

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT,
DE LA LUTTE CONTRE
LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES,
DE LA FAUNE ET DES PARCS

Méthode d'analyse

MA. 200 – M-Ter.rares
19-06-2023 (révision 3)

Détermination des métaux de la série des terres rares : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction générale de la coordination scientifique et du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (DGCSCEAEQ) du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCCFP.

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 646-5974
Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp
Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Pour obtenir un exemplaire du document :

Direction générale de la coordination scientifique et du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

675, boul. René-Lévesque Est, 4^e étage, boîte 23
Québec (Québec) G1R 5V7
Téléphone : 418 521-3848

Ou

Visitez notre site Web : www.environnement.gouv.qc.ca.

Dépôt légal – 2023
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN 978-2-550-94937-4 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2023

TABLE DES MATIÈRES

1. Domaine d'application	1
2. Principe et théorie	1
3. Interférence	1
4. Conservation	2
5. Matériel et appareillage	2
6. Réactifs et étalons	3
7. Protocole d'analyse	6
7.1 Préparation spéciale de la verrerie	6
7.2 Préparation de l'échantillon	6
7.3 Étalonnage de l'instrument	7
7.4 Dosage	7
8. Calcul et expression des résultats	8
8.1 Échantillons liquides	8
8.2 Échantillons solides	8
8.3 Filtre de l'air ambiant	8
9. Critères d'acceptabilité	9
10. Bibliographie	10
ANNEXES	11
Tableau 1 – Métaux dissous dans l'eau	11
Tableau 2 – Métaux extractibles dans l'eau	12
Tableau 3 – Métaux extractibles dans les solides	13
Tableau 4 – Métaux extractibles dans l'air	14

1. Domaine d'application

Cette méthode sert à quantifier les métaux de la série des terres rares dans les échantillons aqueux, les filtres de l'air ambiant et les solides. Le domaine d'application pour chacun des métaux, dans les différentes natures, est indiqué en annexe. Des concentrations plus élevées peuvent être rapportées en appliquant des dilutions appropriées aux échantillons avant le dosage.

Les échantillons sont traités conformément aux recommandations de l'annexe 4 du document intitulé *Terminologie recommandée pour l'analyse des métaux*. Les métaux dissous sont obtenus après filtration de l'échantillon sur une membrane de 0,45 µm; les métaux solubles à l'acide sont obtenus après une légère acidification de l'échantillon, puis une filtration; les métaux extractibles sont obtenus après une minéralisation partielle à chaud; et les métaux totaux sont obtenus après minéralisation complète de l'échantillon. Les métaux totaux ne sont pas couverts par cette méthode, car ils sont peu demandés en analyse environnementale.

Cette méthode est basée sur la méthode 200.8 de l'Environmental Protection Agency (EPA) ainsi que des *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

2. Principe et théorie

Dans une première étape, l'échantillon est traité de façon à solubiliser les métaux présents dans la matrice. Dans une seconde étape, le dosage est effectué à l'aide d'un spectromètre de masse à source ionisante au plasma d'argon (ICP-MS). L'échantillon liquide est entraîné dans un plasma d'argon par une pompe péristaltique puis transformé en un aérosol à l'aide d'un nébuliseur. Les métaux contenus dans l'échantillon sont atomisés et ionisés dans le plasma. Les ions produits sont introduits dans la chambre du spectromètre de masse où ils sont dirigés par une série de plaques métalliques chargées, séparés par un ou plusieurs quadropôles, pour être finalement captés par un détecteur. Certains appareils peuvent également être munis d'une cellule de collision-réaction dans laquelle divers gaz peuvent être introduits afin de permettre une meilleure gestion des interférences.

La concentration d'un élément à une masse spécifique est déterminée par comparaison entre les quantités d'ions captés entre l'échantillon et des solutions étalons.

3. Interférence

Les interférences les plus fréquentes sont les interférences polyatomiques et isobariques (ions ou molécules dont la masse est la même que celle qui est mesurée). Ces interférences peuvent être corrigées à l'aide d'équations.

Un autre type d'interférence est la quantité totale de solides dissous présents dans l'échantillon analysé qui ne doit pas dépasser environ 0,1 % (P/V). Au-dessus de cette valeur, il est recommandé de diluer les échantillons afin de réduire les dépôts de solides au niveau du nébuliseur et des cônes ainsi que de réduire les effets de matrice.

4. Conservation

Les échantillons sont prélevés dans un contenant de plastique ou de verre exempt de contaminants. Un volume de 100 ml d'échantillon liquide ou de 100 g d'échantillon solide est requis pour réaliser l'analyse. Les échantillons sont conservés selon les modalités suivantes :

Nature de l'échantillon	Conditions de conservation	Délai de conservation
Eaux (dissous)	<ul style="list-style-type: none">Filtration 0,45 µm sur le terrain ou le plus tôt possible au laboratoireHNO₃, pH < 2 après filtration1 °C à 6 °C	6 mois
Eaux (solubles à l'acide)	<ul style="list-style-type: none">HNO₃, pH < 2 avant filtrationFiltration 0,45 µm dans les 48 heures après l'acidification1 °C à 6 °C	6 mois
Eaux (métaux extractibles)	<ul style="list-style-type: none">HNO₃, pH < 21 °C à 6 °C	6 mois
Solides	<ul style="list-style-type: none">Aucun agent1 °C à 6 °C	6 mois
Air ambiant	<ul style="list-style-type: none">Aucun agentTempérature ambiante	6 mois

5. Matériel et appareillage

Les marques de commerce qui apparaissent ci-dessous ne sont mentionnées qu'à titre informatif. Un modèle équivalent d'un autre fabricant peut également être utilisé.

- 5.1. Spectromètre de masse à source ionisante au plasma d'argon, muni d'un échantillonneur automatique
- 5.2. Plaque chauffante
- 5.3. Bloc digesteur à 95 ± 3 °C
- 5.4. Poinçon en acier inoxydable de 37 mm de diamètre pour les filtres de l'air ambiant
- 5.5. Bain à ultrasons pouvant atteindre 60 ± 5 °C
- 5.6. Étuve
- 5.7. Appareil de filtration sous vide

- 5.8. Burette automatique
- 5.9. Tube de plastique de 50 ml gradué à 40 ml et contenant de polyéthylène de 125 ml
- 5.10. Tamis de 2 mm

6. Réactifs et étalons

Les réactifs commerciaux utilisés sont de qualité ACS, à moins d'indication contraire.

L'eau utilisée pour la préparation des réactifs et des solutions étalons est de l'eau distillée ou déminéralisée.

À moins d'indication contraire, les solutions sont conservées indéfiniment à la température ambiante. Cependant, elles doivent être refaites si elles changent de couleur ou s'il y a formation d'un précipité.

Réactifs pour digestion

- 6.1. Acide chlorhydrique, HCl (CAS n° 7647-01-0)
- 6.2. Acide nitrique, HNO₃ (CAS n° 7697-37-2)
- 6.3. Solution d'acide nitrique 50 % (V/V)

Dans une fiole jaugée de 500 ml, diluer 250 ml d'acide nitrique dans environ 200 ml d'eau. Laisser refroidir et remplir la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

- 6.4. Solution d'acide nitrique 20 % (V/V)

Dans une fiole jaugée de 500 ml, diluer 100 ml d'acide nitrique dans environ 300 ml d'eau. Laisser refroidir et remplir la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

- 6.5. Solution d'acide chlorhydrique 20 % (V/V)

Dans une fiole jaugée de 500 ml, diluer 100 ml d'acide chlorhydrique dans environ 300 ml d'eau. Laisser refroidir et remplir la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

Cette solution se conserve pendant un mois.

- 6.6. Solution extractive pour filtre de l'air ambiant

Diluer 130 ml d'acide nitrique et 372 ml d'acide chlorhydrique dans environ 1 400 ml d'eau, laisser refroidir et ajouter de l'eau jusqu'à concurrence de 2 000 ml.

Solutions étalons

Note : Les solutions étalons commerciales sont de 1 000 mg/l ou de 10 000 mg/l et de qualités spectroscopiques. Des solutions commerciales multiéléments peuvent être utilisées.

- 6.7. Solution étalon de cérium

- 6.8. Solution étalon de cobalt
- 6.9. Solution étalon de dysprosium
- 6.10. Solution étalon d'erbium
- 6.11. Solution étalon d'europium
- 6.12. Solution étalon de gadolinium
- 6.13. Solution étalon d'holmium
- 6.14. Solution étalon d'indium
- 6.15. Solution étalon de lanthane
- 6.16. Solution étalon de lutécium
- 6.17. Solution étalon de néodyme
- 6.18. Solution étalon de praséodyme
- 6.19. Solution étalon de samarium
- 6.20. Solution étalon de scandium
- 6.21. Solution étalon de terbium
- 6.22. Solution étalon de thorium
- 6.23. Solution étalon de thulium
- 6.24. Solution étalon d'uranium
- 6.25. Solution étalon d'ytterbium
- 6.26. Solution étalon d'yttrium
- 6.27. Solution mère de terres rares de 100 mg/l

Utiliser une solution commerciale ou la préparer de façon à obtenir une concentration finale de 100 mg/l de cérium, de dysprosium, d'erbium, d'europium, de gadolinium, d'holmium, de lanthane, de lutécium, de néodyme, de praséodyme, de samarium, de scandium, de terbium, de thorium, de thulium, d'uranium, d'ytterbium et d'yttrium dans un milieu d'acide nitrique 1 % (V/V).

Cette solution se conserve pendant un an.

- 6.28. Solution intermédiaire de terres rares de 10 mg/l

Préparer la solution de façon à obtenir une concentration finale de 10 mg/l de Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sc, Sm, Tb, Th, Tm, U, Y, et Yb dans un milieu d'acide nitrique 1 % (V/V).

Dans une fiole jaugée de 100 ml en polypropylène, introduire, à l'aide de pipettes ou de micropipettes, 1 ml d'acide nitrique, 10 ml de la solution mère de terres rares de 100 mg/l et Remplir la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

Cette solution se conserve pendant un an.

6.29. Solutions étalons de terres rares

Le tableau suivant donne les concentrations à obtenir ainsi qu'un exemple des dilutions requises pour préparer les solutions étalons de terres rares.

Solution étalon	Volume de solution intermédiaire de terres rares (ml)	Volume final (ml)	Volume de HNO ₃ (ml)	Concentration finale de terres rares (mg/l)
1	0	100	1	0
2	0,05	100	1	0,005
3	1,0	100	1	0,10
4	3,0	100	1	0,30
5	5,0	100	1	0,50

Note : Il est recommandé d'utiliser des fioles jaugées en polypropylène.

Ces solutions se conservent pendant un mois.

Réactifs pour l'instrument

6.30. Solution de standards internes de 1 mg/l en In pour dosage des terres rares

Dans une fiole jaugée de 250 ml, introduire, à l'aide de pipettes ou de micropipettes, 0,25 ml de la solution étalon d'indium de 1 000 mg/l et 2,5 ml de HNO₃. Remplir la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

6.31. Solution mère de calibration

Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire, à l'aide de pipettes ou de micropipettes, 1 ml des solutions étalons de 1000 mg/l de cérium, de cobalt, de lithium, de thallium, d'yttrium et 1 ml d'acide nitrique. Remplir la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

6.32. Solution de calibration

Dans une fiole jaugée de 500 ml, introduire 50 µl de la solution mère de calibration et 5 ml d'acide nitrique. Remplir la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

6.33. Solution d'acide nitrique 2 % et d'acide chlorhydrique 1 % (V/V)

Dans un contenant de plastique jaugé à environ 1 litre, diluer 20 ml d'acide nitrique et 10 ml d'acide chlorhydrique dans environ 700 ml d'eau et remplir jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.

Cette solution est également utilisée pour diluer les échantillons.

7. Protocole d'analyse

Pour toute série d'échantillons, les recommandations des *Lignes directrices concernant les travaux analytiques en chimie*, [DR-12-SCA-01](#), sont suivies pour s'assurer d'une fréquence d'insertion adéquate en ce qui concerne les éléments de contrôle et d'assurance de la qualité (blanc, matériaux de référence, duplicata, etc.). Tous ces éléments d'assurance et de contrôle de la qualité suivent les mêmes étapes du protocole analytique que les échantillons.

7.1 Préparation spéciale de la verrerie

Aucun soin, autre que le lavage et le séchage de la verrerie, n'est nécessaire pour la détermination des métaux.

7.2 Préparation de l'échantillon

Une solution témoin est préparée de la même façon que les échantillons.

7.2.1 Métaux dissous

- L'échantillon est filtré sur une membrane de 0,45 µm. Sous une hotte, acidifier au besoin avec de l'acide nitrique pour obtenir un échantillon à pH < 2.
- Transférer dans une bouteille de plastique.

7.2.2 Métaux extractibles

Note : Les préparations suivantes doivent se faire sous une hotte.

Note : Les acides sont ajoutés en utilisant une burette ou une micropipette, selon la disponibilité.

7.2.2.1 Métaux extractibles dans les eaux

NOTE : Pour les rejets liquides basiques, acidifier avec précaution l'échantillon avec de l'acide nitrique jusqu'à un pH inférieur à 2.

- Introduire 40 ml d'échantillon préalablement homogénéisé dans un tube de 50 ml gradué à 40 ml.
- Ajouter 0,8 ml d'acide chlorhydrique 20 % (V/V) et 0,8 ml d'acide nitrique 20 % (V/V).
- Fermer le tube, agiter et faire chauffer dans le bloc digesteur à 95 °C pendant deux heures.
- Laisser refroidir et décanter.

7.2.2.2 Métaux extractibles dans les sols et résidus solides

- Pour les échantillons de sols, tamiser, si nécessaire, l'échantillon avec un tamis de 2 mm.
- Dans un bécher, peser précisément environ 1,00 g de solide préalablement homogénéisé et séché à 104 °C.
- Ajouter 4 ml d'acide nitrique 50 % (V/V) et 10 ml d'acide chlorhydrique 20 % (V/V).

- Couvrir le bécher avec un verre de montre et laisser chauffer à reflux sur une plaque chauffante pendant 30 minutes sans agiter. **Ne pas faire bouillir vigoureusement!**
- Laisser refroidir, rincer le verre de montre avec de l'eau.
- Filtrer à travers un papier filtre Whatman n° 41 ou l'équivalent dans une fiole jaugée de 100 ml. Rincer le bécher et le filtre avec de l'eau et recueillir dans le ballon.
- Laisser refroidir et remplir le bécher jusqu'au trait de jauge avec de l'eau.
- Transférer dans une bouteille de plastique.

7.2.2.3 Métaux extractibles des filtres pour l'air ambiant

Note : S'assurer que l'étape de la détermination du poids des particules est complète et que toutes les mesures de poids sont enregistrées.

- Perforer, avec le poinçon, deux rondelles de 37 mm de diamètre dans la partie exposée du filtre.
- Placer cette portion du filtre dans un contenant de polyéthylène de 125 ml, ajouter 15 ml de la solution extractive et refermer le couvercle.
- Préchauffer le bain à ultrasons à 60 °C.
- Placer les contenants dans le bain en s'assurant que le niveau du bain est environ égal à celui du liquide contenu dans les contenants de polyéthylène.
- Extraire les échantillons pendant une heure.
- Retirer les contenants du bain, laisser refroidir et ajouter à la burette 85 ml d'eau. Agiter et laisser reposer pendant au moins 30 min.
- Agiter et filtrer à travers un papier filtre Whatman n° 41 ou l'équivalent dans une bouteille de plastique. Le délai entre l'extraction et la filtration ne doit pas dépasser 48 heures.

7.3 Étalonnage de l'instrument

Le spectromètre de masse à source ionisante au plasma d'argon est étalonné avant le dosage des échantillons avec les solutions appropriées.

7.4 Dosage

L'instrument est étalonné chaque jour de son utilisation.

- Les échantillons sont analysés par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon

Note : Après l'étalonnage, l'étalon de 0,005 mg/l est analysé pour s'assurer que les LDM peuvent être atteintes. La concentration obtenue pour le samarium est indiquée sur le formulaire de dosage.

- Pour les échantillons de liquides aqueux, diluer par un facteur de 10 avec une solution de HNO₃ 2 % - HCl 1 % (V/V) avant de les doser et, pour les échantillons de solides, diluer par un facteur de 20 avec une solution de HNO₃ 2 % - HCl 1 % (V/V) avant de les doser.

8. Calcul et expression des résultats

Les courbes d'étalonnage (courbes linéaires) sont obtenues à partir de la mesure de la quantité d'ions captés pour chacune des masses lors de l'analyse des différentes solutions étalons. Les résultats sont obtenus et traités par un système informatisé de traitement de données.

8.1 Échantillons liquides

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre (mg/l) de chacun des métaux d'après l'équation suivante :

$$D = \frac{(A - T) \times B}{C} \times F$$

où

- D : concentration du métal dans l'échantillon (mg/l);
- A : concentration du métal dans la solution dosée (mg/l);
- T : concentration du métal dans le témoin (mg/l);
- B : volume final de l'échantillon (ml);
- C : volume initial de l'échantillon (ml);
- F : facteur de dilution, si nécessaire.

8.2 Échantillons solides

Les résultats sont exprimés en milligrammes par kilogramme (mg/kg) base sèche de chacun des métaux d'après l'équation suivante :

$$D = \frac{(A - T) \times B}{C} \times F$$

où

- D : concentration du métal dans l'échantillon (mg/kg);
- A : concentration du métal dans la solution dosée (mg/l);
- T : concentration du métal dans le témoin (mg/l);
- B : volume final de l'échantillon (ml);
- C : poids d'échantillon utilisé exprimé sur base sèche (g);
- F : facteur de dilution, si nécessaire.

8.3 Filtre de l'air ambiant

Les résultats sont exprimés en microgrammes par mètre cube (µg/m³) de chacun des métaux dosés dans les particules contenues sur le filtre d'après l'équation suivante :

$$C = \frac{(A - T) \times 100 \times 1000 \times 20 \times F}{1000 \times V}$$

où

- C : concentration du métal dans l'échantillon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- A : concentration du métal dans la solution dosée (mg/l);
- T : concentration du métal dans le témoin (mg/l);
- V : volume d'air échantillonné (m^3);
- 100/1 000 : facteur pour le volume;
- 20 : facteur représentant la portion du filtre qui a été extraite (surface exposée/surface prélevée);
- 1 000 : facteur de conversion entre mg et μg ;
- F : facteur de dilution, si nécessaire.

Le volume d'air échantillonné en m^3 est obtenu selon l'équation suivante :

$$V = [(D \times P) + I] \times T \times 60 \times 0,028317$$

où

- V : volume échantillonné (m^3);
- D : débit d'air lors de l'échantillonnage (pi^3/min);
- P : pente obtenue lors de la calibration de l'échantillonneur;
- I : ordonnée obtenue lors de la calibration de l'échantillonneur;
- T : durée d'échantillonnage (heures);
- 60 : facteur de conversion entre minute et heure;
- 0,028317 : facteur de conversion entre pi^3 et m^3 .

9. Critères d'acceptabilité

Les critères d'acceptabilité sont définis dans le document [DR-12-SCA-01](#) et sont appliqués comme suit :

Éléments de contrôle	Critères d'acceptabilité
Matériaux de référence	Défini par le responsable désigné.
Duplicatas et réplcats	Liquides : $\leq 20 \%$ lorsque les résultats sont supérieurs à au moins 10 fois la limite de quantification. Autres : $\leq 30 \%$ lorsque les résultats sont supérieurs à au moins 10 fois la limite de quantification.
Étalons de contrôle	$\leq 15 \%$.
Blanc	Les critères sont définis dans le système de gestion des informations de laboratoire (LIMS) selon la nature de l'échantillon et le paramètre.

Éléments de contrôle	Critères d'acceptabilité
Ajouts dosés	Liquides : recouvrement entre 70 % et 130 %. Solides : recouvrement entre 50 % et 150 %.
Courbe d'étalonnage	Facteur de corrélation > 0,995.

10. Bibliographie

NOTE : Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION AND WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Détermination des particules : méthode gravimétrique*, MA. 100 - Part. 1.0, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec.

EPA. *Test Method for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods*, Method 200.8.

ANNEXES

NOTE : Les limites de détection indiquées dans les tableaux suivants sont à titre indicatif seulement.

Tableau 1 – Métaux dissous dans l'eau

Éléments	Limite de détection rapportée	Domaine d'application
	(mg/l)	(mg/l)
Ce	0,001	0,001 à 0,5
Dy	0,001	0,001 à 0,5
Er	0,001	0,001 à 0,5
Eu	0,001	0,001 à 0,5
Gd	0,0009	0,0009 à 0,5
Ho	0,001	0,001 à 0,5
La	0,0007	0,0007 à 0,5
Lu	0,0008	0,0008 à 0,5
Nd	0,002	0,002 à 0,5
Pr	0,002	0,002 à 0,5
Sc	0,003	0,003 à 0,5
Sm	0,0005	0,0005 à 0,5
Tb	0,001	0,001 à 0,5
Th	0,0006	0,0006 à 0,5
Tm	0,0009	0,0009 à 0,5
U	0,001	0,001 à 0,5
Y	0,002	0,002 à 0,5
Yb	0,001	0,001 à 0,5

Tableau 2 – Métaux extractibles dans l'eau

Éléments	Limite de détection rapportée (mg/l)	Domaine d'application (mg/l)
Ce	0,001	0,001 à 0,5
Dy	0,001	0,001 à 0,5
Er	0,001	0,001 à 0,5
Eu	0,001	0,001 à 0,5
Gd	0,001	0,001 à 0,5
Ho	0,001	0,001 à 0,5
La	0,001	0,001 à 0,5
Lu	0,001	0,001 à 0,5
Nd	0,001	0,001 à 0,5
Pr	0,001	0,001 à 0,5
Sc	0,001	0,001 à 0,5
Sm	0,001	0,001 à 0,5
Tb	0,001	0,001 à 0,5
Th	0,001	0,001 à 0,5
Tm	0,001	0,001 à 0,5
U	0,002	0,002 à 0,5
Y	0,001	0,001 à 0,5
Yb	0,001	0,001 à 0,5

Tableau 3 – Métaux extractibles dans les solides

Éléments	Limite de détection rapportée (mg/kg)	Domaine d'application (mg/kg)
Ce	0,2	0,2 à 50
Dy	0,1	0,1 à 50
Er	0,1	0,1 à 50
Eu	0,1	0,1 à 50
Gd	0,1	0,1 à 50
Ho	0,1	0,1 à 50
La	0,2	0,2 à 50
Lu	0,1	0,1 à 50
Nd	0,2	0,2 à 50
Pr	0,2	0,2 à 50
Sc	0,1	0,1 à 50
Sm	0,1	0,1 à 50
Tb	0,1	0,1 à 50
Th	0,1	0,1 à 50
Tm	0,1	0,1 à 50
U	0,2	0,2 à 50
Y	0,2	0,2 à 50
Yb	0,1	0,1 à 50

Tableau 4 – Métaux extractibles dans l'air

Éléments	Limite de détection rapportée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Domaine d'application ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ce	0,002	0,002 à 0,6
Dy	0,002	0,002 à 0,6
Er	0,002	0,002 à 0,6
Eu	0,002	0,002 à 0,6
Gd	0,002	0,002 à 0,6
Ho	0,002	0,002 à 0,6
La	0,002	0,002 à 0,6
Lu	0,002	0,002 à 0,6
Nd	0,002	0,002 à 0,6
Pr	0,002	0,002 à 0,6
Sc	0,002	0,002 à 0,6
Sm	0,002	0,002 à 0,6
Tb	0,002	0,002 à 0,6
Th	0,002	0,002 à 0,6
Tm	0,002	0,002 à 0,6
U	0,002	0,002 à 0,6
Y	0,002	0,002 à 0,6
Yb	0,002	0,002 à 0,6

*Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs*

Québec 