ou de puits ou sources privés en aval hydraulique du stockage. A cet effet, Orano Mining prévoit de solliciter l'Agence Régionale de Santé (ARS) en charge du contrôle du réseau d'alimentation en eau potable afin d'obtenir les données nécessaires au calcul de la DEAA. Dans le cadre de l'instruction, un exemple d'application de cette démarche, datant de 2006, a été fourni pour les sites miniers de l'ancienne division minière de la Crouzille.

L'IRSN constate que la surveillance exercée par l'ARS sur les eaux de consommation ne porte, en première approche, que sur l'évaluation d'indicateur d'activités alpha et bêta globales et non sur la quantification directe de l'activité des radionucléides, seule susceptible de permettre un calcul de dose. Par ailleurs, la fréquence des contrôles radiologiques menés par l'ARS, qui dépend principalement du nombre de personnes desservies et du volume distribué, n'est pas toujours de nature à fournir les données permettant une évaluation de la DEAA à fréquence annuelle. **Par conséquent, l'IRSN recommande que, dans la version révisée de sa note méthodologique, Orano Mining fonde la surveillance des réseaux de distribution d'eau potable, lorsque ceux-ci sont sous influence minière, sur ses propres mesures lorsque celles du contrôle des ARS est insuffisante, qualitativement ou quantitativement.**

S'agissant des puits et sources privés, l'IRSN relève que ceux-ci ne sont pas inscrits dans le plan d'analyse de routine de l'ARS. De ce fait, l'exploitant ne pourra pas disposer des données requises. Aussi, l'IRSN estime qu'Orano Mining ne peut s'affranchir de la surveillance des puits et sources privés situés à l'aval hydraulique d'un stockage lorsqu'ils s'avèrent exploités pour l'alimentation en eau de personnes des groupes de référence. Or l'IRSN observe que les puits et sources privés ne sont pas référencés dans l'exemple d'application fourni par Orano Mining, qui présente l'étude des réseaux de distribution des villages situés à moins d'1 km des sites miniers. **Aussi, lors de la déclinaison pratique de sa méthodologie, l'IRSN recommande qu'Orano Mining tienne compte, le cas échéant, des puits et sources privés situés en aval hydraulique d'un stockage utilisés pour l'alimentation en eau de consommation par des personnes de groupes de référence. Le référencement de ces sources et puits privés devra être actualisé à fréquence régulière et leur suivi porté au plan de surveillance.**

### 5.2 Denrées alimentaires (plantes potagères)

Compte tenu de l'impossibilité de réaliser des mesures d'activité dans les denrées en cas de refus du cultivateur de céder ses productions ou de la proportion importante de résultats de mesures inférieures à la limite de détection concernant les productions cédées, Orano Mining retient l'utilisation d'un forfait « *dose chaîne alimentaire* » (appelé ensuite « forfait dose ») représentatif de chaque stockage ou de groupes de stockages pour évaluer la dose efficace ajoutée liée à l'ingestion de denrées. Ce forfait dose est calculé à partir des valeurs moyennes des activités de chaque radionucléide mesurées sur la période 2007-2017 (ou 2018 selon le cas) pour chaque denrée dans le cadre de la surveillance de chacun des stockages. Il est applicable, pour un stockage donné, de manière identique, à tous les groupes de référence possédant au moins un jardin potager dès lors que l'une des deux conditions suivantes est remplie :



- le jardin potager est arrosé avec de l'eau prélevée dans les cours d'eau ou eaux souterraines en aval hydraulique d'un stockage. A cet égard, Orano Mining propose de vérifier, tous les 5 ans, l'existence ou non d'un jardin potager sous influence d'un stockage ;
- la dose modélisée (cf. chapitre 4 du présent avis), représentant la dose due exclusivement au radon 222 provenant du stockage, excède 5% de la dose totale due au radon 222. Ceci tient compte du fait que les descendants du radon 222 provenant du stockage peuvent, après transfert atmosphérique, se déposer sur les sols, les fruits et les légumes et conduire à une exposition de l'homme en cas d'ingestion.

L'application d'un tel forfait s'accompagne de l'arrêt de la surveillance des produits de la chaîne alimentaire pour chaque groupe de référence. Cependant, en l'absence de chroniques disponibles autour d'un stockage, Orano Mining indique qu'une campagne dédiée de prélèvements et d'analyses de la chaîne alimentaire sera réalisée. En complément et de manière plus générale, l'exploitant indique qu'il s'assurera que les concentrations en radionucléides retenues pour chaque catégorie d'aliments pour le calcul du forfait dose seront cohérentes au regard de l'ensemble des mesures disponibles.

L'IRSN considère que la démarche alternative proposée par Orano Mining, qui consiste en l'utilisation d'un forfait-dose pour pallier les difficultés d'acquisition des données pertinentes pour calculer la dose efficace par ingestion de denrées, présente un intérêt sur le principe. Toutefois, les bases retenues par Orano Mining, dans son premier cas d'application, appellent les commentaires suivants.

S'agissant des conditions d'application du forfait dose, l'IRSN considère que celle relevant de la présence d'un potager arrosé avec de l'eau sous influence du stockage est pertinente. Cependant, l'IRSN considère que cette condition doit être vérifiée annuellement dans le cadre de la justification de la pertinence des groupes de référence retenus, comme indiqué au chapitre 2 du présent avis. Par conséquent, **l'IRSN recommande qu'Orano Mining intègre dans ses plans de surveillance, le suivi annuel des usages de type potager en aval hydraulique des stockages.** En revanche, compte tenu de l'ensemble des remarques formulées au chapitre 4 sur la modélisation du radon 222, l'IRSN considère que l'utilisation du critère relatif à la dose modélisée est prématurée à ce stade.

L'IRSN constate que les chroniques qu'Orano Mining prévoit d'exploiter pour la constitution du forfait dose remontent à plusieurs années et qu'elles ne sont de ce fait pas représentatives de la période de calcul de la DEAA. En outre, l'IRSN appelle l'attention sur les limites de détection des techniques de mesure utilisées par le passé parfois élevées ne permettant pas de statuer quant à l'impact du stockage sur les denrées alimentaires. Par conséquent, **l'IRSN recommande que, dans la version révisée de sa note méthodologique, Orano Mining conditionne l'utilisation du forfait dose à la disponibilité de résultats de mesure contemporains aux évaluations et à des limites de détection permettant la quantification des radionucléides d'intérêt dans le calcul de dose.**

L'IRSN convient que l'utilisation du forfait dose peut entraîner l'arrêt de la surveillance en routine des denrées. Toutefois, il souligne que cet arrêt doit s'accompagner d'une attention renforcée sur les vecteurs à l'origine de leur contamination, à savoir l'eau et le radon 222. A cet égard, toute évolution significative de la concentration en radionucléides dans l'eau et/ou en radon dans l'air (via l'EAPv) doit entraîner l'actualisation du forfait dose et plus généralement l'évaluation du besoin d'actualiser les plans de surveillance.

### 5.3 Lait

Dans sa note, Orano Mining propose de limiter l'évaluation de l'exposition des groupes de référence par ingestion de lait et, par conséquent les mesures de surveillance associées, aux seules situations répondant aux deux conditions suivantes :

- les élevages de vaches laitières représentent plus de 20% des exploitations dans les communes présentes dans un rayon de 5 km autour des stockages ;
- moins de 50% des concentrations en radionucléides mesurées dans le lait sont inférieures aux limites de détection et ces concentrations présentent des écarts réguliers et importants avec les valeurs caractéristiques du lait issu de vaches élevées hors influence minière (soit plus de 3 fois la référence milieu naturel).

L'IRSN constate que les critères proposés par Orano Mining ne traduisent pas l'approvisionnement en lait et l'exposition correspondante des populations potentiellement sous influence d'un stockage. Dans la mesure où l'exploitant cherche à évaluer la DEAA pour les groupes de population les plus exposés, l'IRSN considère que dès lors qu'une exploitation sous influence d'un stockage fournit du lait à l'un des groupes de référence sélectionnés, il

convient de la prendre en compte. A cet égard, l'IRSN considère que l'eau d'abreuvement peut être une voie de contamination importante du lait. Par conséquent, **l'IRSN recommande qu'Orano Mining prenne en compte, dans la version révisée de sa note méthodologique, un critère traduisant l'existence d'exploitations agricoles dont la source d'alimentation en eau d'abreuvement subirait l'influence du stockage. En tout état de cause, dans l'application de sa méthodologie au calcul de la dose par ingestion de lait, il conviendra qu'Orano Mining s'appuie sur les résultats obtenus avec des limites de détection permettant la quantification des radionucléides d'intérêt dans le calcul de dose.**

## 6 CONCLUSION

L'IRSN considère que la démarche entreprise par Orano Mining pour homogénéiser les pratiques d'évaluation de la DEAA d'un stockage à un autre, au travers de l'application d'une même méthodologie, présente un intérêt certain. Cependant, en préalable à la mise en application généralisée de cette méthodologie, l'IRSN estime que des compléments et des éléments de validation doivent être apportés, notamment au travers d'applications à des cas concrets. Les points les plus importants concernent l'évaluation de l'exposition par inhalation de radon 222 et par ingestion de denrées alimentaires, ainsi que l'acquisition et l'exploitation des données de surveillance environnementale. L'IRSN engage Orano Mining à tenir compte des remarques formulées dans le présent avis et des recommandations rassemblées en Annexe 1.

A ce stade, l'IRSN n'a pas d'opposition de principe à ce que la déclinaison de la méthodologie d'évaluation de la DEAA s'accompagne des évolutions de la surveillance proposées par Orano Mining au titre du suivi de l'exposition externe aux rayonnements gamma pour les villages éloignés et du suivi de l'exposition par inhalation de poussières et de radon 220. L'IRSN convient qu'à terme, la mise en application de la méthodologie développée pourrait conduire à d'autres allègements des dispositions de surveillance, tels que ceux proposés par Orano Mining relatifs au suivi du radon dans l'air et de la contamination des eaux de surface. A cet égard, l'IRSN appelle l'attention sur le fait que la surveillance de ces vecteurs n'a pas pour seule vocation l'évaluation de l'impact sur les populations. Ainsi, l'arrêt de mesures de surveillance au titre de l'évaluation de l'impact à l'homme doit-il être soigneusement examiné au regard des autres objectifs de la surveillance, en particulier le suivi des dispositifs mis en place pour assurer le confinement des radionucléides stockés ainsi que l'évaluation de l'impact sur l'environnement. Il souligne enfin que les dispositifs d'évaluation des expositions du public sont aussi des outils au service de la transparence et de l'information des populations vivant à proximité des installations dont l'évolution mérite vraisemblablement un certain niveau de concertation.

Pour le Directeur général et par délégation  
Michel Baudry  
Adjoint au directeur de l'Environnement

## Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00062 du 23 avril 2020

### Annexe 1 : Recommandations de l'IRSN

#### Recommandation ayant trait à la révision de la note méthodologique d'Orano Mining

L'IRSN recommande que, dans la version révisée de sa note méthodologique, Orano Mining :

- intègre, pour la définition des groupes de référence en champ éloigné, l'identification des zones d'accumulation de la radioactivité et, si des usages y sont constatés, leur contrôle radiologique lors des campagnes annuelles de surveillance ;
- précise, s'agissant de la reprise de la surveillance des poussières du fait de travaux, que la surveillance est réactivée avant le démarrage des travaux et poursuivie après finalisation des travaux afin de vérifier l'absence d'impact durable de ceux-ci ;
- fonde la surveillance des réseaux de distribution d'eau potable, lorsque ceux-ci sont sous influence minière, sur ses propres mesures lorsque celles du contrôle des ARS est insuffisante, qualitativement ou quantitativement ;
- conditionne l'utilisation du forfait dose à la disponibilité de résultats de mesure contemporains aux évaluations et à des limites de détection permettant la quantification des radionucléides d'intérêt dans le calcul de dose ;
- prenne en compte un critère traduisant l'existence d'exploitations agricoles dont la source d'alimentation en eau d'abreuvement subirait l'influence du stockage. En tout état de cause, dans l'application de sa méthodologie au calcul de la dose par ingestion de lait, il conviendra qu'Orano Mining s'appuie sur les résultats obtenus avec des limites de détection permettant la quantification des radionucléides d'intérêt dans le calcul de dose.

#### Recommandations ayant trait aux premiers cas d'application de la méthodologie d'Orano Mining

L'IRSN recommande que, dans le cadre de la déclinaison de sa méthodologie, Orano Mining :

- mentionne spécifiquement que la nature des radionucléides pris en compte dans l'évaluation de la DEAA est définie au regard des résidus et autres déchets éventuels contenus dans les stockages ;
- retienne (i) une distance zone habitée - stockage estimée à partir de la maison d'habitation la plus proche du stockage, (ii) une position topographique de la zone habitée correspondant à la situation la plus défavorable observée dans la zone au regard de la dispersion du radon et (iii) une situation des zones habitées par rapport aux vents dominants estimée sur la base des vents réellement observés sur le site ;
- privilégie les résultats des mesures de concentration dans les eaux obtenues avec les meilleures techniques et les meilleures limites de détection disponibles ;
- recense systématiquement les lieux de travail et les lieux de vie saisonniers (campings, zones de loisirs...) sur et à proximité des stockages, évalue la DEAA pour les personnes y passant du temps selon un scénario ad hoc et justifie, le cas échéant, de ne pas les retenir comme groupe de référence ;
- vérifie la pertinence de la localisation des stations de mesure aujourd'hui en place pour apprécier le débit de dose maximal pour tous les scénarios impliquant une

exposition de personnes à proximité du stockage, et à défaut, propose l'implantation de nouvelles stations de mesures ;

- vérifie la pertinence de l'emplacement actuel des stations de mesure de l'EAPv du radon 222, sur le site et dans son environnement, pour chacun des stockages ;
- détaille son analyse des chroniques de mesure de l'EAPv du radon 222 et justifie chaque mise à l'écart d'un village ;
- analyse les spécificités influençant le transfert atmosphérique du radon pour chaque stockage et justifie, pour chacun la validité, de l'utilisation du logiciel retenu ;
- s'assure que les résultats de sa modélisation de la dispersion atmosphérique du radon prennent les épisodes de vents peu dispersifs ;
- justifie ses choix de valeurs de paramètres de modélisation au regard de ses objectifs, en particulier pour les paramètres sensibles ;
- tient compte, le cas échéant, des puits et sources privés situés en aval hydraulique d'un stockage utilisés pour l'alimentation en eau de consommation par des personnes de groupes de référence. Le référencement de ces sources et puits privés devra être actualisé à fréquence régulière et leur suivi porté au plan de surveillance.

### **Recommandations ayant trait aux bilans annuels de surveillance**

L'IRSN recommande qu'Orano Mining présente, dans son bilan annuel de surveillance, en complément du calcul de DEAA, la justification de la pertinence des groupes de référence qu'il retient et les mesures de surveillance exploratoires et/ou complémentaires qu'il envisage de mettre en œuvre en cas d'apparition de nouveau(x) groupe(s) de population potentiellement plus exposé(s) que les groupes de référence suivis.

L'IRSN recommande qu'Orano Mining intègre, dans ses plans de surveillance, le suivi annuel des usages de type potager en aval hydraulique des stockages.

## Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00062 du 23 avril 2020

### Annexe 2 : Classes d'âge, budgets-temps et rations alimentaires retenus pour les scénarios considérés et les classes d'âges

Orano Mining considère trois scénarios communs à l'ensemble des sites :

- scénario n°1 : un adulte (de plus de 60 ans) vivant dans un village sous influence du site et susceptible de se promener près du site ;
- scénario n°2 : un enfant de 2 ans à 7 ans vivant dans un village sous influence du site et susceptible de se promener près du site ;
- scénario n°3 : un adulte ne vivant pas sous influence du site mais passant 400h sur ou à proximité d'un site. Ce scénario correspond soit à des personnes travaillant sur les sites pour réaliser les travaux d'entretien soit à des personnes se promenant autour des sites.

Orano Mining retient également deux scénarios spécifiques à certains sites:

- scénario « campeur » : un adulte passant des vacances dans l'environnement proche du site de Saint Pierre du Cantal ;
- scénario « travailleur » : un adulte travaillant sur le site et vivant sous influence du site (comme par exemple pour le site du Bernardan).

	Classe d'âge	Temps annuel passé hors du site mais sous influence (h/an)		Temps annuel passé près du site ou sur le site (h/an)
		Intérieur	Jardin	
Scénario 1	Adulte > 60 ans	7300	1360	100
Scénario 2	Enfant 2-7 ans	6800	860	100
Scénario 3	Adulte 17-60 ans	0	0	400
Scénario Campeur	Adulte	0	0	720
Scénario Travailleur	Adulte	5400	860	2500

Consommation annuelle [kg]	Scénario 1 : Adultes > 60 ans	Scénario 2 : Enfant de 2 à 7 ans	Scénario « Travailleur » Adulte 17-60 ans	Scénario 3 et Campeur
Légumes feuilles	25	5	16	Consommation non prise en compte car n'habitant pas dans une zone sous influence du site
Légumes fruits	50	18	08	
Légumes racines	32	24	40	
Fruits	50	18	26	
Viande	17	9	13	
Produits laitiers	257	265	221	
Poisson	22	8	6	
Eau de consommation (L/an)	600*	365	600*	

\* cf. Annexe 4



## Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00062 du 23 avril 2020

### ***Annexe 3 : Critères permettant de classer les villages autour des stockages de résidus***

Les six critères retenus par Orano Mining pour sélectionner les villages de référence dans un rayon de 1 km autour d'un stockage de résidus sont les suivants :

- L'importance du terme source : l'exploitant attribue une note en fonction de la superficie au sol du stockage de résidus et de la masse de résidus stockés. Plus le stockage est étendu d'une part et plus la masse de résidus est importante d'autre part, plus la note est élevée ;
- La distance par rapport au stockage : l'exploitant attribue une note en fonction de la distance du village par rapport au stockage. Plus le village est proche du stockage, plus la note est élevée ;
- La position topographique du village : l'exploitant attribue une note en fonction de la situation topographique du village. Si le village est situé dans une configuration topographique susceptible de gêner la dispersion de la pollution (ex : fond de vallée), la note attribuée est élevée. Si, au contraire, le village est situé dans une configuration favorisant la dispersion de radon (ex : au sommet d'une colline), la note attribuée est faible ;
- La présence d'un relief entre le site et le village : l'exploitant attribue une note en fonction de la présence d'un relief entre le stockage et le village, constituant un écran et susceptible d'atténuer le débit de dose reçu au village. Dans le cas de la présence d'un relief, la note attribuée est faible. Dans le cas de l'absence d'obstacle, la note attribuée est maximale ;
- La position du village par rapport aux vents: l'exploitant attribue une note en fonction de la situation du village par rapport aux vents dominants du site. Dans le cas où le village est situé sous les vents dominants, la note attribuée est élevée. Dans le cas où le village n'est pas sous les vents dominants, la note attribuée est faible ;
- La localisation du village par rapport à la configuration hydraulique du site : l'exploitant attribue une note en fonction de la position du village par rapport à la configuration des cours d'eau et des nappes souterraines du site. Dans le cas où le village est situé en aval hydraulique, la note attribuée est élevée. Dans le cas où le village est situé en amont hydraulique, la note attribuée est faible.

## Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00062 du 23 avril 2020

### Annexe 4 : Remarques formelles sur certaines valeurs de paramètres mentionnées dans la méthodologie d'Orano Mining

#### Incorporation de radionucléides par inhalation

Le taux d'incorporation (en Bq/an) de chaque radionucléide dépend du débit respiratoire des individus. A cet égard, les débits respiratoires retenus par l'exploitant sont de 0,4 m<sup>3</sup>/h pour l'enfant de 2 à 7 ans, 0,8 m<sup>3</sup>/h pour l'adulte et 1,2 m<sup>3</sup>/h pour le travailleur. L'IRSN constate que le débit respiratoire retenu pour l'adulte est sensiblement plus faible que celui préconisé par la CIPR dans sa publication 71 soit 0,925 m<sup>3</sup>/h. Aussi, il conviendrait qu'Orano Mining justifie la valeur du débit respiratoire qu'il retient pour l'adulte.

#### Dose efficace engagée par unité d'incorporation (DPUI) pour les poussières inhalées

L'IRSN signale une erreur d'évaluation par Orano Mining de la DPUI pour les poussières inhalées. En effet, Orano Mining indique que :

« Actuellement, la DPUI [utilisée par Orano Mining] pour l'inhalation de poussières est de  $1,4 \cdot 10^{-2}$  mSv/Bq. La mesure effectuée à partir des dosimètres de site est l'activité alpha volumique totale dues aux émetteurs alpha à vie longue (EAVL, exprimée en Bq/m<sup>3</sup>) présents dans les poussières en suspension dans l'air. Par conséquent, les radioéléments retenus dans le calcul de la DEAA sont les émetteurs alpha issus de la chaîne de l'uranium : <sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U, <sup>230</sup>Th, <sup>226</sup>Ra et <sup>210</sup>Po.

En 2003, la mise en place du décret n°2003-462 a fixé comme limite la valeur de 1 mSv/an pour la dose efficace pour l'exposition de la population (5 mSv/an avant ce décret).

Avant 2003, la limite annuelle d'incorporation (LAI) était calculée à partir des 5 émetteurs alpha à vie longue de la chaîne de l'uranium, comme le montre le calcul suivant :

Exemple pour l'adulte (travailleur et pour de la poussière de minerai) :

Pour chaque radionucléide, il a été considéré la DPUI la plus contraignante en fonction du type de clairance pulmonaire.

		DPUI Adulte		Clairance pulmonaire
émetteurs alpha à vie longue	<sup>238</sup> U	$8,00 \cdot 10^{-06}$	Sv.Bq <sup>-1</sup>	S
	<sup>234</sup> U	$9,40 \cdot 10^{-06}$	Sv.Bq <sup>-1</sup>	S
	<sup>230</sup> Th	$4,30 \cdot 10^{-05}$	Sv.Bq <sup>-1</sup>	M
	<sup>226</sup> Ra	$9,50 \cdot 10^{-06}$	Sv.Bq <sup>-1</sup>	S
	<sup>210</sup> Po	$4,30 \cdot 10^{-06}$	Sv.Bq <sup>-1</sup>	S

somme des coefficients =  $7,42 \cdot 10^{-05}$  Sv.Bq<sup>-1</sup>  
soit :  $7,42 \cdot 10^{-02}$  mSv/Bq

Ainsi, avant 2003, pour un adulte, la LAI était de 70 Bq/an :

$$LAI = \frac{5 \text{ mSv/an}}{7,42 \cdot 10^{-2} \text{ mSv/Bq}} = 67 \text{ Bq/an} \quad \text{arrondi à } 70 \text{ Bq/an}$$

À partir de 2003, le risque est considéré comme identique (70 Bq/an) mais la dose engagée par l'inhalation des poussières doit tenir compte de la restriction de la limite réglementaire à 1 mSv/an. Pour tenir compte de la restriction de cette limite réglementaire, il a été appliqué le facteur de  $1,4 \cdot 10^{-2}$  mSv/Bq inhalé : pour 70 Bq inhalé, la dose engagée est de :

$$70 \times 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ mSv} = 0,98 \text{ mSv arrondi à } 1 \text{ mSv. »}$$

#### Commentaire de l'IRSN :

Dans ses calculs, Orano Mining utilise la valeur de la DPUI de  $1,4 \cdot 10^{-2}$  mSv/Bq. Orano Mining obtient cette valeur par un calcul réalisé en deux étapes (cf. ci-dessus) avec premièrement

l'obtention d'une DPUI dite agrégée et deuxièmement l'application d'un facteur. Si la première partie du calcul fondée sur l'addition des DPUI pour l'<sup>238</sup>U, l'<sup>234</sup>U, le <sup>230</sup>Th, le <sup>226</sup>Ra et le <sup>210</sup>Po (DPUI agrégée de  $7,42 \cdot 10^{-2}$  mSv/Bq en accord avec la CIPR 103) n'appelle pas d'observation de la part de l'IRSN dans la mesure où elle est enveloppe (choix de la forme la plus pénalisante pour la clairance pulmonaire, choix de l'addition des DPUI), la seconde partie du calcul aboutissant à  $1,4 \cdot 10^{-2}$  mSv/Bq (utilisée par la suite par l'exploitant pour son calcul de dose) est erronée. En effet, contrairement au raisonnement d'Orano Mining, la Limite Annuelle d'Incorporation (LAI) diminue avec la diminution d'un facteur 5 de la limite réglementaire annuelle (en conséquence de la définition même de la LAI). Par ailleurs, il est incorrect de dire que le risque est identique si l'incorporation (70 Bq/an) est identique : ce sont des considérations sur le risque à exposition égale qui ont, entre autres, conduit à diminuer les limites recommandées par la CIPR dans sa publication 60. **Aussi, l'IRSN considère qu'Orano Mining devrait retenir la DPUI de  $7,42 \cdot 10^{-2}$  mSv/Bq pour les poussières inhalées.**

### Taux annuel de consommation d'eau

Orano Mining considère un volume annuel de 600 L pour la consommation d'eau d'un adulte (cf. Annexe 2), en précisant s'appuyer sur les préconisations de l'arrêté du 12 mai 2004 fixant les modalités de contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation pour calculer l'exposition du public par ingestion d'eau. L'IRSN note que cet arrêté retient une consommation de 730 L d'eau par an pour un adulte. **Aussi, il conviendrait qu'Orano Mining justifie de ne pas prendre en compte la valeur de 730 L d'eau pour la consommation annuelle d'eau d'un adulte, définie dans l'arrêté du 12 mai 2004.**

## Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00062 du 23 avril 2020

### Annexe 5 : Estimation de la source d'émission du radon - cas du stockage de Lavaugrasse

Dans l'étude réalisée par Orano Mining relative à la mesure des flux d'exhalation surfacique du radon sur le site de Lavaugrasse, l'IRSN constate que la partie nord-est du stockage n'a pas été incluse dans la campagne de mesures (cf. Figure 1) et par conséquent que cette zone n'est pas prise en compte comme source d'émission pour la modélisation de la dispersion atmosphérique. Orano Mining explique cette exclusion « du fait que cette partie du stockage est localisée, d'une part dans la zone d'accès contrôlée du SIB<sup>4</sup> et d'autre part, à l'emplacement de la future unité de stockage de Lavaugrasse (USL) (autorisation de stockage des boues issues du traitement des eaux - construction prévue courant 2019 [cf. Figure 2]) ».



Figure 1 : Partie non instrumentée et stations de mesure du stockage de Lavaugrasse



Figure 2 : Plan de masse de l'installation Unité de Stockage de Lavaugrasse (USL)

L'IRSN considère que, même durant l'exploitation de l'USL, les résidus toujours présents sur cette partie exclue, qui représente environ 20% de la superficie totale du stockage de Lavaugrasse, généreront du radon. Celui-ci contribuera à la concentration en radon dans l'air sur le site, comme en témoignent les valeurs mesurées en particulier par la station de mesure de l'EAPv n°68 située sur cette zone. Ainsi, dans le cas du stockage de Lavaugrasse, l'IRSN estime que, pour ne pas sous-estimer la concentration en radon modélisée dans l'air, la partie nord-est de ce stockage doit être considérée comme une source d'émission au même titre que la partie restante, en tenant compte de la surface d'implantation de l'USL. **Plus généralement, l'IRSN considère que, pour chaque stockage, l'ensemble des surfaces du site doivent être prises en compte dans l'estimation de la source d'émission du radon.**

<sup>4</sup> Site Industriel de Bessines (comprend les stockages de Lavaugrasse et du Brugeaud)