

## 9 ÉVALUATION DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX

### 9.1 Introduction

Comme discuté à la section 5.2, la méthodologie d'évaluation comprenait l'identification des pré-requis nécessaires au permis du projet, l'applicabilité de la LCÉE, la portée du projet, et la portée de l'évaluation. La description du site et des effets environnementaux existants causés par de l'exploitation ont été décrits à la section 6. De plus, une évaluation des effets environnementaux résultant de l'exploitations a été réalisée, en prenant en compte les critères de la LCÉE, pour déterminer leur caractère dommageable et leur importance.

L'effet environnemental présent et futur le plus notable résultant de l'exploitation est lié aux rejets d'effluents dans le lac Island. Par conséquent, la section 6 a aussi inclu une évaluation des risques post exploitation pour le lac Island. Cette évaluation fournit des valeurs de référence qui serviront de base pour l'évaluation de la réhabilitation après le déclassement.

La section 7 décrit les objectifs du déclassement qui sont utilisés pour évaluer différentes options de déclassement et pour estimer les effets des objectifs de l'option préférée de déclassement.

La section 9 identifie et évalue les effets environnementaux potentiels du projet de déclassement, tels que décrits à la section 8, pour chaque composante environnementale y compris la qualité de l'air, l'hydrologie de surface, la qualité des eaux de surface et souterraines, et la qualité des sédiments. Les impacts potentiels de ces effets environnementaux sur le biote aquatique et terrestre, ainsi que sur la santé humaine et l'utilisation des terres, sont également décrits dans cette section. Là où des impacts potentiels sont identifiés, des mesures permettant de les minimiser ou les éliminer sont proposées, et tous les effets résiduels restants sont documentés.

La détermination de l'importance de tout effet négatif résiduel a été basée sur le guide référence de la LCÉE intitulé *Déterminer si un projet est susceptible ou non d'entraîner des effets environnementaux négatifs significatifs (2003)*. Le guide de référence recommande une approche basée sur les trois étapes suivantes :

- Étape 1 : Déterminer si les effets environnementaux sont négatifs ;
- Étape 2 : Déterminer si les effets environnementaux négatifs sont importants ; et
- Étape 3 : Déterminer si les effets environnementaux négatifs importants sont probables.

Aucun ouvrage physique n'est proposé pour restaurer le lac Island. Les activités de déclassement pour le lac Island sont limitées à un rejet d'effluents réduit au cours de la phase initiale du déclassement suivi d'un arrêt complet des rejets d'effluents, sans aucune autre activité de déclassement. De ce fait, la détermination du caractère "négatif" des effets sera basée sur ces activités seulement.

L'importance de tout effet nocif a été déterminée sur la base des critères de la LCÉE (LCÉE 2003), c'est à dire l'ampleur (sévérité), l'étendue géographique (localisation), et la durée ou fréquence de l'effet. La détermination finale prend en compte la vraisemblance de l'occurrence de l'effet, basée sur sa probabilité d'occurrence et/ou le niveau d'incertitude scientifique de l'évaluation.

De plus, les effets de l'environnement sur le projet, en termes de changement climatique global à long terme, des variations de précipitations associées et des événements sismiques, sont présentés ainsi que les effets du projet sur l'utilisation durable des ressources renouvelables (section 9.2.9).

La section 9.4 discute les effets cumulatifs qui prennent en compte les effets à long terme résultant de la combinaison des effets environnementaux antérieurs au déclassement (c.-à-d. exploration et exploitation) et ceux résultant du projet de déclassement.

Les grands tableaux et les figures référencés dans cette section ont été mis en annexe à la fin de la section 9.

## 9.2 Évaluation des effets du projet sur l'environnement

Les objectifs des activités de déclassement qui doivent être réalisées à Cluff Lake sont destinés à assurer que :

- L'environnement est sûr pour une utilisation humaine ainsi que par le biote non-humain;
- Les effets négatifs à long terme sont minimisés ;
- Toutes les structures construites sont enlevées ou stabilisées ;
- Les reliefs restaurés sont auto-entretenus ; et
- Les restrictions sur l'utilisation future des terres sont minimisées.

Cela implique généralement la minimisation, le contrôle et l'enlèvement des sources de contaminants de façon à réduire les effets environnementaux actuels et futurs résultant des opérations passées. Cela entraîne généralement une réduction, soit immédiate, soit relativement lente dans le temps, des effets environnementaux relatifs à la phase opérationnelle.

Ce concept s'applique à l'ensemble du site de Cluff Lake, à l'exception de la zone minière où le pompage des carrières et des mines souterraines a entraîné le confinement hydrodynamique des contaminants au cours de la période d'exploitation, et les impacts à long terme résultant des verses à stériles n'ont pas encore été observés. On anticipe quelques mouvements de contaminants via le système de circulation des eaux souterraines et dans les plans d'eau de surface lorsque le déclassement sera réalisé et que les surfaces phréatiques seront revenues à leur niveau naturel. Les effets résiduels et leur importance sont résumés dans le Tableau 9.1 et commentés ci-dessous.

### 9.2.1 Effets du projet sur la qualité de l'air

La qualité de l'air avant et durant l'exploitation a été commentée à la section 6. Comme indiqué, les augmentations les plus importantes des taux de PST et de radionucléides provenaient généralement de l'usine et de l'AGR. Le déclasserment inclura le recouvrement ou l'enlèvement des sources principales de poussières radiologiques (par ex. la démolition de l'usine, l'enlèvement ou la couverture des verses à stériles, et la couverture de l'aire de gestion des résidus avec du till), et la revégétalisation des terrains perturbés. Ces activités de déclasserment réduiront ou élimineront les émissions futures de poussières radioactives et les concentrations correspondantes en uranium et autres radionucléides.

Des rejets de poussières radiologiques et non-radiologiques pourront se produire au cours de la période des travaux. Par exemple, la démolition de l'usine risque d'augmenter à court terme les rejets de poussières au moment du démantèlement des composants de l'usine. Des mesures de suppression des poussières sont facilement disponibles pour minimiser ces rejets. Les programmes proposés de protection environnementale et de radioprotection pour la phase de démolition seront revus et approuvés par la CCSN dans le cadre du processus d'approbation du déclasserment, et ils assureront la protection des travailleurs et de l'environnement au cours de ces activités.

Des poussières non-contaminées proviendront des routes lors du transport des matériaux dans le cadre des activités du déclasserment. Des exemples de ces types d'activités incluent le transport du till pour recouvrir l'AGR et la verse à stériles Claude, le transport des stériles DJN pour remblayer la fosse Claude, et le remodelage de la verse à stériles Claude au bulldozer. Ces travaux seront réalisés en une série de projets séparés étalés sur une période d'environ deux ans. Les poussières créées ne contiendront pas de niveaux élevés de métaux lourds ou de radionucléides. Les mesures habituelles de suppression des poussières par l'arrosage des routes réduiront les niveaux des nuisances causées par la poussière.

Le recouvrement des résidus et des bassins de sédimentation de l'AGR aidera à ramener les émissions de radon et de filiation du radon à des niveaux similaires aux niveaux de référence. Le plan détaillé final et les programmes de protection de l'environnement et de radioprotection seront revus afin de s'assurer que des dispositions adéquates sont en place pour maintenir ces émissions à des niveaux ALARA.

#### **Importance des effets résiduels**

La démolition de l'usine et l'enfouissement final des produits de démolition contaminés en les enterrant soit dans la fosse Claude soit dans le bassin à liquides élimineront tout impact atmosphérique résiduel. Les couvertures en till revégétalisées de l'AGR, de la verse à stériles et de la fosse Claude remblayée, ainsi que la revégétalisation globale du site minimiseront également les émissions dans l'air de poussières, de radon et de filiation du radon.

Aucun effet résiduel sur la qualité de l'air en raison des activités de déclasserment du projet Cluff Lake n'est anticipé.

## 9.2.2 Effets du projet sur l'hydrologie de surface

Comme indiqué précédemment à la section 6.2.9., un programme de surveillance hydrologique a été établi afin d'obtenir des mesures du débit en continu à long terme pour les bassins versants des lacs Island et Cluff. De plus, des mesures de débit instantanées sont faites à deux autres points du bassin versant du ruisseau Island et à trois autres points du bassin versant du ruisseau Cluff. Des courbes de jaugeage ont été établies pour toutes les stations de surveillance.

### Bassin versant du lac Island

L'hydrologie du bassin versant du lac Island a déjà été négativement affectée par les opérations. Ces impacts ont été présentés en détail à la section 6. La section qui suit décrit les effets environnementaux issus du déclassement du site, à savoir la continuation des rejets d'effluents au cours de la phase initiale du déclassement suivie de l'arrêt complet des rejets d'effluents et la dérivation des eaux de ruissellement de surface de l'AGR vers le lac Snake.

Comme indiqué à la section 8, le déclassement de l'AGR inclura l'installation d'une couverture en terre au-dessus des résidus. La couverture en terre sera revégétalisée avec une couche dense d'herbes graminées et légumineuses. Les fossés de diversion Nord et Sud sont déjà en place pour assurer qu'en cas de très fortes précipitations dans le futur, les eaux passeront autour de l'AGR et n'endommageront pas la couverture par érosion. Les eaux de ruissellement de la zone de l'AGR, qui ont été collectées et traitées à la STS au cours de la période opérationnelle, seront déviées dans le lac Snake une fois que la qualité acceptable de l'eau aura été confirmée. Ceci est similaire aux conditions préalables à l'exploitation et n'aura pas d'impact substantiel sur le débit du ruisseau Island.

La modification principale en ce qui concerne les débits sera liée à la station de traitement des eaux. Au cours de la période opérationnelle, tous les rejets issus de l'usine ainsi que toutes les eaux de pompage des mines ont été dirigés vers l'AGR afin d'être traités. Bien que les volumes traités étaient très variables durant la période opérationnelle en raison du calendrier de l'usine et des besoins en pompage de la zone minière, les rejets d'effluents traités dans le ruisseau Snake immédiatement en aval du lac Snake ont augmenté d'environ un tiers le débit naturel à la sortie du lac Island comme indiqué au Tableau 9.2.

Les débits des effluents traités diminueront au cours de la période du déclassement lorsque les besoins en traitement d'eaux contaminées diminueront et finiront éventuellement par s'arrêter. Les estimations des volumes futurs sont contenues dans le Tableau 9.3.

Au cours des deux hivers derniers, le système de traitement des eaux de l'AGR n'a pas été utilisé en raison du faible niveau des eaux dans le bassin à liquides. Par la suite, une mortalité accrue de poissons a été observée dans le lac Island aux printemps 2002 et 2003 en l'absence de tout rejet d'effluents. La mortalité accrue de poissons pendant l'hiver est un fait naturel dans les lacs du Nord de la Saskatchewan présentant des morphométries et limnologies similaires à celles du lac Island. Au printemps 2003, plusieurs lacs du Nord ont enregistré une mortalité accrue de poissons en raison du gel précoce des lacs à

la fin de 2002. On pense que la mortalité accrue de poissons, observée en 2002 et 2003 dans le lac Island, a été aggravée par l'absence de rejet d'effluents oxygénés au cours des mois d'hiver.

Le retour à un régime de débit naturel résultera en des niveaux d'oxygène dissous plus bas en hiver dans le lac Island qui pourraient conduire à de nouvelles mortalités des populations de poissons pendant l'hiver. On estime que la population de poissons retournera aux conditions préalables à l'exploitation très prochainement, au cours de la phase suivant le déclassement lorsque les débits d'effluents traités reviendront à zéro (c. à d., d'ici à 2009, voir Tableau 9.3).

Il est également possible que le niveau des eaux du lac Island change lorsque le système retournera à ses niveaux de débit naturels. Toutefois, on pense que le niveau d'eau du lac Island est principalement contrôlé par les eaux souterraines et donc le retour aux niveaux de débit naturels ne devrait pas vraiment altérer les niveaux d'eau du lac. Ceci est important car une diminution du niveau d'eau pourrait aboutir à l'exposition et l'oxydation des contaminants accumulés dans les sédiments au cours de la période opérationnelle, entraînant la remobilisation des contaminants dans la colonne d'eau. Le problème des niveaux d'eau dans le lac Island et de leur influence sur la remobilisation potentielle des contaminants dans les sédiments exposés est une composante importante du programme de suivi décrit à la section 10.

### **Effets résiduels et importance**

Les impacts actuellement observés sur les populations de poissons en raison des réajustements des niveaux d'oxygène dissous dus à la diminution des débits d'effluents traités sont estimés comme étant un retour naturel aux conditions préalables à l'exploitation. Le déclassement ne devrait pas entraîner de changements substantiels des niveaux d'eau; par conséquent, aucun effet résiduel n'est attendu.

### **Bassin versant du lac Cluff**

Le déclassement de la zone minière et le retour aux niveaux naturels des eaux souterraines sur cette zone ne devrait pas avoir d'impact significatif sur le régime hydrologique du bassin versant du lac Cluff. Les eaux prélevées dans le lac Cluff pour le fonctionnement de l'usine au cours de l'exploitation ne seront plus nécessaires ; toutefois, au cours des deux premières années on continuera à prélever des eaux du lac Cluff à des volumes similaires, afin de noyer la fosse DJX. Ce débit de prélèvement d'eau représente moins de 1% du débit moyen passant par le lac Cluff et reste dans la fourchette des variations naturelles de débits. Une fois que le noyage de la fosse DJX sera terminé, les débits retourneront aux conditions préalables à l'exploitation.

### **Effets résiduels et importance**

Aucun effet résiduel n'est attendu.

### 9.2.3 Effets du projet sur la qualité des eaux souterraines

L'importance des effets négatifs du projet sur la qualité des eaux souterraines est évaluée en relation avec les objectifs de qualité. Les effets de toute contamination des eaux souterraines seraient considérés comme significatifs si les concentrations excédaient les recommandations pour eau potable et s'il était raisonnablement possible que les eaux souterraines soient utilisées comme source d'eau potable. Deuxièmement, les effets sur les eaux souterraines seraient considérés comme significatifs si des concentrations résultant en un dépassement des objectifs de qualité des eaux pour la protection du biote s'infiltraient dans les eaux de surface.

#### Effets du déclassé de l'AGR sur les eaux souterraines

À l'heure actuelle, comme présenté dans la section 6.2.8, la surveillance des eaux souterraines en aval du barrage principal indique la présence d'un panache s'étendant jusqu'au lac Snake. Les concentrations les plus élevées sont liées aux éléments les plus abondants (soit naturellement soit présents dans les résidus et dans le précipité de traitement des eaux) tels que le fer et/ou aux contaminants très mobiles tels que le sulfate et le chlorure. Les changements pour les métaux traces sont généralement marginaux en raison de leur faible présence et/ou de leur faible mobilité.

Sur le site on trouve des exemples d'une chimie des eaux de l'AGR aussi bien oxydante que réductrice. Ces exemples fournissent des données empiriques qui donnent une fourchette des concentrations potentielles à long terme entre le bassin à liquides et le lac Snake (COGEMA 2000b, Annexe B). Cette gamme des états d'oxydoréduction du système des eaux souterraines et les caractéristiques chimiques associées sont résumées ci-dessous.

Des conditions réductrices persistantes produiront des eaux de source ayant des caractéristiques chimiques similaires à celles mesurées dans le piézomètre 98-11B, et comprenant :

- Des concentrations en baryum et en Ra-226 prévisibles à partir de la solubilité de la barytine dans les eaux à faible concentration en sulfate;
- De l'uranium immobilisé à l'état d'uranite; et,
- De faibles concentrations en fer et sulfate en raison d'une précipitation en quantité du FeS(ppt), éventuellement recristallisés en pyrite (FeS<sub>2</sub>).

Dans des conditions oxydantes persistantes, la chimie est typique de celle du piézomètre 98-6A:

- Des concentrations en Ra-226 et baryum prévisibles en raison de la solubilité de la barytine dans une solution saturée de gypse;
- L'uranium sera mobile comme U(6); et
- Le transport du sulfate sera seulement atténué par la dilution avec les eaux souterraines ambiantes.

Dans des conditions modérément réductrices, les caractéristiques chimiques sont typiques de celles du piézomètre 98-6B, comprenant:

- Des concentrations élevées de fer;
- Des concentrations en Ra-226 et baryum prévisibles en raison de la solubilité de la barytine dans une solution saturée de gypse;
- L'uranium sera immobilisé à l'état d'uranite; et
- Le sulfate sera stable, et son transport sera atténué seulement par la dilution avec les eaux souterraines ambiantes.

Le développement des conditions réductrices dans les eaux souterraines a été observé et il est prédit que ces conditions persisteront. Les espèces subissant des réactions d'oxydoréductions sont moins complexes à évaluer que le Ra-226 mais la modélisation de leur transport est plus compliquée. À mesure que l'oxygène s'épuise dans le système des eaux souterraines, les espèces sujettes à oxydoréduction commencent à gagner des électrons, passant de leur état de valence oxydé à un état de valence réduit. Certaines espèces peuvent subir plusieurs réductions. Dans les résidus de Cluff Lake, la principale espèce problématique sujette à oxydoréduction est l'uranium. D'autres espèces sujettes à oxydoréduction, telles que l'arsenic et le molybdène, sont présentes avec seulement de faibles concentrations et sont considérées comme des constituants trace. L'uranium se transforme de son état de valence très soluble (VI) à l'état de valence très insoluble (IV) à des potentiels redox légèrement oxydants: environ +100 mV, en fonction de la chimie exacte du système des eaux souterraines. Une légère diminution de l'oxygène entraîne une atténuation complète de l'uranium (c. à d. l'immobilisation en uranite). Lorsque des conditions réductrices plus sévères se développent, le fer présent dans l'environnement est affecté. La réduction produit du fer soluble (II) à partir de la roche hématique extrêmement insoluble (FeIII), entraînant l'augmentation drastique des concentrations de fer dissous. À mesure que l'oxygène s'épuise davantage, le sulfure subit une réduction, du S(6) comme sulfate au S(2), sulfite. À ce niveau, la précipitation de fer et de sulfure est significative, enlevant complètement les deux espèces de la solution sous forme de FeS amorphe, recristallisant en pyrite.

En plus de la goethite (FeOOH) présente dans les eaux souterraines, les oxydes et oxyhydroxydes de fer amorphes sont des constituants minéraux courants dans la masse des résidus.

Le Tableau 9.4 résume les prédictions de la modélisation du transport des contaminants dissous dans les environs de l'AGR en utilisant l'option préférée du déclassement, en se basant sur une infiltration de 41 mm. Il faut noter que les pics de concentrations dans les eaux souterraines sont les pics de concentrations à l'entrée du lac Snake. Les concentrations les plus élevées dans les eaux souterraines dans la zone de l'AGR seront celles immédiatement adjacentes au barrage principal et devraient être similaires aux concentrations d'exposition rapportées à la section 6.2.8. Les concentrations diminueront en s'éloignant du barrage lorsque les mécanismes naturels d'atténuation, de dilution et de désintégration radioactive réduisent les concentrations.

**Tableau 9.4**  
**Résumé des prédictions de transport des contaminants**

Contaminants dissous	SSWQO pour irrigation	SDWQSO	SSWQO Faune aquatique	Pic de concentration à la sortie du lac Snake	Pic de concentration des eaux souterraines
Radium 226 (Bq/L)	nd	0.1	0.11	0.039	0.098
Arsenic (mg/L)	0.1	0.025	0.05	0.002	0.005
Chlorure (mg/L)	100	250	nd	82	206
Nickel (mg/L)	0.2	nd	0.025	0.005	0.012
Uranium (mg/L)	0.01	0.02	nd	0.002	0.005

SDWQSO = Normes et objectifs de qualité des eaux potables de la Saskatchewan  
 SSWQO = Objectif de qualité des eaux d'irrigation de surface de la Saskatchewan  
 = Ojbejctif de qualité des eaux pour la faune aquatique de la Saskatchewan

Les prédictions de pics de concentrations dans les eaux souterraines rapportant au lac Snake ont été comparés aux objectifs SSWQO pour l'irrigation et aux objectifs SDWQSO. Comme indiqué au Tableau 9.4, à l'exception du chlorure, les pics de concentrations prédits sont inférieurs aux objectifs et normes. De plus, les prédictions de pics de concentrations dans les eaux du lac Snake résultant des influx d'eaux souterraines sont en deçà des SDWQSO et des SSWQO pour l'irrigation et la protection de la faune aquatique.

Les concentrations d'exposition notées à la section 6.2.8 indiquent des concentrations en sodium, chlorure, fer, molybdène et Ra226 qui pourraient présenter un risque en cas d'utilisation pour l'irrigation ou comme eau potable.

### **Effets résiduels et importance**

Il est prédit que la qualité des eaux souterraines sera négativement affectée en raison de la continuation des apports de lixiviats issus de l'AGR. La modification chimique prédite des eaux souterraines entrant dans le lac Snake ne posera pas de risques inacceptables sur le biote ou la santé humaine puisque les concentrations prédites sont bien inférieures à celles des objectifs de qualité des eaux de surface. Toutefois, les eaux souterraines à proximité du barrage principal devraient continuer à être inadéquates pour la consommation humaine et l'irrigation.

Comme précédemment noté à la section 6, l'installation de puits pour l'eau potable, pour l'irrigation ou l'abreuvement des animaux est improbable en raison de l'abondance d'eaux de surface dans la zone locale d'étude et l'isolation relative du site. Les contrôles institutionnels nécessaires au contrôle du développement de l'AGR devront inclure des dispositions pour prévenir l'utilisation inadéquate des eaux souterraines contaminées dans les zones affectées. Cela atténuera davantage les risques pour les humains et le biote non-humain résultant de l'utilisation involontaire d'eaux souterraines contaminées pour la consommation ou l'irrigation.



Le panache dans les eaux souterraines de l'AGR a une étendue géographique limitée en raison de la proximité du barrage principal au lac Snake.

En raison de l'étendue limitée de la zone, de la faible probabilité d'utilisation par inadvertance des eaux souterraines contaminées, et de l'application de contrôles institutionnels pour atténuer davantage cette possibilité, les effets de l'AGR sur les eaux souterraines sont considérés comme négatifs mais pas significatifs. En résumé, la dégradation de la qualité des eaux souterraines est déterminée comme n'étant pas importante puisqu'elle ne limite pas l'utilisation actuelle et future des eaux souterraines et de surface de la région.

### **Effets du déclassement de la zone minière sur les eaux souterraines**

En raison du déclassement, le confinement hydraulique des fosses et des mines souterraines cessera. Cela entraînera des changements négatifs sur la qualité des eaux souterraines qui n'existaient pas durant l'exploitation. De plus, les matériaux de remblai de la fosse Claude et la verse à stériles adjacente continueront d'être d'importantes sources de contamination des eaux souterraines dans le futur proche.

Une modélisation pour estimer la qualité des eaux à long terme à l'issue du déclassement des zones Claude et DJN/DJX a été réalisée. COGEMA (2000c) prédit l'infiltration dans la verse à stériles Claude après l'installation de la couverture (Annexe D), calcule le terme source de toutes les mines et verses à stériles contributives (Annexe B), sur la base de tests de caractérisation des stériles (Annexe A), et modélise les concentrations et les flux vers les récepteurs de surface (Annexe C).

Suite à la modification du plan de déclassement pour remblayer entièrement la fosse Claude, la modélisation a été actualisée dans COGEMA 2001 (Annexe A) et cette soumission propose une comparaison basée sur la modélisation entre les options de noyage et de remblayage de DJX. En réponse à des questions supplémentaires concernant les options pour DJX, un rapport supplémentaire sur ce point a été publié (COGEMA, 2002a). Dans le cadre de ce rapport une revue systématique des termes source et des hypothèses de circulation des eaux a été réalisée et la qualité prédite des eaux a été recalculée. Tous les scénarios de déclassement prédisent des changements négatifs sur la qualité des eaux souterraines, toutefois, leur importance et leur étendue spatiale sur la zone varient selon les modèles.

L'approche de déclassement préférée, quoique réduisant le taux de contamination des eaux souterraines, ne l'éliminera pas. Une migration supplémentaire du panache de contaminants vers les eaux de surface réceptrices se produira. Sur la base d'une modélisation des trajets de particules en régime permanent (COGEMA, 2002a), la contamination des eaux souterraines devrait s'étendre principalement au sud et à l'est de la verse à stériles Claude, vers la rivière Peter, et de la verse à stériles et de la fosse Claude en direction du nord et de l'est vers le lac Claude et le ruisseau Claude. Un panache supplémentaire devrait également s'étendre de la fosse DJX jusqu'au lac Cluff. Les mines souterraines entraîneront également une certaine contamination des eaux souterraines, mais son effet sera d'une importance limitée et elle se produira à grande profondeur là où la faible conductivité hydraulique limite la circulation des eaux souterraines.

Comme présenté à la section 6.2.8, il existe des concentrations élevées en ions majeurs, métaux trace et principaux radionucléides dans les piezomètres proches de la verse à stériles Claude. Ces concentrations rendent cette eau inadéquate pour la consommation humaine, l'irrigation et l'abreuvement du bétail sans traitement préalable. La modélisation n'a pas prédit les concentrations à long terme dans les eaux souterraines en divers points à l'aval des sources principales de contaminants, toutefois, on peut s'attendre à ce que les concentrations dans les eaux souterraines le long de l'écoulement varient entre les pics de concentrations modélisés aux récepteurs d'eaux de surface à l'aval et les concentrations actuelles dans les piezomètres situés dans le périmètre de la verse à stérile Claude.

Ainsi le panache existant dans les eaux souterraines proches de la verse Claude, qui est d'étendue limitée, pourra s'étendre pour couvrir une zone d'environ 2,5 kilomètres carrés à des profondeurs variables principalement au sein des terrains de recouvrement et du socle fracturé là où les conductivités hydrauliques sont les plus élevées.

### **Effets résiduels et importance**

Comme indiqué, les eaux souterraines dont la contamination atteint des niveaux similaires à ceux rencontrés sur le périmètre de la verse à stériles Claude seront inadéquates pour la consommation humaine, l'irrigation ou l'abreuvement du bétail. Les effets directs des émergences d'eau souterraine sur la qualité des eaux de surface et des sédiments, et leur impact sur le biote et la santé humaine, sont présentés dans le reste de cette section.

Cette région est très peu peuplée et on s'attend à ce qu'elle le reste dans le futur proche. Sur la base des utilisations traditionnelles des terres et de l'abondance d'eaux de surface dans cette zone, on peut raisonnablement supposer que tous les besoins en eau seront assurés par les plans d'eau de surface. Par conséquent, la dégradation de la qualité des eaux n'aura pas d'effet négatif sur l'utilisation actuelle et potentielle des eaux souterraines. Pour atténuer davantage les effets négatifs potentiels, des mesures de contrôle institutionnelles pour prévenir l'utilisation des eaux souterraines comme eau potable ou d'irrigation pourraient être mises en place.

Sur cette base, les effets du projet sur les eaux souterraines dans les zones minières sont négatifs mais ne sont pas considérés comme importants.

## **9.2.4 Effets du projet sur la qualité des eaux de surface**

Les effets sur la qualité des eaux de surface seraient considérés significatifs s'ils résultaient en des concentrations qui pourraient affecter négativement la survie et la reproduction de la faune aquatique et terrestre à un tel point que le rétablissement des populations serait peu probable pour plusieurs générations. La dégradation de la qualité des eaux de surface serait également considérée significative si les concentrations posaient des risques pour la santé humaine. L'évaluation des risques sur la santé humaine est présentée en section 9.2.7.1.

## Effets des infiltrations de l'AGR sur la qualité des eaux du lac Snake

Les points suivants résument les constatations résultant de la modélisation tridimensionnelle du transport de contaminants dissous qui a été utilisée pour prédire les impacts en aval dus au déclassement de l'AGR.

- L'option préférée de déclassement résulterait en un pic moyen à long terme de la concentration en Ra-226 à la sortie du lac Snake de 0,039 Bq/L, si l'on considère une infiltration de 41 mm en utilisant l'année 1994 comme année moyenne. La concentration à long terme des eaux souterraines entrant dans le lac Snake est prédite à 0,098 Bq/L.
- L'option préférée de déclassement résulterait en un pic moyen à long terme de la concentration de Ra-226 à la sortie du lac Snake de 0,058 Bq/L, si l'on considère une infiltration de 62 mm en utilisant les données climatiques des 18 dernières années. La concentration à long terme des eaux souterraines entrant dans le lac Snake est prédite à 0,144 Bq/L.
- Il a été établi que la capacité d'absorption des sédiments du lac Snake n'a qu'une influence négligeable sur les pics de concentrations en Ra-226 dans le lac Snake. Le fait de ne pas prendre en considération les sédiments résulterait en une légère augmentation de la concentration dans le lac Snake à 0,039 Bq/L. Une augmentation substantielle (facteur de 8) du coefficient de distribution des sédiments résulteraient en une moyenne à long terme de la concentration dans le lac Snake de 0,037 Bq/L. La concentration à long terme des eaux souterraines entrant dans le lac Snake est prédite à 0,098 Bq/L et 0,093 Bq/L pour chaque scénario.
- Il a été établi que le terme source du bassin à liquides n'a qu'une influence négligeable sur les pics de concentrations en Ra-226. Une multiplication par deux du terme source à 0,4 Bq/L a entraîné une augmentation légère de la concentration dans le lac Snake à 0,039 Bq/L. La réduction à zéro du terme source du bassin à liquides produirait une concentration moyenne à long terme dans le lac Snake de 0,037 Bq/L. Les concentrations à long terme des eaux souterraines entrant dans le lac Snake sont prédites respectivement à 0,098 Bq/L et 0,093 Bq/L. Le fait que la qualité des eaux du lac Snake ne soit pas sensible au terme source du bassin à liquides indique que la majorité des apports seront issus des résidus solides.
- Il a été établi que la concentration dans le lac Snake est très sensible aux coefficients de distribution au sein des terrains de recouvrement. La diminution des coefficients de distribution par un facteur de deux a augmenté la concentration moyenne à long terme de Ra-226 dans le lac Snake à 0,055 Bq/L avec la concentration à long terme dans les eaux souterraines entrant dans le lac Snake prédite à 0,137 Bq/L. Les valeurs de coefficients de distribution utilisés dans l'analyse initiale (le till très absorbant n'étant pas pris en compte) étaient parmi les valeurs faibles auxquelles on pouvait s'attendre pour le matériel de recouvrement de Cluff Lake, de ce fait les calculs de flux ont fourni des résultats supérieurs à ceux auxquels on pourrait s'attendre. Si l'on considère que le till extrêmement absorbant occupe la moitié inférieure du terrain de recouvrement, les concentrations à long terme en Ra-226 du lac Snake diminueraient jusqu'à 0,018 Bq/L avec une concentration moyenne des eaux souterraines à 0,045 Bq/L.
- Il a été établi que la concentration du lac Snake était bien moins sensible aux coefficients de distribution des roches du socle. La diminution des coefficients de distribution a augmenté la concentration moyenne à long terme en Ra-226 dans le lac Snake à 0,042 Bq/L. La concentration à

long terme en Ra-226 des eaux souterraines entrant dans le lac Snake a été prédite à 0,104 Bq/L. Encore une fois, les valeurs des coefficients de distribution utilisées dans l'analyse initiale étaient parmi les valeurs faibles attendues, de ce fait les calculs de flux ont fourni des résultats supérieurs à ceux auxquels on pouvait s'attendre.

- Il a été établi que les cas extrêmes d'infiltration de l'AGR influencent les concentrations du lac Snake. Une simulation sur 10 ans du transport de contaminants dissous en utilisant l'infiltration correspondant aux précipitations d'une année fortement pluvieuse (maximum sur une période de 10 ans) a résulté en un pic de concentration moyenne à long terme en Ra-226 dans le lac Snake de 0,023 Bq/L. L'infiltration en climat sec constant sur 10 ans a résulté en un pic de concentration à long terme du Ra-226 dans le lac Snake de 0,081 Bq/L. La concentration à long terme des eaux souterraines entrant dans le lac Snake est respectivement prédite à 0,091 Bq/L et 0,095 Bq/L. Ces cas d'infiltration sont anticipés comme étant extrêmes; de ce fait ces concentrations représenteraient des conditions peu probables.
- L'accumulation future de sédiments dans le lac Snake n'a pas été prise en compte dans le programme de modélisation prédictive. Les sédiments supplémentaires fourniraient une capacité adsorbante additionnelle ce qui réduirait les flux à long terme. Ce bénéfice n'a pas été inclus dans l'analyse.

Le Tableau 9.4, présenté à la section 9.2.3, résume les prédictions issues de la modélisation du transport de contaminants dissous à proximité de l'AGR en utilisant l'option préférée du déclassement, en tenant compte d'une infiltration de 41 mm. Les concentrations prédites à la sortie du lac Snake seront inférieures à celles des objectifs SSWQO pour la protection de la vie aquatique pour le Ra-226, le sulfate, l'arsenic, le chlorure et le nickel, et inférieures à l'objectif du déclassement pour l'uranium. Les pics prédits des concentrations en cuivre, sélénium, molybdène et uranium sont respectivement 7 µg/L, 1 µg/L, 27 µg/L et 2,5 µg/L, et sont tous inférieurs aux objectifs SSWQO et déclassement pour chaque élément.

### **Effets résiduels et importance**

Les effets résiduels prédits, tels que présentés au Tableau 9.4 ci-dessus, sont plus élevés que ceux qui existaient à la fin des opérations. Ils sont de ce fait considérés comme négatifs. Toutefois, ils restent inférieurs aux objectifs SSWQO et de déclassement pour tous les paramètres, par conséquent, aucun effet sur la survie et la reproduction des organismes aquatiques n'est prédit. De fait, les effets ne sont pas considérés comme importants.

### **Effets de l'arrêt des rejets d'effluents traités sur la qualité de l'eau du lac Island**

A mesure de l'achèvement des activités de déclassement, les débits et les concentrations en contaminants dans les effluents vont diminuer et résulter en une amélioration de la qualité de l'eau du lac Island. Le processus de relâche dans la colonne d'eau de contaminants provenant des sédiments ira à l'encontre de cette amélioration. Une modélisation a été réalisée pour fournir une estimation du taux d'amélioration de la qualité de l'eau (et de la qualité des sédiments) et de la période de temps nécessaire au rétablissement des conditions de référence.

Après le calage du modèle “INTAKE” sur la base des données de surveillance de 1982 à 1999, la qualité future de l’eau du système du ruisseau Island a été prédite pour 10,000 ans (COGEMA, 2000d, Annexe B). La qualité de l’eau prédite dans le lac Island est présentée en Figure 9.1. La modélisation prend en compte le calendrier suivant :

- Une période de déclassement s’étalant de 2002 à 2004 ;
- Une période de surveillance après la fermeture, durant laquelle le Système de Traitement Secondaire (STS) continue à traiter les eaux de ruissellement et les eaux de consolidation des résidus jusqu’en 2008 ; et
- Une période post-déclassement.

A mesure que les sources de contaminants décroissent et finalement s’arrêtent, la modélisation démontre une diminution graduelle des concentrations en contaminants dans les eaux de surface. Le taux de réduction des contaminants dans la colonne d’eau du lac Island est lié à la résidence des contaminants dans l’eau, à la durée (vitesse de lixiviation) et du taux de reflux des contaminants des sédiments sur la base des coefficients de partage eau-sédiments (valeurs  $K_d$ ). Les contaminants qui transitent dans les sédiments lorsque leur concentration dans la colonne d’eau est élevée commenceront à être libérés vers la colonne d’eau à mesure que la concentration dans l’eau diminue. Ainsi, les contaminants avec un  $K_d$  élevé mettront plus de temps pour revenir aux niveaux de référence en raison des échanges dynamiques entre la colonne d’eau et la couche de sédiments. Par exemple, des éléments tels que les chlorures, sulfates et TSD recouvreront rapidement les niveaux naturels. À l’inverse, le rétablissement de la qualité des eaux de surface pour les métaux est plus graduel, à cause de leur coefficients de partage eau-sédiments ( $K_d$ ) élevés.

Il est prédit que la plupart des concentrations en contaminants dans les eaux de surface diminueront rapidement après l’arrêt des rejets d’effluents traités. En 100 ans, tous les contaminants devraient être de retour à leur niveau de référence. Le seul paramètre pour lequel il est prédit un dépassement des objectifs SSWQO est l’ammoniaque. Ce dépassement est prévu durant les 10 à 20 premières années. L’évaluation des risques écologiques (section 9.2.6) a établi que ces concentrations ne devraient pas poser de risque pour le biote aquatique. Les concentrations en ammoniaque seront soigneusement surveillées dans le cadre du programme de surveillance du déclassement.

Un facteur supplémentaire non modélisé est l’influence des rejets d’effluents traités sur les concentrations en oxygène hivernales dans la zone située autour du point de rejet. Le lac Island est relativement peu profond et actif biologiquement, ce sont là des caractéristiques clés des lacs qui subissent périodiquement des mortalités accrues de poissons en raison des faibles niveaux d’oxygène dissout. Au cours de la période opérationnelle, il est vraisemblable que les effluents traités aient servi de source d’eau oxygénée, particulièrement au cours de la période où une couverture de glace était présente. Cela a pu minimiser l’incidence des mortalités accrues en hiver dans ce lac. Cette conclusion est confirmée par les mortalités accrues des derniers hivers de 2002 et 2003, lorsqu’aucun rejet d’effluent n’a été fait au cours de la période de couverture par la glace. Il est possible que les mortalités accrues en hiver deviennent plus fréquentes après le déclassement avec l’arrêt des rejets d’effluents. Cela pourra entraîner une diminution

de la capacité du lac à abriter des poissons, conformément aux conditions existantes avant l'exploitation minière, et une diminution correspondante de la population de poissons durant l'hiver.

### **Effets résiduels et importance**

Comme discuté au Chapitre 6, les rejets opérationnels dans le lac Island ont abouti à une dégradation de la qualité des eaux. De ce fait, dans le lac Island la qualité initiale des eaux après le déclassement (c.-à-d., après l'arrêt des rejets d'effluents) présentera des concentrations élevées pour un certain nombre de contaminants en comparaison avec les conditions antérieures aux opérations et celles de référence. Toutefois, les concentrations en contaminants dans les eaux ne sont à aucun moment supposées dépasser celles atteintes au cours des pics de rejets d'effluents ou celles prédites pour le moment où les rejets cesseront.

Le temps de rétablissement pour le lac Island et les environs est basé sur les effets cumulatifs des conditions résultant des rejets opérationnels, et des mécanismes naturels de restauration (par ex. , le taux de reflux des sédiments et la vitesse de renouvellement des eaux du lac Island). L'évaluation des effets cumulatifs indique que la qualité des eaux après le déclassement est initialement défavorable (en raison des rejets opérationnels), toutefois, avec l'enlèvement du principal terme source (les effluents), des améliorations de la qualité des eaux sont prédites avec l'atteinte des niveaux antérieurs à l'exploitation dans une période de 50 à 100 ans. Dans les conditions les plus défavorables observées au cours des rejets opérationnels, un système aquatique fonctionnel a été maintenu avec comme effet principal une modification de la composition de la communauté aquatique. Par conséquent l'ampleur des effets ne sera à aucun moment au cours de la phase de déclassement considérée comme sévère. L'étendue géographique de la dégradation de la qualité des eaux a été et devrait continuer d'être restreinte au lac Island avec très peu de transport au-delà du marécage.

Par conséquent, en raison de l'étendue limitée des effets négatifs observés et prédits, et de la prévision que les améliorations de la qualité des eaux permettra le rétablissement biologique du lac Island, les effets cumulatifs des opérations et du déclassement ne seraient pas classés comme des effets négatifs importants.

Les changements potentiels de la capacité à accueillir des poissons sont supposés refléter des conditions similaires à celles qui existaient avant les opérations. Le programme de suivi (section 10) et le programme de surveillance environnementale (section 8.3.3) surveilleront particulièrement la population de poissons, le reflux de contaminants des sédiments dans la colonne d'eau, et la performance continue du marécage pour assurer que la qualité des eaux en aval reste en deçà des objectifs de qualité des eaux du déclassement. Des actions mitigatives pourront être nécessaires si le rejet de contaminants du lac Island et les sédiments des marécages ne se comportent pas comme prédit résultant en une diminution potentielle de la qualité des eaux en aval.

### **Effets du déclassement des zones minières sur la qualité des eaux du bassin versant du lac Cluff**

Une fois le déclassement terminé, les eaux souterraines des zones des mines à ciel ouvert et des mines souterraines, en combinaison avec les verses à stériles qui leurs sont liées, s'écouleront vers les petits cours d'eau ou rivières qui se déchargent dans la partie nord du lac Cluff. La fosse Claude et la verse à stériles seront drainées par le lac Claude, le ruisseau Claude et la rivière Peter. L'écoulement à partir de la fosse DJX se fera directement vers le lac Cluff alors que la fosse D et la verse à stériles D contribueront aux apports au ruisseau Boulder. L'emplacement général des zones minières par rapport à la partie nord du lac Cluff est présenté sur la Figure 2.3.

Les concentrations prédites pour tous les paramètres clés y compris le nickel, l'uranium, le sélénium, le molybdène et le cobalt sont bien inférieures aux objectifs SSWQO et du déclassement (COGEMA, 2001, Annexe A). Les concentrations prédites en uranium et nickel dans le lac Claude, la rivière Peter et le lac Cluff sont présentées aux Figures 9.2, 9.3 et 9.4. Pour tous ces plans d'eau de surface, les prédictions des modèles indiquent que les concentrations en uranium resteront dans les limites des niveaux des objectifs liés à la dureté tel que décrit à la section 7.1.2.

Le niveau de dureté dans le lac Claude devrait rester élevé (au-dessus de 200 mg/L équivalent  $\text{CaCO}_3$ ) en raison de la continuation des infiltrations en provenance de la fosse Claude remblayée (COGEMA, 2002b, section 3.1). Les pics de concentrations de la Figure 9.2, de 72  $\mu\text{g/L}$  d'uranium et 42  $\mu\text{g/L}$  de nickel sont bien inférieurs aux objectifs corrigés par la dureté, de 400  $\mu\text{g/L}$  pour l'uranium et 100  $\mu\text{g/L}$  pour le nickel. Il est intéressant de noter que les valeurs prédites dans le lac Claude et la rivière Peter sont plus élevées pour l'option du noyage de DJX. Ceci est dû au fait que le volume actuel de la verse à stériles Claude restera à son emplacement actuel pour l'option de noyage, alors que pour l'option de remblayage de DJX, une bonne partie des stériles a été transférée dans la fosse, n'apportant alors plus de contaminants au lac Claude et à la rivière Peter.

#### **Effets résiduels et importance**

Le contrôle de l'eau des mines au cours de la phase d'exploitation a minimisé les impacts sur la qualité des eaux de surface du bassin versant du lac Cluff. Après le déclassement, les niveaux naturels des eaux souterraines se rétabliront et la migration des contaminants vers les plans d'eau de surface s'effectuera. Il est prédit que les concentrations de ces contaminants dans les eaux de surface augmenteront par rapport aux niveaux de référence actuels ; de ce fait ceci est classé comme un effet négatif.

Il est prédit que l'augmentation des paramètres de qualité des eaux pour le lac Claude, la rivière Peter et le lac Cluff restera inférieure aux objectifs de qualité des eaux du déclassement. Ainsi, ils ne sont pas prédits comme étant importants avec une faible probabilité d'effets biologiques mesurables. Pour l'uranium, cette conclusion dépend de la pertinence des relations de toxicité de l'uranium avec la dureté. Le raffinement de la relation entre la toxicité de l'uranium et la dureté de l'eau est actuellement l'objectif premier du groupe de travail régional sur la qualité des eaux et des sédiments. La participation de COGEMA à ce groupe de travail ainsi que la réalisation de tests de toxicité de l'uranium sur les eaux du lac Cluff sont des composantes du programme de suivi décrit à la section 10.0.

### **Effets du déclasserement de la fosse D sur la qualité des eaux**

Comme indiqué à la section 6, la colonne d'eau noyée dans la fosse D présente une chimiocline stable. La verse à stériles adjacente est généralement stable sans signe d'érosion significative qui pourrait entraîner l'exposition des stériles sous-jacents et l'augmentation potentielle des rejets de contaminants dans la fosse. De plus, la fosse D est séparée de tout autre plan d'eau de surface.

#### **Effets résiduels et importance**

L'effet de la qualité des eaux de la fosse D sur l'environnement, en raison des conditions actuelles, est commenté à la section 6.

Puisque la colonne d'eau présente un chimiocline stable qui est supposé continuer dans le futur proche, il n'y a aucun effet négatif dû au déclasserement final de la fosse D puisqu'il n'y a aucun changement prédit par rapport aux conditions opérationnelles actuelles. Étant donné que la qualité des eaux actuelle et future, au-dessus du chimiocline, répond aux objectifs du déclasserement pour les eaux, spécifiés à la section 7, les effets cumulatifs des activités opérationnelles et du déclasserement sont considérés comme négatifs mais pas importants.

### **Effets du déclasserement de la fosse DJX sur la qualité de l'eau de la fosse**

Les fosses DJX et DJN qui sont adjacentes deviendront un seul plan d'eau une fois que le noyage sera terminé (voir Figure 6.3). Par conséquent, le noyage initial de la fosse DJX entraînera un apport de contaminants issus des parois exposées de la fosse et des stériles oxydés restants dans la fosse DJN. Ces eaux contaminées se mélangeront aux eaux contaminées déjà présentes dans la fosse résultant en des concentrations potentiellement élevées pour les contaminants clés tels que le nickel et l'uranium. Si les objectifs du déclasserement pour la qualité des eaux ne sont pas atteints après le noyage initial, les eaux seront traitées jusqu'à ce que les objectifs de qualité des eaux soient atteints.

On s'attend à ce qu'un chimiocline similaire à celui observé dans la fosse D s'établisse à long terme résultant en des eaux de surface moins contaminées et des concentrations augmentant en profondeur. On prédit que la qualité des eaux à long terme sera similaire à celle de la fosse D et au minimum, inférieure aux objectifs de qualité des eaux pour les fosses noyées, tel que spécifié à la section 7. La fosse restera isolée des autres plans d'eau sauf en cas d'importantes précipitations où il est possible qu'un débordement dans le lac Cluff se produise. Dans un tel cas, les eaux moins contaminées de la partie supérieure de la colonne d'eau s'écouleraient vers le lac Cluff résultants en des impacts négligeables.

La réalisation des objectifs du déclasserement pour la fosse DJX repose sur la présence d'un chimiocline efficace dans la moitié supérieure de la colonne d'eau. La confirmation de ce phénomène et la création de mesures de contingence, si elles s'avéraient nécessaires, font partie du programme de surveillance de suivi présenté à la section 10.

#### **Effets résiduels et importance**



Les effets de la qualité de l'eau de la fosse DJX sur la qualité de l'eau en aval ont déjà été évalués et présentés à la section 9.2.3 et 9.2.4.

Dans l'état actuel des choses, les eaux de la fosse ne sont pas directement accessibles à la faune. Une fois que la fosse sera noyée et traitée si nécessaire, il est prédit que la qualité finale des eaux de la partie supérieure de la colonne sera meilleure que la qualité actuelle des eaux de la fosse DJX. Toutefois, il est reconnu que la qualité des eaux n'est pas la même que celle des eaux de surface naturelles et qu'à l'état noyé, la fosse deviendra accessible à la faune. Sur cette base, les effets du déclassement de la fosse DJX sont considérés comme négatifs.

En se basant sur le fait que les objectifs de qualité des eaux seront atteints et que des conditions similaires à celles existantes actuellement dans la fosse D seront également établies dans la fosse DJX, les effets résiduels ne sont pas considérés comme importants, puisqu'il est prédit que les objectifs SSWQO seront atteints au-dessus du chimocline des eaux profondes. Le seul contaminant ne répondant pas aux objectifs SSWQO est probablement le fer; toutefois, les niveaux devraient être comparables à ceux de la qualité naturelle des eaux souterraines dans la zone et des petits cours d'eau locaux qui sont principalement alimentés par les eaux souterraines. L'évaluation des risques pour le biote basée sur l'expérience acquise avec la fosse D, montre que la qualité des eaux ne posera pas de risques substantiels. Cette conclusion est confirmée par le fait qu'une communauté aquatique s'est établie de façon naturelle dans la fosse D, composée de plancton, d'invertébrés benthiques et de macrophytes aquatiques. Les risques potentiels posés par l'utilisation des eaux de la fosse par la faune afin de s'abreuver sont également considérés comme négligeables (section 9.2.6.3.).

### **9.2.5 Effets du projet sur la qualité des sédiments**

Les effets sur la qualité des sédiments seraient considérés significatifs si les concentrations en contaminants affectaient négativement la survie et la reproduction de la faune aquatique à un tel point que le rétablissement des populations locales serait peu probable pendant plusieurs générations.

#### ***Référence***

Sur la base des prédictions de qualité des eaux, l'étape suivante dans le modèle "INTAKE" a été de calculer les concentrations dans les sédiments à chaque pas de temps. La modélisation initiale détaillée est décrite dans COGEMA, 2000d, Annexe B dans laquelle la qualité des eaux et des sédiments des lacs Island, Snake et Cluff a été prédite pour les 2000 années à venir. Après les changements apportés à la stratégie de déclassement pour la zone minière (décision de remblayer la fosse Claude), la qualité des eaux et des sédiments du lac Cluff a été modélisée à nouveau (COGEMA, 2001, Annexe B). En 2002, une modélisation supplémentaire de la qualité des eaux du lac Cluff a été entreprise afin d'évaluer les options de remblayage et de noyage de la fosse DJX (COGEMA, 2002a). Ces prédictions plus récentes n'étaient pas très différentes des estimations préalables, tel qu'indiqué au Tableau 9.5, donc aucune autre modélisation supplémentaire de la qualité des sédiments n'a été réalisée. Comme les scénarios pour modéliser les lacs Snake et Island, les valeurs des sédiments prédites dans le document initial restent valides.

**Tableau 9.5 a**  
**Comparaison des prédictions de qualité des eaux dans les documents Cluff Lake**

	Unités	COGEMA, 2001	COGEMA, 2002a
		Pic de concentration du 50 <sup>ème</sup> centile	Pic de concentration du 50 <sup>ème</sup> centile
Uranium	µg/L	20	15
Nickel	µg/L	4.2	7

**Effets potentiels et actions mitigatives proposées**

Comme précédemment discuté à la section 6.2.11, la qualité des sédiments a été évaluée en comparaison aux recommandations de qualité des sédiments disponibles et à la littérature scientifique récente (Tableau 7.2). Les radionucléides ne sont pas discutés dans cette section car la qualité des sédiments est mieux évaluée en calculant la dose totale de radiations issues de l'exposition à plusieurs radionucléides plutôt qu'en utilisant des recommandations de qualité des sédiments pour les contaminants individuels. Cette évaluation est présentée à la section 9.2.5.1.

La qualité prédite des sédiments pour les principaux lacs d'intérêts est illustrée aux Figure 9.5 (lac Snake), Figure 9.6 (lac Island) et Figure 9.7 (lac Cluff). Ces figures présentent des courbes des valeurs moyennes (50<sup>ème</sup> centile), 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles, calculées à partir de 100 tirages aléatoires, pour les 2000 premières années de la simulation sur 10,000 ans. La valeur moyenne représente la meilleure estimation de la qualité attendue alors que les 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles bornent les valeurs attendues. Les valeurs sont intimement liées aux changements prédits de la qualité des eaux.

A partir de ces figures, il est évident que les concentrations en contaminants dans les sédiments des lacs Snake et Cluff augmentent après le déclassement jusqu'à atteindre une asymptote, puis soit elles se stabilisent soit elles diminuent de façon régulière. Ainsi, les options de déclassement choisies ont un effet négatif sur la qualité des sédiments. Dans les paragraphes qui suivent, l'importance de ces effets négatifs est évaluée en comparant les pics de concentrations en contaminants par rapport aux valeurs guides existantes.

Pour le lac Island, les pics de contaminants dans les sédiments sont liés à la période opérationnelle, les contaminants diminuant après le déclassement. De ce fait, l'option de déclassement préférée (restauration naturelle) n'a pas d'effet négatif sur la qualité des sédiments. Les effets cumulés, et en particulier, le temps de restauration, sont basés sur la sévérité des apports pendant la période opérationnelle et les mécanismes de restauration naturelle (par ex., le reflux dans la colonne d'eau et le piégeage à long terme dans les sédiments). Dans l'intérêt de la continuité, les effets cumulatifs sur le lac Island sont évalués dans les paragraphes qui suivent. Les effets cumulés sont présentés à nouveau à la section 9.4 afin de résumer les effets cumulés des activités opérationnelles et de déclassement et pour présenter les effets

supplémentaires qui pourraient être liés aux activités ayant lieu à l'extérieur des installations de Cluff Lake.

### **Lac Snake**

Il a été démontré à la section 6.2.11 que les activités opérationnelles n'ont que légèrement influencé la qualité des sédiments du lac Snake. Cela comprenait des augmentations mineures de l'uranium et du radium-226 dans les sédiments, sans qu'aucun des deux ne soit suffisamment élevé pour considérablement affecter le biote. Avec le déclassement de l'AGR, des apports supplémentaires vers le lac Snake sont prédits. La Figure 9.5 indique que l'infiltration en provenance de l'AGR déclassée résultera en une augmentation lente de certains contaminants des sédiments suivie d'une stabilisation ou d'une diminution graduelle avec la diminution des infiltrations. Les implications sont évaluées par comparaison aux valeurs guides du Tableau 7.2.

La médiane et le 95<sup>ème</sup> centile des prédictions pour l'uranium et le zinc sont comparables ou inférieurs aux valeurs inférieures des fourchettes offertes par les valeurs guides. De plus, les concentrations moyennes prédites pour l'arsenic, le cuivre, le plomb, le molybdène, le nickel, l'uranium et le zinc sont proches ou inférieures aux plus faibles valeurs guides et/ou dans les limites des concentrations régionales de référence. Les seuls contaminants pour lesquels des valeurs du 95<sup>ème</sup> centile ne sont pas considérablement inférieures aux limites inférieures des recommandations sont l'arsenic, le nickel et le molybdène. Toutefois, les valeurs prédites pour ces contaminants sont considérablement inférieures aux limites supérieures calculées par Thompson et al (2003) à partir de la base de données restreinte aux régions minières d'uranium du Canada en utilisant les mêmes procédures analytiques utilisées pour créer les recommandations MEO de l'Ontario. De plus, la prédiction maximale pour l'arsenic est inférieure à la limite supérieure de la fourchette documentée pour les valeurs de référence locales (23 µg/g) dans la zone de Cluff Lake. Par conséquent, la qualité des sédiments du lac Snake ne devrait pas être significativement détériorée par le déclassement de la mine de Cluff Lake.

### **Lac Island**

Les rejets opérationnels dans le lac Island ont entraîné l'accumulation de contaminants dans les sédiments à des niveaux considérés comme négatifs et ont altéré la communauté de macroinvertébrés benthiques (voir section 6.2). Avec l'arrêt des rejets d'effluents dans le lac Island, les concentrations en contaminants dans les sédiments de surface devraient diminuer comme montré à la Figure 9.6. Le molybdène, le nickel, l'uranium et le sélénium ont été identifiés comme les contaminants principaux potentiellement problématiques (voir section 6.2). Par conséquent, ce sont les taux de restauration pour ces contaminants qui sont particulièrement intéressants. Ce sujet est abordé dans les paragraphes qui suivent, à l'exception du sélénium, qui est présenté dans l'évaluation des risques écologiques car l'ingestion alimentaire du sélénium est la voie d'exposition la plus considérable.

Des diminutions substantielles sont prédites pour tous ces contaminants dans les 50 premières années. Les concentrations moyennes en molybdène devraient diminuer d'environ 50% à moins de 100 µg/g, ce

qui est considérablement inférieur à la fourchette de la valeur guide CES (540 – 1239 µg/g). Le 95<sup>ème</sup> centile devrait diminuer jusqu'à atteindre près de 500 µg/g, valeur également inférieure à la limite inférieure de la fourchette CES. Les concentrations moyennes en nickel devraient décroître en deçà de toutes les limites proposées correspondant à des effets faibles (à peu près 10 µg/g), avec le 95<sup>ème</sup> centile diminuant (environ 30-35 µg/g), bien en deçà de trois des quatre recommandations supérieures proposées (Tableau 7.2). Le retour aux conditions de référence pour ces deux contaminants est atteint après une période de 50 à 100 ans.

Comme pour le molybdène, la concentration moyenne en uranium devrait également décroître d'environ 50% d'ici à 50 ans après le déclassement, atteignant environ 200 µg/g. Dans le même temps, l'estimation du 95<sup>ème</sup> centile devrait diminuer de plus de 800 µg/g à environ 500 µg/g. Par conséquent, dans les 50 premières années après le déclassement, les concentrations en uranium, bien que potentiellement nuisibles, se seront considérablement améliorées et resteront substantiellement en deçà des niveaux d'effets sévères calculés par Thompson et al. (2003). Le retour à un niveau inférieur à la limite correspondant à des effets faibles (104 µg/g) est atteint après environ 100 à 150 ans pour les estimations respectives des 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles.

Il est prédit que les communautés benthiques actuellement affectées vont être graduellement restaurées à mesure que la qualité des sédiments s'améliorera au cours des 50 premières années après le déclassement. La communauté qui se développera sera plus complexe que la communauté actuelle (plus grande richesse taxonomique et diversité). La communauté benthique continuera certainement à consister en des espèces plus tolérantes aux métaux, semblables à celles établies dans les plans d'eau naturellement riches en métaux tels que le lac Zimmer dans la zone de la mine Key Lake (Conor Pacific 2000, Golder 2002), jusqu'à ce que des conditions de référence soient établies pour tous les contaminants pour environ 100 ans après le déclassement.

### **Lac Cluff**

Le Tableau 9.6 énumère les concentrations de référence mesurées dans les sédiments du lac Cluff en 1998 et la Figure 9.7 donne les prédictions du modèle de la qualité future des sédiments dans le lac Cluff. Seules les données pour les 2000 premières années des 3000 ans de la simulation sont présentées, puisque les niveaux prédits pour tous les contaminants atteignent leur pic au cours de cette période et les tendances sont généralement à la baisse vers la fin de la période de simulation. Il faut noter que les niveaux prédits de contaminants sont des concentrations totales et incluent les valeurs de référence.

**Tableau 9.6**  
**Concentrations de référence mesurées dans les sédiments – Lac Cluff**

Contaminant	Unités	Valeurs de référence mesurées		
		5 <sup>ème</sup>	50 <sup>ème</sup>	95 <sup>ème</sup>
Arsenic	µg/g sec	20.0	30.5	56.0
Cuivre	µg/g sec	11.8	19.0	35.5
Plomb	µg/g sec	21.3	23.0	23.0
Molybdène	µg/g sec	5.3	13.0	15.0
Nickel	µg/g sec	20.5	25.5	31.0
Uranium	µg/g sec	18.1	19.2	23.1
Zinc	µg/g sec	120.0	125.0	167.5
Cobalt	µg/g sec	11.0	14.0	18.5
Sélénium	µg/g sec	-	-	-
Plomb-210	Bq/g sec	1.1	1.7	2.7
Polonium-210	Bq/g sec	0.9	1.5	2.4
Radium-226	Bq/g sec	0.35	0.55	0.99
Thorium-230	Bq/g sec	0.18	0.24	0.40

Les prédictions du modèle suggèrent qu'il y aura une augmentation relativement faible des concentrations en cobalt, cuivre, plomb, molybdène, sélénium et zinc. Les contaminants présentant les augmentations de concentrations les plus fortes, par ordre croissant des taux d'augmentation sont, l'arsenic, le nickel et l'uranium.

Le programme d'échantillonnage des sédiments de 1998 a confirmé que les concentrations naturelles d'arsenic peuvent excéder la limite inférieure et même la limite supérieure des recommandations proposées par le CCME et le Ministère de l'environnement de l'Ontario (par ex., le lac de référence, moyenne du lac Phillip – 23,4 µg/g). Les concentrations élevées en arsenic dans le lac Cluff sont aussi considérées comme naturelles puisque les activités d'exhaure au cours des opérations ont limité la migration des contaminants vers les fosses et les mines souterraines. Cette conclusion est confirmée par la chimie des sédiments d'exploration qui a documenté une anomalie d'arsenic dans les sédiments situés en aval du gisement de Cluff Lake comprenant la zone de la portion nord du lac Cluff (Dunn 1980). La concentration en arsenic la plus élevée mesurée dans cette zone était 56 µg/g, collectée à la pointe nord-est du lac Cluff. Les pics prédits des concentrations en arsenic aux 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles sont considérablement inférieurs à la fourchette CES (346 – 5874 µg/g) proposée par Thompson et al. (2003). Cela suggère que tous les effets dus aux concentrations élevées en arsenic ne seront pas d'importance sévère et seront certainement restreints aux portions du lac Cluff contenant des concentrations naturellement élevées en arsenic.

Les concentrations en nickel, comme celles en arsenic sont naturellement élevées dans le bassin versant du Lac Cluff. Dunn (1980) a identifié cette zone comme une anomalie de nickel dans les sédiments où les concentrations étaient 3 fois plus élevées que la moyenne régionale (>36 µg/g). Cette conclusion est

confirmée par les échantillons de 1998; parmi lesquels une valeur moyenne de 37,7 µg/g a été mesurée. Par conséquent, cette zone excède naturellement les valeurs guides proposées correspondant à un seuil d'effet faible. La communauté benthique qui sera exposée aux concentrations accrues en nickel en raison du déclassement proposé est une communauté qui a été établie dans un environnement ayant des concentrations élevées en nickel. Cette exposition préalable et le fait que les concentrations prédites aux 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles sont considérablement plus faibles que celles des limites supérieures des valeurs guides proposées pour les régions minières d'uranium, signifient qu'une altération sévère de la communauté benthique n'est pas anticipée.

Il est prédit que les concentrations en uranium des sédiments auront l'augmentation la plus forte avec l'activité du déclassement. En dépit de cela, la concentration au 50<sup>ème</sup> centile est inférieure à celle des valeurs guides correspondant à un seuil d'effet faible. Seul le 95<sup>ème</sup> centile a le potentiel de dépasser la valeur guide des effets faibles. Toutefois, cette concentration prédite de 222 µg/g est bien inférieure à la fourchette CES de 3410 – 5874 µg/g proposée pour les régions minières d'uranium. Par conséquent, tout effet sur la communauté benthique ne devrait pas être sévère, en particulier vu le potentiel d'adaptation préalable de la communauté résidente aux concentrations élevées en uranium puisque le bassin versant du lac Cluff a été identifié comme étant une région particulièrement porteuse d'uranium (Dunn 1980).

### **Effets résiduels et importance**

#### ***Lac Snake***

Les effets environnementaux sur le lac Snake résultant des opérations ont été mineurs. En raison du déclassement, une augmentation mineure de quelques-uns des contaminants est prévue. Toutes les prédictions sauf celles au 95<sup>ème</sup> centile pour le nickel et le molybdène sont inférieures ou proches des valeurs régionales de référence ou des limites inférieures des valeurs guides. En raison de l'augmentation prévue des contaminants, les effets résultants des activités de déclassement sont classés comme négatifs. Toutefois, cet effet négatif ne serait pas considéré comme significatif puisqu'il est prédit que les concentrations devraient être inférieures aux seuils maximums des valeurs guides (CES ou CEP), et par conséquent les effets biologiques, le cas échéant, seraient d'importance limitée, et n'auraient pas d'influence mesurable au-delà du lac Snake et diminueraient avec le temps à mesure que la qualité des eaux d'infiltration s'améliore.

Il n'est pas nécessaire d'évaluer davantage les effets cumulatifs des rejets opérationnels et de l'option de déclassement proposée puisque les rejets opérationnels étaient trop mineurs pour être considérés comme négatifs et qu'ils n'influenceraient pas vraiment les prédictions.

#### ***Lac Island***

Les effets opérationnels sur la qualité des sédiments dans le lac Island sont classés comme négatifs sur la base des valeurs guides de qualité des sédiments et des résultats de la surveillance biologique. Comme décrit à la section 6, l'ampleur de l'effet est limitée à une modification de la composition de la

communauté benthique tout en conservant l'abondance totale, un facteur important pour la population benthique de meuniers noirs. Les données de modélisation et les données de terrain confirment la conclusion que l'effet est principalement limité géographiquement au lac Island (181 hectares).

L'option de déclassement proposée, appelée restauration naturelle implique l'arrêt des rejets d'effluents dans le bassin versant et que l'on laisse s'opérer les processus naturels entraînant les contaminants vers les couches sédimentaires plus profondes diminuant ainsi la possibilité de leur transport futur et de leur disponibilité biologique. De ce fait, il n'existe pas d'effets négatifs liés à l'option de déclassement. Le temps de restauration du lac Island et des plans d'eau en aval est basé sur les effets cumulatifs des conditions issues des rejets opérationnels, et des mécanismes de restauration naturelle (par ex., le taux de reflux des sédiments et le taux de renouvellement de l'eau du lac Island).

L'évaluation cumulative indique que la qualité des sédiments après le déclassement, bien qu'initialement négative (en raison des rejets opérationnels), s'améliorera avec l'élimination du terme source majeur (effluents). Des améliorations considérables de la qualité des sédiments sont prédites dans les 50 premières années, avec même les fourchettes supérieures (95<sup>ème</sup> centile) des prédictions pour l'uranium et le molybdène dans les sédiments atteignant les points élevés des conditions régionales de référence après 100 à 150 ans. Puisque à la fin de l'exploitation, il reste un système aquatique fonctionnel sur lequel l'effet principal est la modification de la composition de la communauté benthique, l'ampleur des effets résiduels liés à l'amélioration plus lente des concentrations en uranium et en molybdène dans les sédiments ne serait pas considérable.

En résumé, l'effet cumulatif est considéré comme étant négatif mais pas significatif. Les niveaux des contaminants dans les sédiments sont dans les limites des concentrations locales maximales et/ou inférieurs au seuil maximum des valeurs guides issues de la base de données du Nord de la Saskatchewan. La qualité des sédiments s'améliorera considérablement au cours des 50 à 100 prochaines années. Ainsi, sur la base des critères du guide de la LCÉE (2003) tels que l'ampleur, l'étendue géographique, la durée et la réversibilité, l'effet cumulatif sur la qualité des sédiments des activités opérationnelles combinées à l'activité proposée de déclassement n'est pas considéré comme un effet négatif importants.

Les alternatives à la restauration passive, telles que les activités de dragage, ne sont pas considérées comme appropriées. Le dragage aurait des effets négatifs sévères sur les organismes benthiques, les macrophytes et les poissons et présente le risque d'initier le transport de contaminants vers l'aval.

La restauration naturelle est considérée comme l'option préférée d'un point de vue écologique global. L'adéquation de ce plan est basée sur la modélisation prédictive en ce qui concerne le flux de contaminants des sédiments dans la colonne d'eau du lac Island, et de leur confinement ultérieur dans le marécage voisin du lac Island. La vérification de ce processus se fera dans le cadre programme de suivi de la stabilité du marécage du lac Island, présenté dans la section 10.4.

## **Lac Cluff**

L'option proposée de déclassement pour le lac Cluff présente le risque d'effets résiduels négatifs (principalement pour les prédictions au 95<sup>ème</sup> centile). Ces effets devraient être d'ampleur mineure, localisés seulement dans une portion du lac Cluff et n'auront pas d'effets sur les populations régionales du bassin versant. Par conséquent, ils ne sont pas considérés comme effets négatifs significatifs. Ces conclusions sont basées sur la modélisation des voies d'exposition aux contaminants liés aux fosses noyées et aux verses à stériles déclassées. Les programmes de suivi abordant les processus et les paramètres clés de la modélisation sont présentés à la section 10.3.

Il n'est pas nécessaire d'évaluer davantage les effets cumulatifs des rejets opérationnels et de l'option proposée du déclassement puisque les activités opérationnelles ne sont pas considérées comme ayant eu un impact sur la qualité des sédiments du lac Cluff.

### **9.2.6 Effets du projet sur le biote non-humain**

Les sections précédentes ont comparé les prédictions de qualité des eaux et des sédiments dans les plans d'eaux affectés par le projet de déclassement avec les valeurs guides génériques et les objectifs régionaux ou spécifiques au site pour déterminer la nature des effets résiduels. Les effets environnementaux des opérations passées et en particulier les effets sur le lac Island ont été discutés à la section 6.

Cette section porte sur les risques pour le biote non-humain de l'exposition aux moyens environnementaux contaminés (par exemple, l'eau, les sédiments, la végétation). Les risques ont été estimés en comparant les expositions au cours du temps par rapport aux valeurs sélectionnées pour la toxicité critique. Un effet sur le biote sera considéré comme significatif lorsqu'un facteur de risque supérieur à 1 est prédit sur une portion de l'habitat ou de la zone locale pouvant entraîner un déclin de la population régionale. Un effet négatif sur le biote serait également déterminé comme étant significatif si le rétablissement de la population locale ne pouvait pas se faire après plusieurs générations après que la source de contamination aura été enlevée.

### **Références**

Une évaluation approfondie des risques écologiques a été menée pour évaluer le risque pour les composantes valorisées de l'écosystème, à la fois aquatiques et terrestres, sur les sites clés affectés. Les impacts sur les récepteurs aquatiques de divers niveaux trophiques (phytoplancton, zooplancton, invertébrés benthiques, poissons pélagiques et benthiques) ont été évalués en utilisant les prédictions lointaines de qualité des eaux et des sédiments pour les contaminants non-radioactifs et radioactifs. Une méthode de modélisation des voies d'exposition a été utilisée pour évaluer les risques pour les récepteurs terrestres, à l'échelle du bassin versant, mais encore une fois, dépendant largement d'un petit nombre de termes source. Pour l'interprétation, l'évaluation a inclus des estimations des risques issues du bruit de fond régional naturel. L'approche suivie pour l'évaluation des risques écologiques est décrite dans COGEMA, 2000d, Sous-Annexe B3.



La modélisation initiale (Niveau 1) est décrite dans COGEMA, 2000d, Annexe B. Elle a utilisé des paramètres génériques et des valeurs conservatrices de toxicité critique (CSEO, Concentration Sans Effet Observé). En conséquence de la décision prise de remblayer la fosse Claude, l'analyse de Niveau 1 a été répétée (COGEMA, 2001, Annexe B). Les résultats de l'analyse de Niveau 1 ont indiqué un risque d'effets négatifs à long terme sur plusieurs CVÉ issus dans certains cas des contaminants non-radiologiques. Cela a suggéré la nécessité d'une évaluation plus réaliste des risques, particulièrement pour des périodes réalistes d'abandon potentiel (10, 50 et 100 ans).

Une évaluation réaliste de Niveau 2 a alors été réalisée en incorporant des données limitées spécifiques au site, et en sélectionnant des paramètres moins conservateurs, et se concentrant sur les voies d'exposition pour lesquelles les résultats étaient très sensibles aux valeurs choisies (COGEMA, 2002b, section 3.7). Le risque pour le biote non-humain a également été interprété plus en profondeur en termes de valeurs de référence de toxicité critique indicatrices d'effets de faible niveau (CMEO, Concentration Minimale avec Effet Observé), plutôt que sans effet.

Seuls les résultats de l'évaluation réaliste de Niveau 2 sont présentés ici, avec une brève discussion sur la sensibilité des estimations de risque aux paramètres clés de modélisation et aux hypothèses. L'information de référence est aussi fournie en ce qui concerne la pertinence et l'adéquation de quelques valeurs de référence de toxicité critique, pour l'interprétation des effets sur le biote non-humain.

#### **9.2.6.1 Effets sur les organismes aquatiques**

##### **Contaminants non radioactifs:**

Ni le lac Cluff ni le lac Sandy n'ont accumulé de contaminants au cours de la période opérationnelle requérant une évaluation des risques. Pour ces plans d'eau, l'évaluation des risques a été réalisée pour les pics prédits aux 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles des concentrations en contaminants dans les eaux. Ces concentrations apparaissent après le déclassement, par conséquent l'évaluation est celle des risques associés aux options préférées de déclassement. Le lac Island, le marécage lié et les habitats riverains sont les seules zones ayant accumulé des contaminants au cours de la période opérationnelle à des niveaux potentiellement problématiques pour le biote aquatique et terrestre. Par conséquent, l'Évaluation des Risques Écologiques (ÉRE) a été réalisée pour évaluer les risques actuels (antérieurs au déclassement) pour le biote aquatique et terrestre (CVÉ) dans la zone du lac Island. Celle-ci établit les conditions de référence en comparaison desquelles seront mesurés les temps de restauration ou les impacts supplémentaires liés aux activités de déclassement. Les résultats de cette évaluation ont été présentés à la section 6 mais seront abordés à nouveau dans les paragraphes qui suivent lors des discussions sur les temps de restauration.

En plus de l'évaluation des conditions récentes (années 2000), les impacts potentiels pour les récepteurs aquatiques ont également été évalués pour 2009 et 2050 (post déclassement). Dans chaque cas, le modèle "INTAKE" a été utilisé de façon probabiliste et les résultats ont été résumés de façon statistique avec les 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles estimés à partir de 100 essais. L'évaluation initiale (COGEMA, 2000d, Annexe B) a conclu que les lacs Snake et Sandy sont considérés comme étant affectés de façon négligeable (tous

les indices de risque  $<1$ ); par conséquent, le lac Snake a été exclu de l'évaluation de Niveau 2. Par contre, le lac Sandy a été inclus puisque c'est le point à partir duquel les effluents des plans d'eau des lacs Island et Cluff se mélangent.

Les récepteurs aquatiques de cette évaluation consistent en des représentants simplifiés de plusieurs niveaux trophiques dans un écosystème de lac typique et sont discutés plus en détail à la section 6.2.14. Ils comprennent les producteurs primaires (algues et macrophytes aquatiques), les consommateurs primaires (zooplancton), les détritivores (invertébrés benthiques), et les consommateurs secondaires (Grand Brochet et Meunier Noir). Les risques pour le biote benthique liés aux contaminants dans les eaux sont abordés ici, alors que les risques liés aux contaminants des sédiments sont présentés à la section 9.2.5. Les mammifères aquatiques et les oiseaux sont inclus dans l'évaluation du biote terrestre.

Les résultats des calculs pour les lacs Island, Cluff et Sandy sont présentés respectivement aux Tableaux 9.7 à 9.9. Les résultats sont présentés sous la forme d'indices de risque correspondant aux ratios des pics de concentrations d'exposition (c.-à-d., les eaux) par rapport aux valeurs de référence. Les indices de risque supérieurs à 1 indiquent le risque d'effets négatifs pour un individu ou une population. Aucune valeur n'excédait 1 pour les contaminants suivants : ammoniac, arsenic, cobalt, plomb, sélénium et zinc. Par conséquent, ces contaminants dans les eaux sont considérés comme ne posant aucun risque pour les organismes aquatiques dans l'ensemble des plans d'eau évalués.

Les indices de risque pour les concentrations en cuivre du 95<sup>ème</sup> centile indiquent un risque d'impacts pour les producteurs primaires et les poissons de ces trois lacs. Toutefois, en se basant sur les valeurs de bruit de fond, il est évident que les niveaux de cuivre dans ces lacs sont naturellement supérieurs aux valeurs de référence de toxicité sélectionnées pour ces CVÉ. Des observations similaires ont été faites en réalisant des travaux de référence dans les zones des mines de Cigar Lake et McArthur River où les concentrations naturelles de cuivre dans les eaux avaient des valeurs respectives de 0,005 et 0,008 mg/L, (CLMC 1995). Ces concentrations dépassent considérablement le pic modélisé du 50<sup>ème</sup> centile avec la valeur de McArthur dépassant le 95<sup>ème</sup> centile (0,0074 mg/L). Étant donnée la présence de systèmes aquatiques sains dans ces lacs de référence aux concentrations de cuivre naturellement élevées, les expositions au cuivre prédites ne poseront probablement pas de risques pour le biote aquatique natif.

Les concentrations en molybdène dans le lac Island antérieures au déclassement (50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles) pourront poser un risque pour le zooplancton et le Grand Brochet (Tableau 9.7). Toutefois, d'ici à l'année 2050, on ne prédit pas d'impact sur les CVÉ aquatiques. Dans les lacs Cluff et Sandy, les concentrations en molybdène sont inférieures aux valeurs de toxicité de référence pour les CVÉ aquatiques.

Les indices de risque pour le nickel sont tous inférieurs à 1, à l'exception des producteurs primaires dans les lacs Cluff et Island. Le 95<sup>ème</sup> centile des valeurs prédites dépassent 1 pour les scénarios 2001 (1,5) et 2050 (1,7). Les quotients de risque pour le phytoplancton dans les lacs Island et Cluff sont essentiellement le résultat de l'utilisation d'une valeur conservatrice pour la valeur de référence (0,005 mg/L). La similarité entre les quotients de risque pour les lacs de référence et les lacs exposés, et le fait que les concentrations d'exposition modélisées sont inférieures à la valeur guide CCME de 0,025 mg/L

(les valeurs guides CCME sont considérées comme protectrices de la vie aquatique en général), suggèrent que les concentrations en nickel ne posent que peu de risque.

Les valeurs de l'indice de risque basées sur les concentrations en uranium dans le lac Island sont supérieures à 1 pour les producteurs primaires et le zooplancton (Tableau 9.7.). Ces indices élevés sont principalement fonction de la référence de toxicité sélectionnée. Le calcul de la valeur de référence de la toxicité a été fortement influencé par la prépondérance des études sur le plancton réalisées dans des conditions de très faible dureté (2 à 4 mg/L comme CaCO<sub>3</sub>) qui sont reconnues pour accroître la toxicité de l'uranium. Les niveaux de dureté actuels dans le bassin versant du lac Island sont artificiellement élevés en raison des rejets d'effluents, toutefois, les valeurs de dureté naturelles du système varient entre 35 et 45 mg/L comme CaCO<sub>3</sub> (sur la base des valeurs 2001 et 2002 dans le fossé de diversion nord). Ainsi, les valeurs de référence pour les producteurs primaires et le zooplancton sont considérées comme conservatrices [environ 8 fois plus élevées que celles attendues après l'application d'un facteur correctif pour l'augmentation de la dureté (voir COGEMA 2001)] et résultent en des estimations également conservatrices pour l'indice de risque. Lorsque la valeur de référence de la toxicité d'uranium est corrigée en tenant compte de la dureté (COGEMA 2001) les valeurs de l'indice de risque tombent en deçà avant l'année 2050. La surveillance périodique des systèmes biologiques au cours de cette période évaluera l'exactitude de ces prédictions et le taux de restauration écologique.

Comme présenté au Tableau 9.8, il se peut que l'uranium soit un contaminant problématique pour le lac Cluff. Toutefois, comme précédemment discuté, la valeur de référence de toxicité ne prend pas en compte la dureté qui augmentera également avec l'option de déclassement choisie. S'il s'avère que la relation avec la dureté est exacte ou conservatrice, alors les quotients de risque pour l'uranium dans le lac Cluff seront inférieurs à 1. Le programme de suivi comprend la réalisation de tests de toxicité de l'uranium dans les eaux du lac Cluff ainsi que des études pour améliorer notre compréhension de la relation entre la toxicité de l'uranium et la dureté. (Voir section 10.6). La modélisation du risque indique que le sélénium dans l'eau ne pose pas de risques pour le biote aquatique (Tableaux 9.7 à 9.9). Toutefois, comme discuté à la section 6, l'utilisation des valeurs de référence de toxicité du sélénium dans l'eau est une méthode inadéquate pour évaluer les risques liés au sélénium (Sappington 2002). Les études sur les poissons du lac Island indiquent que le sélénium s'est accumulé dans leurs tissus au cours de la période opérationnelle atteignant des niveaux qui pourraient entraîner des risques. Ce point est actuellement en cours d'évaluation dans le cadre du programme de suivi. Pour de plus amples informations, voir les discussions dans la section 10.8.

### **Effets résiduels et importance**

#### ***Lac Island***

Le statut biologique actuel du lac Island rend compte d'une communauté aquatique altérée, mais fonctionnelle. Les effets actuels sont d'ampleur modérée et sont limités dans l'espace (géographiquement) puisqu'ils devraient rester limités au lac Island (181 ha, 27x10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>). L'évaluation des risques de Niveau 2 identifie les contaminants les plus probables tels que le molybdène et l'uranium. Toutefois, comme précédemment indiqué, les analyses des tissus des poissons du lac Island suggèrent que le sélénium pourra également poser un risque pour les poissons. La salinité et les synergies possibles

avec les autres contaminants pourront également être des facteurs contributeurs. Comme précédemment discuté, ces effets sont les résultats des rejets d'effluents au cours de la période opérationnelle. Il n'y a pas d'effets négatifs supplémentaires liés au déclassement.

L'évaluation cumulative a indiqué que les risques écologiques pour la majeure partie du biote aquatique s'améliorent dans la période d'environ 10 ans suivant le déclassement pour le molybdène, alors que la restauration liée à l'uranium s'opère quelque peu plus lentement après environ 50 ans. Les risques pour les organismes vivant dans les sédiments diminuent plus lentement, nécessitant environ 50 ans pour le molybdène et environ 100 ans pour l'uranium (voir section 9.2.5). Pour le sélénium, les risques pour le biote et les temps de restauration qui leurs sont liés feront l'objet d'une évaluation plus approfondie dans le cadre du programme de suivi.

Ainsi, l'effet cumulatif des activités opérationnelles et de déclassement est classé comme négatif. Les effets négatifs sont d'ampleur modérée, limités dans l'espace (géographiquement) au lac Island et réversible, avec une restauration considérable dans les 50 à 100 premières années. Par conséquent, les effets négatifs sur le biote ne sont pas considérés comme significatifs car ils sont restreints aux populations locales et leur rétablissement s'effectuera sur plusieurs générations. Sur la base des critères du guide de la LCÉE, les effets cumulatifs, bien que négatifs, ne sont pas considérés comme importants.

### ***Lac Cluff***

Il n'y a eu que des effets minimes sur le lac Cluff (augmentation faible des niveaux de sulfate); par conséquent, l'évaluation des risques a été limitée aux conditions associées aux pics prédits après le déclassement. L'ÉRE a indiqué qu'il se peut que l'uranium affecte les producteurs primaires et le zooplancton du lac Cluff. Les effets ne seraient pas sévères puisque l'ÉRE a abouti à des quotients de risques faibles (1,8 à 2,2) en dépit de l'utilisation d'une valeur de référence de toxicité relativement conservatrice. Quoique les effets résiduels potentiels sur les organismes aquatiques du lac Cluff sont négatifs, il est probable qu'ils soient d'ampleur faible, étant donné la présence de phytoplancton et de zooplancton dans le lac Island pour des concentrations d'uranium environ dix fois plus élevées (à noter : l'amélioration de la dureté). Tous les effets seraient limités géographiquement au lac Cluff. Par conséquent, les effets sur le biote aquatique dans le lac Cluff sont considérés comme négatifs mais pas significatifs.

### ***Lac Sandy***

Le lac Sandy a été inclus dans l'ÉRE puisqu'il représente une zone éloignée potentiellement exposée aux contaminants issus à la fois du bassin versant du lac Island et de celui du lac Cluff et qu'il serait représentatif des populations régionales. L'ÉRE a indiqué que le lac Sandy ne devrait pas être affecté par les activités du déclassement dans ces deux bassins versants. Ainsi, les activités ne devraient pas affecter négativement le biote aquatique.

### **Radionucléides**

A l'heure actuelle, il n'existe pas de méthodes standardisées pour le calcul des doses de radiation sur le biote. La méthodologie utilisée dans les documents techniques de support (COGEMA 2000e: Annexes 1, B3) incorporait une valeur de référence des effets de 10 mGy/j et une correction d'efficacité biologique relative pour les particules alpha égale à 5. Cette évaluation a conclu que les doses de radiations liées au déclassement du lac Cluff ne posaient pas de risques mesurables pour le biote aquatique (c.-à-d., tous les indices <1). Une autre méthodologie a récemment été créée pour calculer les doses de radiations sur le biote. Celle-ci implique des valeurs de référence des effets plus faibles pour des groupes aquatiques taxinomiques spécifiques (0,54 mGy/d à 5,4 mGy/j) et utilise une EBR pour les particules alpha égale à 40 (Bird et al. 2002). Même en appliquant cette méthode d'évaluation plus stricte, les indices de risque pour le lac Island (le plan d'eau aux expositions les plus élevées) n'ont pas dépassé 1. Par conséquent, la présence de radionucléides dans la colonne d'eau ou dans les sédiments des bassins versants des lacs Cluff et Island bien que négative ne devrait pas avoir un effet significatif sur le biote aquatique.

#### **9.2.6.2 Effets sur les organismes terrestres – Bassins versants des lacs Island et Cluff**

Cette section présente les résultats de l'évaluation de Niveau 2 des impacts des substances non radioactives et des radionucléides sur les CVÉ terrestres dans les bassins versants des lacs Island et Cluff. Cette analyse a quantifié le risque pour la faune liés à l'abreuvement, la recherche d'aliments, et l'ingestion de terre/sédiment, calculé à partir des concentrations en contaminants prédites dans les eaux, les proies, la végétation, les sédiments et la terre. Pour les espèces évoluant sur de grandes distances et les espèces migratoires, les régimes alimentaires ont été ajustés en fonction de l'utilisation anticipée des zones affectées (par ex., il a été estimé que les gibiers d'eau étaient exposés pendant 6 mois de l'année, COGEMA 2000d, Sous-annexe B3). Puisqu'il n'y avait qu'une quantité limitée de données spécifiques au site disponible pour la plupart des paramètres (en particulier pour spécifier les distributions des probabilités), les estimations de risque pour la faune ont été très dépendantes des concentrations modélisées des eaux et des terres/sédiments, et leur facteur de transfert dans la chaîne alimentaire. Étant donné la simplicité de cette approche, les estimations moyennes des risques (50<sup>ème</sup> centile) devraient être interprétées avec précaution. Certains paramètres clés ont besoin d'être vérifiés au cours du programme de suivi pour donner confiance dans le niveau de réalisme des résultats probabilistes de l'évaluation de Niveau 2.

L'ÉRÉ pour le lac Cluff a été limitée aux conditions associées aux pics prédits suite au déclassement puisqu'il n'y a eu que des effets opérationnels minimes. L'évaluation du lac Island comprenait la modélisation des risques liés aux rejets opérationnels (2000) ainsi que les conditions associées à trois intervalles de temps de la période post déclassement (2009, 2050, 2100). Les conditions de référence régionales ont également été modélisées pour comparaison avec les conditions prédites sur le site de Cluff Lake.

## Contaminants non-radioactifs

Dans le lac Island, les indices de risque ont tous été inférieurs à 1 pour les conditions actuelles et futures en ce qui concerne l'arsenic, le cobalt, le cuivre, le plomb, le nickel et le zinc (Tableau 9.10). Les risques potentiels à court terme pour quelques espèces (Colvert, canard fuligule, rat musqué et loutre) ont été évidents pour le sélénium, avec des indices de risque demeurant légèrement supérieurs à 1 jusqu'en 2009, mais seulement pour le 95<sup>ème</sup> centile. De façon générale, le risque a diminué rapidement avec le temps pour ce groupe d'éléments. Typiquement, les indices de risque s'approchaient des valeurs de référence d'ici à 2100.

Des indices de risque extrêmement élevés ont été initialement trouvés dans l'analyse de Niveau 1 pour le molybdène et l'uranium dans le lac Island (COGEMA, 2001), avec même les estimations de risque au 50<sup>ème</sup> centile restant très élevées pour plusieurs espèces loin dans le futur. Dans l'analyse de Niveau 2 (Tableau 9.10), les indices de risque pour les deux éléments ont diminué de plusieurs ordres de grandeur, et par conséquent, seules quelques estimations de risque pour le molybdène (Colvert, canard fuligule, rat musqué, loutre) sont demeurées supérieures à 1 seulement jusqu'en 2009, et uniquement pour le 95<sup>ème</sup> centile. Les différences entre les résultats des Niveaux 1 et 2 pour ces deux éléments importants, et leur interprétation, sont discutées séparément ci-dessous.

A Cluff Lake, (Tableau 9.11), les indices maximum de risque étaient toujours typiquement bien inférieurs à 1, avec seulement quelques valeurs maximales au 95<sup>ème</sup> centile proches de 1. Généralement, il y avait peu d'indications de risques potentiels pour la faune sur une large variété d'espèces et de contaminants.

### *Molybdène dans le lac Island*

L'analyse de Niveau 1 a indiqué le risque d'effets résiduels sur les différentes espèces loin dans le futur, avec des indices de risque demeurant supérieurs à 1 au 50<sup>ème</sup> centile en 2100 pour le rat musqué (40,2), la loutre (8,3), l'orignal (2,1) et l'ours (1,2). Toutefois, les valeurs de référence élevées (par ex., jusqu'à 8,6) de cette analyse initiale ont suggéré que certains paramètres génériques ou hypothèses étaient soit hyperconservateurs, ou inadéquats pour cette région. Les indices de risque ont été affinés dans l'analyse de Niveau 2 en calculant les facteurs de transfert dans la chaîne alimentaire (eaux-végétation aquatique, eaux-poissons, etc.) à partir des données limitées spécifiques au site. La consommation de terres/sédiments a également été considérée sur la base d'un poids humide plutôt que d'un poids sec, et les hypothèses concernant la biodisponibilité des contaminants ont été tirées de la bibliographie disponible. En fonction de la combinaison espèces-régime alimentaire, des changements de facteurs de transfert ont été largement responsables des réductions des estimations de risques dans l'analyse de Niveau 2. Les estimations sont tombées en deçà de 1 pour la plupart des espèces d'ici à 2009 (Tableau 9.10), par rapport au risque de référence attendu pas plus élevé que 0,03 (50<sup>ème</sup> centile, loutre).

Les modifications des indices de risque pour la faune en fonction du temps dépendaient directement du lien entre les voies d'exposition de la faune et les concentrations prédites dans les eaux (Figure 9.1) et les sédiments (Figure 9.6) du modèle du bassin versant. Pour le molybdène, ces deux termes source sont restés élevés pendant de nombreuses années, causant un déclin prolongé dans le temps du risque pour la faune. Les comportements des différentes espèces ont reposé largement sur les spécifications des régimes

alimentaires et les caractéristiques écologiques fixes (par ex., l'utilisation prévue de la zone du lac Island). Une composante nécessaire du programme de suivi sera la vérification des concentrations prédites dans les éléments représentatifs du régime alimentaire, tels que consommés par la faune (par ex., les rats musqués mangeant des racines de *Typha Latifolia* avec les sédiments qui y adhèrent, les prédateurs consommant des poissons entiers contenant des sédiments dans l'appareil gastro-intestinal). La comparaison des valeurs mesurées avec celles prédites donnera confiance dans les diverses méthodes utilisées pour estimer à la fois l'ampleur et la durée des risques pour la faune, à mesure que le bassin versant retourne à son état de référence.

Les quotients de risque, au 50<sup>ème</sup> centile, pour le colvert et le fuligule sont inférieurs à 1. Cependant, en raison du fait que la référence de toxicité est le plus petit niveau avec effet observé (CMEQ) représentant une mortalité des embryons durant la période d'incubation, la prédiction au 95<sup>ème</sup> centile est prise en compte. L'estimation de risque au 95<sup>ème</sup> centile indique un risque potentiel pour la reproduction de ces oiseaux jusqu'à l'année 2009, le risque diminuant à moins de 1 en 2050. Le réalisme de cette modélisation sera évalué en mesurant les concentrations en molybdène dans la chaîne alimentaire pour ces VEC durant le programme de suivi.

Les quotients de risque pour l'analyse de niveau 2 ne sont pas présentés pour le caribou et l'orignal (voir Tableau 9-10). Les caribous ne sont pas étudiés plus en détail car il n'y a pas de lien entre leur régime alimentaire (principalement les lichens) et les rejets de molybdène dans le milieu aquatique. Dans le cas de l'orignal, de récentes informations suggèrent que la valeur de référence basée sur les effets sur la reproduction des rongeurs pourrait ne pas être appropriée pour évaluer les effets du molybdène. Pour les ruminants tels que l'orignal, l'exposition au molybdène pourrait conduire à une molybdénose, une maladie des ruminants domestiques reconnue dans le monde entier (Thouten, 2002). Cette maladie est bien documentée chez les ruminants domestiques consommant du fourrage à concentration élevée en molybdène. Il existe une littérature scientifique récente sur la sensibilité de l'orignal à la molybdénose (par exemple, Frank et al., 2002) dans des environnements ayant de faibles niveaux naturels de cuivre disponible biologiquement. La disponibilité biologique du cuivre dans le régime alimentaire est importante dans la mesure où le molybdène conduisant à la molybdénose est influencé par l'état du cuivre chez l'animal. Des concentrations en molybdène en excès peuvent entraîner des ingestions réduites de cuivre et en conséquence une défiance en cuivre. Des données limitées du Nord de la Saskatchewan suggèrent que les niveaux en cuivre dans la végétation sont en dessous des besoins alimentaires pour le bétail. L'effet du molybdène est également amplifié par une augmentation des niveaux en soufre dans le régime alimentaire (O'Connor et al., 2001).

Il est prouvé que l'orignal utilise l'habitat autour du lac Island (par exemple, par l'observation des animaux et des matières fécales), et qu'aucun décès ou maladie de l'orignal n'a été reporté. L'environnement post-déclassement du site de Cluff Lake pourrait rendre l'habitat encore plus approprié pour l'orignal (c. à d., moins d'activité humaine, et la disponibilité accrue d'herbe jeune à brouter) avec comme résultat une augmentation du temps de résidence et une augmentation potentielle de l'exposition au molybdène du fourrage du lac Island (macrophytes et végétation riveraine). Par conséquent, la vraisemblance du risque de molybdénose demandera une surveillance lors du programme de suivi afin de déterminer l'état du cuivre dans le fourrage de la région et les concentrations en molybdène et soufre dans le fourrage du lac Island. Dans le cas où l'analyse chimique confirmerait le risque potentiel de molybdénose dans la zone du lac Island, l'utilisation du site par l'orignal devrait être surveillée et s'il est

trouvé que l'original utilise le site de façon intensive, l'état de santé des animaux devra être étudié. Ces besoins seront inclus dans le programme de suivi.

L'effet potentiellement négatif du molybdène sur le fuligule, le colvert et l'original n'est pas considéré comme significatif car il est limité dans la zone du lac Island et par ce que le risque diminuera avec le temps après le déclassement et l'arrêt des rejets d'effluents. La prévention de la possibilité d'une mobilisation des contaminants à partir des sédiments du marécage du lac Island à l'aval vers le lac Sandy et la rivière Douglas suite au retrait des apports d'effluents de l'usine au bassin versant, est cruciale.

La surveillance du marécage et du déclin prédit des concentrations en contaminants dans le temps est alors essentielle dans le cadre du programme de suivi pour assurer la protection totale de la faune à l'échelle du bassin versant. Par exemple, dans les derniers stades de fermeture de l'usine (mars 2003), l'effet filtrant du marécage du lac Island a réduit les concentrations en molybdène de 99% dans les eaux en aval du ruisseau Island (réduit à 0,014 mg/L à partir d'une concentration de 1,0 mg/L à l'embouchure du lac Island).

### *Uranium dans le lac Island*

L'évaluation des indices de risque pour l'uranium dans le lac Island est également influencée par des problèmes similaires d'interprétation et d'incertitude à ceux soulevés dans le cas du molybdène. L'analyse de Niveau 1 indiquait des effets résiduels potentiels sur certaines espèces loin dans le futur, avec des indices de risque demeurant supérieurs à 1 au 50ème centile en 2100 pour le rat musqué (5,0), la loutre (1,7), l'original (1,5) et le canard fuligule (1,5). Pour comparaison, les valeurs de référence simulées étaient légèrement inférieures à 1,0 (par ex., jusqu'à 0,8), reflétant les le bruit de fond élevé attendu pour une région minière uranifère, et un certain conservatisme dans les choix de paramètres. Comme pour le molybdène, des modifications des facteurs de transfert dans l'évaluation de Niveau 2, les taux d'ingestion de terres/sédiments, la biodisponibilité et la nature des valeurs de référence de toxicité ont entraîné des réductions considérables des estimations des risques (Tableau 9.10), de telle sorte qu'aucune estimation de risques n'était supérieure à 1 au 50ème centile, dans le contexte d'un risque de référence en deçà de 0,06. Afin de vérifier le niveau de réalisme des prédictions d'exposition de la faune pour l'uranium, cet élément doit également être surveillé dans les aliments critiques et le milieu environnemental du bassin versant du lac Island dans le cadre du programme de suivi.

L'interprétation des risques requiert la prise en compte des incertitudes et des extrapolations faites à partir des valeurs de référence de toxicité pour l'uranium. En l'absence de valeurs de référence appropriées pour les gibiers d'eau, une valeur de référence issue de la littérature a été utilisée comme valeur par défaut (Haseltine & Sileo, 1983). Cette étude expérimentale n'a trouvé aucun effet sur les canards noirs ingérant de l'uranium métallique jusqu'à une dose de 160 mg/kg/j. Toutefois, cette étude a utilisé l'uranium métallique comme source alimentaire, rendant impossible la détermination de la quantité d'uranium physiologiquement disponible. Les données disponibles sur les concentrations d'uranium dans les gibiers habitant dans l'Aire de Gestion des Résidus de Cluff Lake (AGR) indiquent que l'uranium rejeté dans l'environnement sur le site est disponible biologiquement. En dépit des déficiences des références de toxicité, les données sur les gibiers de l'AGR de Cluff Lake supportent les conclusions de l'évaluation des risques que l'exposition à l'uranium représente un risque mineur pour le gibier. Les concentrations d'uranium dans les reins des gibiers récupérés en 2001 étaient bien inférieures à la valeur sans effet sur le



fonctionnement des reins (ENEV) de 0,5 mg/kg de poids mouillé (le fonctionnement des reins est la cible première de la toxicité en uranium).

Des données de toxicité comparatives de meilleure qualité étaient disponibles à partir d'expériences de laboratoire sur les mammifères offrant un niveau plus élevé de confiance dans les valeurs de référence choisies (Gilman et al., 1998a,b). Les références de toxicité sélectionnées représentent des effets à court terme sur la reproduction, la croissance et la survie et par conséquent les quotients de risques faibles pour les mammifères indiquent qu'il ne devrait pas y avoir d'effets à court terme. Toutefois, la possibilité d'effets chroniques résultant des expositions prolongées (éventuellement sur plusieurs générations) n'ont pas été complètement pris en compte. Par conséquent une surveillance de confirmation grâce à des échantillonnage appropriés des voies d'exposition potentiellement significatives a été incluse and le programme de suivi.

### **Effets résiduels et importance**

Dans le lac Island, les activités opérationnelles ont résulté en des conditions qui sont potentiellement négatives pour la faune. Les contaminants potentiellement problématiques sont: le molybdène, l'uranium et à un niveau bien inférieur le sélénium. Ces effets sont réversibles, puisqu'ils résultent des rejets historiques, avec une restauration aux conditions de référence très graduelle. L'ampleur des risques varie en fonction des espèces et des contaminants et est fortement influencée par les hypothèses sur les caractéristiques du régime alimentaire et écologiques. Pour plusieurs espèces, l'ampleur est élevée, actuellement et dans le futur immédiat. Le temps pour une restauration complète est également long, en raison de la stratégie de déclassement par restauration naturelle. Il se peut que les indices de risque indicatifs des effets de niveau faible restent supérieurs à 1 pour le molybdène et l'uranium pour quelques espèces au-delà des périodes attendues de surveillance et d'observation (par ex., de 2050 à 2100). Toutes les implications des effets résiduels négatifs au moment de l'abandon devront être évaluées à nouveau avec des modèles plus réalistes, une fois que des données fiables spécifiques au site auront été obtenues dans le cadre du programme de suivi.

Il est prédit que l'étendue géographique des effets négatifs soit limitée à la zone immédiatement avoisinante du lac Island (181 ha), et par conséquent petite. Dans un contexte écologique, les effets négatifs sur certains individus des espèces de la faune vivant dans ou près du lac Island ne devraient pas se traduire par un impact considérable sur la faune régionale en termes de quantité. Les espèces les plus affectées sont fréquentes dans toute la région de forêt boréale, et aucune espèce en danger ou menacée n'est affectée. L'utilisation à l'état final pour les usages traditionnels de certaines espèces (rat musqué, loutre, orignal, gibier d'eau) pourra être affectée dans la zone immédiate du lac Island à moyen terme. Des impacts en aval à grande échelle (c. à d. lac Sandy et Rivière Douglas) sont très improbables, étant donné les modèles de bassins versants qui prédisent un rejet relativement graduel des contaminants retenus dans le marécage du lac Island. Les effets d'une large période de restauration vers les niveaux de référence en molybdène, uranium et sélénium ne sont pas par conséquent considérés comme importants du point de vue écologique, ou en terme d'utilisation traditionnelle par la faune de la zone. Cette conclusion dépend de la stabilité du marécage du lac Island, et par conséquent elle devra être vérifiée dans le cadre du programme de suivi (section 10.4).

Dans le lac Cluff, tous les indices de risque réalistes du Niveau 2 pour la faune étaient inférieurs à 1 pour les contaminants non radioactifs. Les effets résiduels sont par conséquent peu probables et ne sont pas significatifs.

### ***Radionucléides***

Les indices de risque pour la faune en ce qui concerne les radionucléides ont été calculés en utilisant les mêmes méthodes de modélisation des voies d'exposition que pour les contaminants non radioactifs. Les estimations de risques dépendaient par conséquent également fortement des termes sources principaux du bassin versant et des estimations des facteurs de transfert pour l'ingestion de radionucléides via la chaîne alimentaire. Un résumé des résultats des 50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles pour les indices de risque en utilisant les valeurs du bruit de fond, les concentrations maximales prédites, et les concentrations pour l'année 2009 est présenté au Tableau 9.12. Les doses absorbées et les doses équivalentes basées sur l'efficacité biologique relative (EBR) de 5 pour les radiations alpha, sont présentées. Les données représentent les expositions attendues les plus élevées pour la faune dans la zone du projet au lac Island.

A l'exception d'un cas extrême (le 95<sup>ème</sup> centile de concentration maximale pour le colvert), tous les indices de risque étaient inférieurs à 1. L'utilisation d'une valeur conservatrice d'EBR de 40 dans les calculs augmenterait les doses équivalentes d'un facteur 7 environ (en fonction de la contribution alpha des radionucléides impliqués). Cela ne changerait pas le cadre général pour les risques moyens faibles issus des concentrations maximales et les risques moyens très faibles de l'état prédit du bassin versant en 2009. Le cas particulier du colvert est très peu probable, et résulte de l'importance de l'ingestion de sédiments et de la bioaccumulation en raison de certains facteurs de transfert élevés, y compris les facteurs de transfert intrinsèquement élevés d'aliments/chair pour les oiseaux comparativement aux mammifères. Ce résultat peu probable devrait être interprété en termes d'incertitudes majeures dans la spécification des facteurs de transfert spécifiques aux oiseaux, qui nécessitent l'utilisation d'une fourchette particulièrement large de distribution des paramètres par défaut. Des données historiques limitées d'évaluation indiquent seulement l'utilisation minimale de la zone du lac Island par les gibiers d'eau, la majeure partie de la reproduction et du ravitaillement se passant dans la zone du lac Claude.

### **Effets Résiduels et importance**

Pour les radionucléides, il existe une faible probabilité d'effet résiduel négatif pour les colverts du lac Island sur la base d'une modélisation relativement générique pour les oiseaux. L'ampleur de cet effet est minimale dans la plupart des scénarios. L'effet est de courte durée, avec des indices de risque élevés seulement pour les faibles probabilités ; scénarios maximum au cours des années suivant la fermeture de la mine/usine. Les effets sont plausibles seulement sur une petite zone du lac Island et sont réversibles, et s'améliorent graduellement avec le temps. Les populations de gibiers d'eau dans la zone du projet ne sont pas bien connues, mais sont généralement similaires à celle rencontrées sur l'ensemble de la région minière du Nord de la Saskatchewan. Le colvert est à la fois migratoire et trouvé fréquemment dans la région. Par conséquent, cet effet n'est pas considéré comme important dans le contexte écologique.

### **9.2.6.3 Effets sur les organismes terrestres – fosses noyées**

La section précédente a présenté les risques potentiels pour le biote non-humain liés à l'utilisation des ressources de la zone d'étude locale. Ces évaluations reposaient sur l'hypothèse que l'eau potable provenait des plans d'eau naturels. Une évaluation plus approfondie est requise pour déterminer s'il existe des risques supplémentaires si le biote non-humain utilisait les fosses noyées pour s'abreuver.

Cette section décrit l'évaluation des effets supplémentaires potentiels pour les récepteurs écologiques s'abreuvant dans les fosses D et DJX.

#### **Qualité des eaux**

Le Tableau 9.13 résume les concentrations dans les eaux utilisées pour l'évaluation des effets additionnels sur l'écologie et la santé humaine via l'ingestion d'eau.

La fosse D a été noyée et la qualité des eaux est surveillée depuis 1985. En général, la qualité des eaux est stable, et devrait rester stable dans un futur lointain. Les niveaux d'uranium de la fosse D ne sont toutefois pas stables. Ils présentent des fluctuations dues au ruissellement/infiltration en provenance de la verse à stériles adjacente suite à des précipitations importantes.

La fosse DJX sera noyée dans le futur. Une nouvelle modélisation a donc été réalisée afin d'estimer les concentrations en uranium et nickel dans la fosse DJX. Les concentrations des autres contaminants ont été établies en se basant sur les prédictions de qualité des eaux de la fosse réalisées par SENES (1992). Les résultats de la modélisation indiquent que la qualité des eaux était comparable pour les fosses D et DJX pour tous les contaminants autres que l'uranium. Par conséquent, seule la fosse D a été évaluée (concentrations en uranium plus élevées).

Les concentrations du 50ème centile dans les eaux des lacs Island et Snake (maximales au cours de l'an 2000) ont été obtenues à partir de l'exercice de modélisation de Niveau 2 (COGEMA, 2002b). Les concentrations dans les eaux ont été obtenues en utilisant les mêmes hypothèses et les paramètres présentés à l'Annexe B de COGEMA (2001). Les valeurs diffèrent légèrement des autres présentations en raison de différences dans la procédure de tirage aléatoire du modèle; toutefois, ces changements sont insignifiants.

**Tableau 9.13**  
**Qualité des eaux pour l'évaluation des eaux potables**

Contaminants	Unités	Concentrations des eaux de la fosse D	Concentrations des eaux de la fosse DJX	Concentrations des eaux du lac Island <sup>a</sup>	Concentrations des eaux du lac Snake <sup>a</sup>	Recommandations de qualité des eaux potables <sup>c</sup>
Arsenic	mg/L	0.026	0.026	0.001	0.0006	0.025
Cobalt	mg/L	nd	nd	0.0006	0.0009	-
Cuivre	mg/L	0.007	0.007	0.003	0.002	1.0 <sup>d</sup>
Plomb	mg/L	0.012	0.012	0.005	0.001	0.010
Molybdène	mg/L	0.008	0.008	0.801	0.026	-
Nickel	mg/L	0.028	0.028	0.006	0.005	-
Sélénium	mg/L	nd	nd	0.004	0.0004	0.01
Uranium	µg/L	340	110	179	2	20
Zinc	mg/L	0.069	0.069	0.006	0.003	5.0 <sup>d</sup>
Thorium-230	Bq/L	0.017	0.017	0.019	0.012	0.4
Radium-226	Bq/L	0.071	0.071	0.021	0.029	0.6
Plomb-210	Bq/L	0.107	0.107	0.040	0.014	0.1
Polonium-210	Bq/L	0.107 <sup>b</sup>	0.107 <sup>b</sup>	0.007	0.003	-

Note: a – maximum (an 2000) concentration prédite du 50ème centile

b – présumé égal aux concentrations de plomb-210

c – du CCME (1999)

d – recommandations pour un objectif esthétique

nd – données non disponibles

-- recommandations non disponibles

### **Évaluation écologique pour les fosses noyées**

L'évaluation des récepteurs écologiques pour les fosses noyées a considéré les récepteurs suivants: l'ours noir, le caribou, l'aigle chauve, le lièvre, le lagopède, l'orignal et le loup. Les gibiers d'eau n'ont pas été pris en considération, puisqu'il est peu probable qu'ils utilisent la fosse noyée pour une durée prolongée étant donné l'abondance de terrains inondés de bonne qualité dans la zone d'étude du site. Il a été anticipé que les récepteurs terrestres utiliseraient les zones autour des fosses pour s'alimenter et s'abriter, et il était présumé qu'ils boiraient l'eau de la fosse. Les caractéristiques des récepteurs, y-compris les taux d'ingestion d'eaux et la fraction d'eau en provenance du site, utilisées dans cette analyse et l'évaluation précédente des risques de Niveau 2 sont disponibles dans COGEMA (2002b).

Cette section présente les résultats de l'évaluation des effets additionnels de la fosse D (et de la fosse DJX) comme source d'eau potable pour les récepteurs terrestres. Les indices de risque considérés ici représentent le risque additionnel lié à la consommation des eaux de la fosse et par conséquent s'ajoutent aux indices présentés dans la section précédente.

### Contaminants non radioactifs

Le Tableau 9.14 présente les indices de risque liés à l'ingestion de l'eau de la fosse D par la faune. Les indices pour le cuivre, le plomb, le nickel et le zinc sont tous extrêmement faibles. Les concentrations en arsenic et uranium dans la fosse D entraînent des indices de risque également faibles. La valeur la plus grande du Tableau 9.14 est un indice de risque de 0,038 lié à l'uranium et l'original. Si cette valeur est ajoutée à l'indice de risque de 0,188 pour l'original dans le bassin versant du lac Island (Tableau 9.10, an 2000, 95<sup>ème</sup> centile), l'indice de risque total reste bien inférieur à 1 ( $0,039 + 0,188 = 0,227$ ). Des calculs similaires pour d'autres combinaisons d'espèces et contaminants arrivent également à des quotients de risques inférieurs à 1.

La qualité des eaux dans la fosse D est moins bonne que celle du lac Snake pour tous les contaminants, et par conséquent la faune utilisant le lac Snake comme source d'eau potable serait également exposée à des risques très faibles. Les estimations des risques de Niveau 2 précédentes pour la faune tenaient compte de la consommation d'eau du lac Island; les résultats ont été présentés à la section 9.2.6.

**Tableau 9.14**  
**Valeurs supplémentaires de l'indice de risque pour les non-radionucléides sur les récepteurs terrestres – Voies d'exposition de l'eau potable de la fosse D**

	Ours	Caribou	Aigle	Lièvre	Original	Lagopède	Loup
Arsenic	0.012	0.016	< 0.001	0.006	0.014	< 0.001	0.003
Cobalt	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cuivre	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Plomb	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Molybdène	0.002	0.002	< 0.001	0.001	0.002	< 0.001	< 0.001
Nickel	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Sélénium	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Uranium	0.030	0.025	0.001	0.009	0.039	0.001	0.020
Zinc	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Note: nd – données non disponibles pour ces paramètres

### Contaminants radioactifs

Le Tableau 9.15 présente les indices de risque liés à l'ingestion de radionucléides présents dans l'eau potable de la fosse D. Les valeurs sont extrêmement faibles, quelles que soient les espèces, ou le choix de la EBR pour les radiations alpha. Comme pour les contaminants non radioactifs, puisque la qualité des eaux du lac Snake est meilleure que celle de la fosse D, les indices de risque sont également négligeables pour le lac Snake.

**Tableau 9.15**  
**Valeurs supplémentaires de l'indice de risque pour les radionucléides sur les récepteurs terrestres**  
**Voies d'exposition des eaux potables de la fosse D**

	Ours	Caribou	Aigle	Lièvre	Orignal	Lagopède	Loup
EBR de 5	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	< 0.0001
EBR de 10	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	0.0001	0.0002	< 0.0001
EBR de 20	< 0.0001	< 0.0001	0.0002	< 0.0001	0.0001	0.0003	< 0.0001

### ***Effets résiduels et importance***

Les indices de risque additionnels faibles ou négligeables pour la faune s'abreuvant dans les fosses noyées (D ou DJX), ou dans le lac Snake n'indiquent aucun effet résiduel sur les récepteurs terrestres qui utilisent ces zones comme sources d'eaux potables.

## **9.2.7 Effets du projet sur la santé humaine**

Cette section présente les résultats de l'évaluation des impacts sur la santé humaine liés à l'exposition à des contaminants non radioactifs et à des radionucléides. La première sous-section présente les effets de l'utilisation traditionnelle de la zone du projet (utilisation par les trappeurs), en présumant que les trappeurs locaux s'approvisionneraient en eau potable à partir des lacs Cluff et Sandy. La deuxième sous-section identifie les risques additionnels si les mêmes récepteurs buvaient les eaux des fosses noyées et des lacs Island et Snake.

### **9.2.7.1 Les effets issus de la vie dans la zone du projet**

#### **Contaminants non radioactifs**

Une évaluation des risques de Niveau 2 a été réalisée sur une période de 10,000 ans pour deux trappeurs hypothétiques présumés comme résidents tout au long de l'année près du lac Sandy ou du lac Cluff (COGEMA, 2002b). Il est présumé que les trappeurs obtiennent leur eau potable et leurs poissons à partir de ces lacs et consomment les baies locales de la zone du projet. Ils chassent les animaux sauvages locaux au sein du bassin versant le plus contaminé (orignal, lagopède, lièvre et canard du bassin versant du ruisseau Island), ou dans le cas du caribou des bois, sur la zone entière du projet. Des hypothèses conservatrices ont été utilisées pour la modélisation des voies d'exposition (COGEMA, 2000d, Annexe B). Des contaminants non radioactifs, seul l'arsenic est carcinogène. Les expositions par des voies directes et indirectes résultaient généralement en des quotients de risques très faibles, similaires aux valeurs de référence (Tableau 9.16). Seul le zinc, pour une concentration maximale du 95<sup>ème</sup> centile avait un quotient de risque marginalement supérieur à 1, mais dans le contexte d'une valeur de référence similaire. L'absorption d'arsenic et les niveaux de risques d'incidence de cancer étaient bien dans la fourchette des valeurs d'exposition de référence pour l'arsenic à travers le Canada (niveaux d'absorption typiques de  $1,2 \times 10^{-4}$  à  $7 \times 10^{-4}$  mg/(kg j) et de risques de  $7 \times 10^{-4}$  à  $1,1 \times 10^{-3}$ ) (EC 1993).

## Radionucléides

Les estimations de doses additionnelles (50<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles) pour les trois intervalles de temps post déclassement (2009, 2050 et 2100) sont présentées au Tableau 9.17. En plus des voies d'exposition modélisées pour les contaminants non radioactifs, les estimations de doses ont inclut les contributions issues de l'inhalation de radon et de poussière. La dose additionnelle la plus importante a été prédite à 170 µSv/an (95<sup>ème</sup> centile pour le trappeur du lac Cluff). Cette dose maximale additionnelle peut être comparée à une dose de référence naturelle nominale au Canada d'environ 2,000 µSv/an, et à la dose limite réglementaire pour le public de 1,000 µSv/an.

### Effets résiduels et importance

Pour des résidents tout au long de l'année, les risques potentiels liés à une exposition aux aliments naturels et aux eaux potables dans le cas de l'utilisation traditionnelle la plus probable de la zone (les trappeurs) sont similaires ou légèrement plus élevés que les risques d'exposition naturelle de référence. Par conséquent, il n'est pas prédit d'effets négatifs sur la santé humaine pour les scénarios les plus réalistes d'utilisation de la zone de déclassement.

#### **9.2.7.2 Évaluation de la santé humaine pour les fosses noyées et les lacs Island et Snake**

Les effets potentiels sur les récepteurs humains ont été évalués pour la consommation occasionnelle, c.-à-d. à court terme, d'eaux des sites qui pourraient offrir des sources d'eaux opportunes pour la consommation humaine, particulièrement lorsque la zone du projet retournera à son état naturel, par ex., les fosses noyées et les lacs Island et Snake. Il a été présumé que les adultes collecteraient suffisamment d'eau pour une consommation durant 20 jours à un taux de 2 L par jour. L'hypothèse a été formulée que le trappeur du lac Sandy consommerait des eaux des lacs Island et Snake. Le trappeur du lac Cluff consommerait des eaux de la fosse D (comprenant l'exposition liée à la fosse DJX). La qualité de l'eau prédite est présentée au Tableau 9.13.

Cette section discute des résultats de l'évaluation des effets à court terme pour les trappeurs hypothétiques des lacs Sandy et Cluff. Ils sont considérés comme étant les meilleurs représentants des récepteurs humains.

### **Contaminants non radioactifs**

Le Tableau 9.18 montre les quotients de risques pour l'exposition à court terme comparativement aux valeurs de référence de toxicité aiguë, ou aux recommandations disponibles (par ex., le Niveau Tolérable Supérieur d'Ingestion, l'Ingestion Alimentaire de Référence pour le molybdène de l'Institut de la Médecine (IOM), COGEMA 2002b). En dehors de deux exceptions, les quotients de risques ont été très faibles pour tous les contaminants et les récepteurs. Pour le trappeur du lac Cluff, un quotient de risques de 0,149 a été obtenu pour l'arsenic. L'arsenic est rapidement éliminé du corps humain (< 1 jour, ATSDR, 2000). L'exposition occasionnelle à l'arsenic des eaux des fosses noyées ne devrait pas par

conséquent aboutir à des problèmes de santé, étant donné l'hypothèse raisonnable que les individus se fourniraient normalement en eau du lac Cluff pour laquelle le quotient de risque est inférieur à 1.

Pour le trappeur du lac Sandy, un quotient de risques de 0,789 a été obtenu pour la concentration prédite du 50<sup>ème</sup> centile de molybdène dans le lac Island de 0,8 mg/L pour l'année 2000, comparativement à la recommandation alimentaire consensuelle Nord Américaine. Par comparaison, dans l'étude expérimentale la plus similaire à ce jour, aucun effet n'a été trouvé pour les quatre mâles volontaires ingérant du molybdène à des niveaux atteignant jusqu'à 1,5 mg/jour pendant 24 jours, (Turnlund et al. 1995). Les concentrations mesurées en molybdène dans le lac Island étaient de 1,0 mg/L en mars 2003 lorsque les opérations se terminaient. Les concentrations en molybdène du lac Island devraient chuter considérablement à court terme, mais ne reviendront aux niveaux de référence qu'après une très longue période (Figure 9.1). Par conséquent, certains risques résiduels sont probables si l'eau du lac Island est utilisée pour la consommation humaine au cours des premières années. L'ampleur des risques est difficile à quantifier exactement, puisqu'il n'existe pas de valeurs de référence à court terme pour le molybdène, toutefois, il est peu probable que l'eau du lac Island (1,5 m de profondeur) soit utilisée comme source régulière d'approvisionnement en eau par le trappeur hypothétique du lac Sandy, limitant la possibilité d'effets considérables sur la santé.

**Tableau 9.18**

**Valeurs à court terme des quotients des risques pour les contaminants non radioactifs sur les récepteurs humains – voies d'exposition des eaux potables**

	Trappeur du lac Cluff Fosse D	Trappeur du lac Sandy Lac Island	Trappeur du lac Sandy Lac Snake
Arsenic	0.149	0.006	0.003
Cobalt	nd	< 0.001	< 0.001
Cuivre	0.001	0.001	< 0.001
Plomb	0.017	0.008	0.001
Molybdène	0.008	0.789	0.026
Nickel	0.057	0.013	0.011
Sélénium	nd	0.018	0.002
Uranium	0.007	0.004	< 0.001
Zinc	0.003	< 0.001	< 0.001

Note: nd – données non disponibles pour ces paramètres

## Radionucléides

Le Tableau 9.19 montre la dose additionnelle pour les récepteurs humains liée à la consommation des eaux de la fosse D, des lacs Island et Snake sur une période de 20 jours. Les doses additionnelles prédites sont bien inférieures à la dose limite réglementaire de la CCSN de 1000 µSv/an.



**Tableau 9.19**  
**Dose supplémentaire de radiation sur les récepteurs humains**  
**Voies d'exposition des eaux potables**

	Fosse D	Lac Island	Lac Snake
Dose supplémentaire (µSv/an)	478	194	19

**Effets résiduels et importance**

Les effets sur les humains des contaminants non radioactifs et radioactifs sont minimes pour les scénarios réalistes d'utilisation traditionnelle de la zone entière du projet par des trappeurs hypothétiques résidents à long terme. Seule l'utilisation à court terme de certains plans d'eau pour la consommation au cours de la période prolongée de restauration aux conditions de référence présente quelques effets potentiels, par ex., le molybdène du lac Island. L'ampleur de ces effets, toutefois, est plus faible que les valeurs de référence disponibles, (i.e. quotients de risques inférieurs à 1) et par conséquent ne pose qu'un faible risque pour les humains. Les effets potentiels sur la santé humaine sont par conséquent classés comme négatifs mais pas importants.

**9.2.8 Effets du projet sur l'utilisation des terres**

**Restauration et utilisation des terres**

Des 4 131 hectares du bail de surface, 418 hectares ont été développés ou perturbés, sans compter la fosse D qui a été restaurée. Les terrains perturbés seront restaurés naturellement, avec l'aide apportée en plantant des espèces caduques indigènes. Dans deux zones spécifiques (l'AGR de 55 ha et la verse à stériles Claude de 36 ha), des couvertures en till seront utilisées pour limiter l'infiltration. Ces zones seront semées avec des variétés d'herbes/de légumineuses afin de promouvoir la transpiration initiale et la stabilisation de la couverture. L'invasion naturelle de la végétation indigène sera retardée dans ces zones. Toutefois, le plan de restauration permettra l'utilisation en toute sécurité de la zone pour la chasse, la trappe et la pêche, qui sont des activités cohérentes avec l'utilisation précédente et actuelle des terres de la région. Il est estimé que la durée de cette période de restauration devrait être de 10 à 15 ans.

Le déclassement final de l'AGR, de la fosse Claude, des verses à stériles Claude et D laissera des zones permettant un accès occasionnel.

**Effets résiduels et importance**

Des contrôles institutionnels seront requis pour prévenir toute résidence permanente, ou utilisation des eaux souterraines comme eau potable, dans les zones restaurées majeures, y-compris l'AGR, la fosse Claude et les verses à stériles D et Claude. Toutefois, le caractère éloigné du site prévient la présence d'un tel cas dans le futur proche et une bonne partie du reste du site pourrait être utilisée sans avoir besoin de telles restrictions. Les zones de l'AGR, de la fosse Claude et des verses D et Claude ne représentent

qu'une petite portion de la zone d'étude du site, considérablement moins grande que la zone d'étude locale.

Puisque la restauration palliera aux perturbations résultant de la période opérationnelle mais que certaines restrictions sur l'utilisation future des terres seront nécessaires pour une petite portion de la zone d'étude du site, les effets résiduels sont considérés comme négatifs mais pas importants.

### **Niveaux radiologiques ambiants**

Les zones qui nécessiteront d'être restaurées comprennent la zone de la fosse Claude, l'AGR, la zone DJN/DJX, la zone DP et la zone de l'usine. Certaines zones de l'usine auront des niveaux élevés de radiations gamma au cours de la démolition de l'usine. Par conséquent, un programme de radioprotection efficace sera requis pour maintenir les expositions des travailleurs ALARA. Une fois le déclassement final réalisé, les matériaux radioactifs résiduels seront déposés dans la fosse Claude ou le bassin à liquides réduisant ainsi considérablement les niveaux de radiation gamma au sol dans les zones affectées.

Un comptage des radiations gamma dans les zones de la mine indiquera les zones nécessitant l'excavation ou le recouvrement avant la revégétalisation. Au cours de la période suivant la fermeture, les niveaux devraient être comparables aux niveaux de référence, et l'utilisation occasionnelle de ces zones à doses de radiation légèrement élevées (telles que l'AGR et les zones des stériles) sera sans conséquence en terme de doses attendues.

Les flux de radon seront réduits d'un facteur de 2 pour chaque 0,5 m de couverture en till, donc les niveaux de l'AGR et de la verse à stérile Claude seront grandement réduits. Les concentrations additionnelles prédites pour le radon seront proches des niveaux de référence à quelques centaines de mètres de l'AGR.

Les valeurs des Particules Totales en Suspension (PTS) peuvent être converties en concentrations de poussières radioactives à longue vie (PRLV) aériennes, pour estimer les niveaux au cours du déclassement. Les concentrations PRLV anticipées ont été calculées à 0,02 – 0,11 Bq/m<sup>3</sup>. Des niveaux plus élevés pourront être rencontrés au cours de la démolition de l'usine, toutefois, la surveillance radiologique ajoutée à l'utilisation efficace des méthodes de suppression des poussières et l'utilisation d'équipements de protection tel que requis, devraient aider à maintenir les expositions du personnel de déclassement à des niveaux aussi faibles que possible et bien inférieurs aux limites réglementaires. Après la réalisation des travaux physiques, les valeurs PST et PRLV devraient tomber à des niveaux proches des valeurs de référence, éliminant ainsi les expositions supplémentaires.

### ***Effets résiduels et importance***

Les mesures palliatives, la démolition et le dépôt des bâtiments/équipements contaminés, l'élimination ou l'enfouissement des sols contaminés, seront menés à bien afin d'atteindre les objectifs décrits à la section 7.7 sur tous les emplacements du site. Par conséquent, les doses radiologiques résiduelles n'auront pas

d'effets négatifs ou importants car elles seront toutes inférieures à la dose limite pour le public et ne représenteront seulement qu'une petite fraction des radiations naturelles de référence.

### **9.2.9 Effets sur l'utilisation durable des ressources renouvelables**

Comme noté à la section 9.2.10, les plans de restauration pour les paysages perturbés du site de Cluff comprennent la revégétalisation dans la plupart des zones par la semence d'herbes/légumineuses sur les couvertures. Le plan de revégétalisation naturelle offrira un habitat adéquat pour les espèces de la faune indigène. La semence d'herbes/légumineuses sur les zones de couverture (AGR et verse à stérile Claude) pourra offrir des aires de broutage supplémentaires et accroître la capacité de maintien de petits mammifères, de petits prédateurs mammifères et d'ongulés, par rapport à la capacité qui existait avant la perturbation du terrain.

Aucun effet important à long terme n'est prédit pour les plans d'eau de surface qui altérerait le développement d'une écologie aquatique forte dans ces zones.

Le site de Cluff Lake continuera à offrir un habitat terrestre et aquatique et à supporter les activités traditionnelles d'utilisation occasionnelle des terres pour la chasse, la trappe et la pêche. Il n'y a pas de résidents permanents dans la zone, quoiqu'il existe quelques utilisateurs traditionnels saisonniers. Les effets résiduels de perte temporaire d'habitat ne sont pas négatifs puisque le déclassement créera à nouveau l'habitat perdu pendant la phase opérationnelle.

### **9.2.10 Effets socio-économiques du projet**

Le projet de déclassement offrira des emplois à courts termes. COGEMA s'est engagée à offrir des emplois préférablement aux employés actuels et aux résidents des communautés de la zone d'étude régionale. De même, COGEMA s'est engagée à offrir aux résidents du Nord la priorité pour acheter les matériaux et équipements récupérables.

L'achat de matériaux et d'équipements injectera des fonds dans l'économie régionale à court terme.

L'achèvement du déclassement et éventuellement le retour à l'accès non contrôlé faciliteront le retour des terres pour leur utilisation traditionnelle incluant les activités des trappeurs, la pêche et la chasse. Toutefois, la nécessité de contrôles institutionnels à long terme représente un petit fardeau pour les générations futures.

#### **Effets résiduels et importance**

Les bénéfices financiers et de création d'emplois sont limités à la durée du projet. Le retour éventuel à l'utilisation traditionnelle des terres est considéré comme un effet positif.

La méthode de déclassement proposée a été développée afin de minimiser les contrôles institutionnels à long terme et de minimiser le fardeau pour les générations futures. Les concepts finaux seront revus et modifiés si nécessaire afin d'assurer que les exigences en maintenance à long terme sont minimisées.

Ainsi, les effets résiduels socio-économiques sont considérés comme négatifs en raison de la nécessité de contrôles institutionnels mais ne sont pas considérés comme importants.

### **9.3 Effets de l'environnement sur le projet**

Des événements inhabituels géologiques ou climatiques pourraient avoir un impact sur les mesures palliatives qui seront mises en place. Cette section identifie ces événements potentiels et fait des commentaires sur:

- La probabilité qu'ils se produisent,
- Les conséquences s'ils se produisent,
- Les mesures supplémentaires qui ont été adoptées pour minimiser les conséquences.

#### **9.3.1 Événements sismiques**

Atomic Energy of Canada Limited (AECL) a réalisé des recherches intensives sur la stabilité tectonique du Bouclier canadien. AECL a conclu que le Bouclier canadien est l'une des zones tectoniques les plus stables au monde (COGEMA 1997). L'activité sismique ne sera probablement pas un problème pour la mine de Cluff Lake déclassée en raison de la faible probabilité d'activité significative dans la région.

Le Barrage principal de l'AGR est la seule structure ouvragée qui restera en place après le déclassement et pour laquelle il pourrait y avoir des risques potentiels. En raison des conséquences qu'aurait une défaillance et pour assurer que le risque est minimal, la pente en aval du Barrage principal sera renforcée avec du till pour assurer la stabilité à long terme du Barrage principal.

#### **9.3.2 Effets climatiques à court terme**

##### **Sécheresse prolongée**

Afin de définir s'il existe une sécheresse et sa sévérité, les valeurs de l'Index des Précipitations Normales (IPN) ont été calculées et appliquées aux données de précipitations saisonnières de Cluff Lake (hiver, printemps, été et automne).

Les valeurs de précipitation les plus faibles pour l'hiver, le printemps, l'été et l'automne avec une période de retour de 100 ans sont respectivement 2,8 mm, 41,7 mm, 57,2 mm et 30,2 mm. Selon l'IPN, les valeurs avec une période de retour de 100 ans pour l'hiver, le printemps et l'été correspondent à des sécheresses extrêmes, alors que la valeur des précipitation avec une période de retour de 100 ans pour l'automne correspond aux conditions normales. La variance des valeurs des précipitations d'automne de

1981 à 1998 est suffisamment faible pour résulter en conditions pratiquement normales (IPN) au cours de cette période.

En appliquant les périodes de retour aux modèles de conception, il se peut que les plus faibles précipitations, pour une période de retour de 100 ans, ne correspondent pas au début d'une sécheresse extrême. Les valeurs des précipitations seules ne peuvent pas décrire la sécheresse, par conséquent, l'existence et la sévérité d'une sécheresse ne peut seulement être déterminée par l'établissement de conditions limites, comme celle de l'IPN. Sur la base de l'évaluation des données, la période de retour pour une sécheresse extrême dans la zone de Cluff Lake est d'environ 25 ans pour les périodes d'hiver, de printemps et d'été.

La modélisation de la couverture pour l'AGR et la verse à stérile Claude ont pris en compte l'analyse de la sensibilité pour les périodes sèches et présentent une faible sensibilité à ces événements (COGEMA 2000b et 2000c). L'objectif principal de ces couvertures est de limiter l'entrée d'eau; par conséquent, une période de sécheresse n'a pas de conséquence autre que de réduire la quantité d'eau de dilution disponible dans le système en aval, et le stress de la couverture végétale qui est l'élément majeur de contrôle de l'érosion dans des conditions humides. Pour la verse à stériles Claude, la réduction de la quantité d'eau dans la couverture augmentera temporairement la quantité d'oxygène entrant dans la verse et pourrait entraîner l'augmentation à court terme du taux de drainage minier acide. Aucun des ces problèmes potentiels ne devrait accroître considérablement les concentrations prédites des contaminants dans les eaux souterraines et à l'aval dans les récepteurs d'eaux de surface, ou avoir des effets à long terme sur l'intégrité des zones déclassées.

### **Précipitations abondantes**

Les précipitations ont été surveillées depuis 1981 sur le site de Cluff Lake. Le record extrême de précipitations en 24-heures enregistré à la station climatologique de Cluff Lake était de 62,2 mm le 7 juillet 1981. La probabilité qu'une pluie de 24 heures comparable se produise est de 0,05 à 0,02 pour n'importe quelle année résultant en des périodes de retour de 20 à 50 ans. La Précipitation Maximale Probable (PMP) est utilisée dans la conception des structures, dont la défaillance entraînerait des dégâts environnementaux et physiques ou la perte de vie humaine (Hopkinson 1994). La PMP est utilisée pour tester et réviser les concepts préliminaires de période de retour pour fournir des preuves que le concept final fonctionnera correctement dans les conditions les plus extrêmes. L'estimation annuelle de la valeur PMP pour Cluff Lake, pour une durée de 24 heures, est 497 mm (Hopkinson 1994).

Les bassins de drainage de diversion ont été construits autour de l'AGR et leurs tailles leur permettent d'accommoder les événements de PMP. Cela a effectivement limité la zone du bassin d'alimentation de l'AGR en une zone aussi petite que possible. La surface restaurée finale de l'AGR sera conçue avec une pente globalement faible et des écoulements d'eau canalisés vers le lac Snake. Une couverture végétale importante avec un système de racines bien développé minimisera l'érosion de la surface de l'AGR. Le canal de sortie sera conçu et construit pour accommoder une situation d'écoulement sévère. Un cas de pluies majeures (c.-à-d. PMP) pourrait entraîner quelques dégâts d'érosion locale mais ne devrait pas compromettre la couverture.

La situation est similaire pour la verse à stériles Claude dont la surface supérieure sera remodelée pour diriger et contrôler les écoulements. Les pentes latérales de la verse seront remodelées, toutefois, cela résultera quand même en des inclinaisons plus élevées que l'AGR. En plus de la végétation de la couverture du sol, les structures ouvragées, telles que filtres à limon en saule, seront établies dans les canaux de drainage des pentes latérales pour ralentir les écoulements très rapides et minimiser l'érosion.

Le concept et les plans de construction finaux du déclassement seront revus et approuvés par les agences fédérales et provinciales pour confirmer que les provisions adéquates sont en place pour le contrôle de l'érosion et du colmatage là où et quand cela sera nécessaire.

### **9.3.3 Le réchauffement global**

Les effets du réchauffement planétaire sur le projet de déclassement de Cluff Lake ont été évalués en utilisant trois Modèles de Circulation Générale (GCM). Les Modèles de Circulation Générale (MCG) sont utilisés pour simuler les effets des diverses concentrations des gaz à effet de serre sur le climat global. Les GCM diffèrent quelque peu en termes de formules mathématiques et physiques utilisées pour leur développement. Par conséquent, ils arrivent à des résultats quelque peu différents en termes de scénarios de changement de climat. De ce fait, l'utilisation de trois modèles apportent un supplément de robustesse à cette évaluation.

Dans le scénario de doublement du CO<sub>2</sub>, les estimations récentes des MCG prédisent que la moyenne annuelle globale des températures en surface augmentera entre 1,0 et 4,5°C. À l'échelle régionale ou sub-continentale, il n'est pas possible de savoir avec certitude les détails du changement de climat (EC, 1997). Les résultats des MCG, ils offrent actuellement les meilleures estimations de changement du climat pour le scénario du doublement du CO<sub>2</sub>.

Les MCG n'ont pas été utilisés pour prédire les changements de climat pour les zones plus petites telle que le Nord-Ouest de la Saskatchewan (zone de Cluff Lake). Toutefois, les prédictions pour les prairies ont été faites en utilisant les MCG, pour le scénario de doublement du CO<sub>2</sub>. Les prairies ont été sous divisées en prairie et région forestière du nord-ouest. En terme de prédiction des changements climatiques qui pourraient se produire pour la zone de Cluff Lake, les résultats pour la région forestière du nord-ouest offrent les meilleures estimations disponibles et sont présumées adéquates pour l'utilisation dans la zone de Cluff Lake.

#### **Précipitations et températures**

Le Tableau 9.20 résume les changements projetés des températures et précipitations saisonnières produites par trois MCG différents pour les régions forestières du nord-ouest. Les valeurs inférieures et supérieures de chaque catégorie représentent la variabilité spatiale des variations projetées pour les régions. Les valeurs pour les températures sont les montants des variations de température prédites par rapport aux températures normales actuelles. Les valeurs pour les précipitations sont les pourcentages de variations prédites par rapport aux valeurs actuelles normales. Bien que les valeurs pour les températures

sont relativement variables, il est noté que dans tous les cas elles sont positives (c. à d. une augmentation relative aux normes actuelles). Les précipitations sont plus difficiles à modéliser, et par conséquent, ces prédictions sont plus variables que celles de ces températures.

**Tableau 9.20**

**Prédictions des changements de températures saisonnières (°C) et de précipitations (%) pour la région forestière du Nord-Ouest par trois modèles de circulation générale pour le doublement du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère**

Forêt du Nord-Ouest					
		Fourchette des températures (°C)		Fourchette des précipitations (% de variation)	
Saison	Modèle	Valeur inférieure	Valeur supérieure	Valeur inférieure	Valeur Supérieure
Hiver (DJF)	CCC	4.5	7.0	0	30
	GFDL	2.5	4.0	5	20
	GISS	2.5	3.0	0	15
Printemps (MAM)	CCC	3.0	5.0	-5	25
	GFDL	2.5	3.5	5	15
	GISS	1.5	2.0	5	20
Été (JJA)	CCC	3.5	5.5	-15	10
	GFDL	2.0	2.5	-10	15
	GISS	0.5	1.0	10	40
Automne (SON)	CCC	2.5	3.5	5	30
	GFDL	3.5	4.5	-5	10
	GISS	1.5	2.5	0	20

Note:

- CCC est le Centre Canadien pour la Modélisation et l'analyse du Climat
- GFDL est le laboratoire des dynamiques des fluides géophysiques de l'Université de Princeton
- GISS est l'institut Goddard des études spatiales de la NASA

Source: Environnement Canada 1997.

### Évaporation et Évapotranspiration

Il ne semble pas qu'il y ait de références spécifiques qui quantifient les changements prédits d'évaporation et d'évapotranspiration dans la zone forestière nord-ouest. En général, les effets spécifiques du changement de climat sur l'évaporation ne sont pas bien connus.

Toutefois, l'évaporation et l'évapotranspiration augmentent généralement avec la température. Dans le cadre d'une enquête sur 20 ans dans l'Aire Expérimentale des Lacs (AEL) au nord-ouest de l'Ontario, la relation entre la température et l'évaporation a été quantifiée dans les petits lacs boréaux. Au cours des 20 années de la période expérimentale, la température de l'air a augmenté de 1,6°C et l'évaporation

annuelle du lac a augmenté de 35 mm par 1,0°C d'augmentation de la température annuelle de l'air (EC, 1998).

Étant donné qu'un doublement du CO<sub>2</sub> résulte en des températures dans l'air plus élevées pour la majeure partie du Canada, l'évaporation et l'évapotranspiration devraient augmenter, bien que des précipitations plus élevées soient également attendues pour plusieurs régions du Canada. Les études suggèrent que des évapotranspirations plus élevées contrebalanceront les précipitations plus élevées des scénarios de changement de climat dans la région des Grands Lacs et du Bassin de la rivière Mackenzie (EC, 1998).

Pour Cluff Lake les GMC prédisent des températures annuelles plus élevées, avec des augmentations plus notables durant les périodes d'automne et d'hiver. L'augmentation des précipitations hivernales pourraient entraîner des événements de ruissellement des eaux plus intenses, toutefois, en concevant les installations pour qu'elles puissent gérer les cas de PMP plus sérieux (voir section 9.3.2), ces augmentations potentielles peuvent être facilement gérées.

### 9.3.4 Feux de forêt

Les conditions pour que des feux de forêt se produisent sont intimement liées à la météorologie et au climat. Les conditions climatiques, telles que les sécheresses intenses et prolongées, sont généralement associées aux saisons de feux sévères. La fréquence des feux de forêt dans la région boréale du nord de l'ouest du Canada ont des cycles moyens de feux d'environ 39 ans pour les forêts dominées par le pin gris ou le peuplier faux-tremblant, 78 ans pour les forêts dominées par le pin noir et 96 ans pour les forêts dominées par le pin blanc (Larsen 1997).

L'interception réduite en raison du couvert forestier brûlé permettra à davantage de précipitations d'atteindre le sol, augmentant potentiellement la disponibilité en eau du sol et l'écoulement. La capacité de rétention du sol est réduite en raison de la réduction des pertes par transpiration de l'humidité du sol. Cela résulte en des sols plus humides dans les zones brûlées, en des niveaux de la nappe plus élevés dans les zones d'eau souterraine peu profonde et en une augmentation des zones de sol saturés proches des cours d'eau. Les feux peuvent consommer les matériaux du sol, ce qui réduit également la capacité de stockage en eau du sol et expose le sol minéral aux forces d'érosion.

Les inquiétudes ci-dessus ont des conséquences principalement pour l'AGR et la verse à stériles Claude où l'efficacité et la durabilité à long terme du matériel de couverture est largement basée sur le succès de la revégétalisation. Dans les années initiales après le déclassement, la couverture végétale sera dominée par une herbe légumineuse. Ce type de végétation n'est pas affecté négativement par les feux de forêt puisque les zones de leur racines restent intactes et que la combustion de la couche de litière accélère le recyclage des nutriments. Le rétablissement après le feu est immédiat et généralement plus intense que ce qui existait avant le feu. Dans un tel cas, la surveillance post fermeture vérifiera que le rétablissement s'opère dans un délai acceptable. La revégétalisation pourrait être entreprise, si nécessaire, pour accélérer le rétablissement de la couverture végétale.



A plus long terme, la succession écologique résultera en une progression vers la végétation naturelle et finalement l'établissement d'espèces culminantes, telles que le pin gris. Il est anticipé que les variétés d'herbes légumineuses conserveront une présence sous-jacente, même après l'établissement de végétation boisée entrelacée. Cette présence continue avec les espèces de succession précédentes, telles que le saule et l'aulne, assureront une restauration rapide en cas de feu de forêt. Il faut également noter que le pin gris lui-même est une espèce de succession du feu qui se régénérera rapidement après de tels événements. La nature actuelle des feux de forêt au Nord de la Saskatchewan ne devrait pas avoir d'effets nuisibles sur le déclassement de Cluff Lake.

#### **9.4 Effets environnementaux cumulatifs**

Il n'existe pas actuellement de proposition de développements miniers, forestiers ou industriels sur le site de Cluff Lake ou à proximité. Les effets cumulatifs potentiels sont limités aux effets opérationnels combinés aux effets des activités de déclassement.

Au cours de l'exploitation, les effluents ont été rejetés dans un système de drainage qui n'a été affecté par aucun autre développement (Rivière Douglas) et les impacts environnementaux ont été limités aux zones directement voisines du site de Cluff Lake. Ainsi, les impacts cumulatifs sont ceux liés aux impacts opérationnels avant le commencement du déclassement, et aux impacts supplémentaires résultant des activités du déclassement et de la période de restauration s'étalant dans le futur. La section 6 a discuté des impacts existants liés aux opérations. La section 9 a identifié les impacts associés au déclassement et les effets cumulatifs ont été évalués pour les activités de déclassement combinés aux effets opérationnels (par ex., lac Island). Le Tableau 9.21 résume les effets environnementaux cumulatifs.

Des effets à long terme sont prédits pour les qualités des eaux de surface et souterraines, la qualité des sédiments, les organismes aquatiques et terrestres. L'effet le plus considérable devrait être lié aux opérations passées, à savoir l'impact des rejets d'effluents sur le lac Island.

Comme indiqué à la section 9.3, il existe un certain nombre d'événements climatiques, y compris les sécheresses, les événements de précipitations abondantes et les feux de forêt, qui pourraient affecter le projet. Les caractéristiques de conception et les contrôles de construction, qui feront l'objet d'une revue détaillée et seront soumis à approbation réglementaire, seront utilisés pour assurer que ces effets potentiels sont adéquatement mitigés. La surveillance de suivi vérifiera la performance des différents concepts et initialisera les mesures de mitigation adéquates si elles s'avèrent nécessaires.

Bien que des effets environnementaux cumulatifs prédits en raison des opérations passées couplées aux activités de déclassement proposées soient négatifs, aucun de ces effets n'est considéré comme significatif.