

# Méthode d'analyse

MA. 400 – Glyphosate  
2024-11-14 (Révision 1)

Détermination du glyphosate, de l'AMPA et du glufosinate dans les eaux, les tissus végétaux et le sol : dosage par chromatographie en phase liquide couplée à un spectromètre de masse en tandem et dérivation au Fmoc

### **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](http://www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp)  
Internet : [www.environnement.gouv.qc.ca](http://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  
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs  
675, boul. René-Lévesque Est, 4<sup>e</sup> étage, boîte 23  
Québec (Québec) G1R 5V7

Téléphone : 418 521-3848

Ou

Visitez notre site Web : [www.environnement.gouv.qc.ca](http://www.environnement.gouv.qc.ca)

Dépôt légal – 2024  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN : 978-2-550-99152-6 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec, 2024

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1. Domaine d'application</b>	<b>2</b>
<b>2. Principe et théorie</b>	<b>2</b>
<b>3. Interférence</b>	<b>2</b>
<b>4. Conservation</b>	<b>2</b>
<b>5. Matériel et appareillage</b>	<b>3</b>
<b>6. Réactifs et étalons</b>	<b>3</b>
<b>7. Protocole d'analyse</b>	<b>7</b>
<b>7.1 Préparation de la courbe et des échantillons</b>	<b>7</b>
<b>7.2 Dosage</b>	<b>9</b>
<b>8. Calcul et expression des résultats</b>	<b>9</b>
<b>9. Critères d'acceptabilité</b>	<b>10</b>
<b>10. Bibliographie</b>	<b>11</b>

## Introduction

Le glyphosate (N – (phosphonométhyl)glycine) est un herbicide systémique largement utilisé pour enrayer les mauvaises herbes annuelles et les vivaces. L'AMPA (acide aminométhylphosphonique) constitue le métabolite majeur du glyphosate. La popularité grandissante du glyphosate est attribuable à sa rapidité d'infiltration et de déplacement à l'intérieur de la plante, sa grande solubilité dans l'eau, sa faible persistance dans le sol et une faible toxicité pour les mammifères.

Le glufosinate (acide (RS)-2-amino-4-(hydroxyméthylphosphinyl)butyrique) et son sel d'ammonium (phosphinotricine) sont des composés organophosphorés présents dans plusieurs herbicides systémiques non sélectifs.

Comme c'est le cas de plusieurs autres produits chimiques, ce produit peut irriter la peau et les yeux. Il peut être absorbé par les voies orale et cutanée.

Le Règlement sur la qualité de l'eau potable prévoit que la concentration de glyphosate ne doit pas excéder 210 µg/l dans l'eau potable.

## 1. Domaine d'application

Cette méthode s'applique à la détermination du glyphosate, de l'AMPA et du glufosinate dans l'eau potable, les eaux de surface, les tissus végétaux et le sol. Le domaine d'application se situe entre 0,04 µg/l et 10 µg/l pour le glyphosate, entre 0,07 µg/l et 10 µg/l pour l'AMPA et entre 0,05 et 10 µg/l pour le glufosinate.

On peut mesurer des concentrations plus élevées au moyen de dilutions appropriées.

Les données de validation et de performance méthodologique sont disponibles dans les documents qualité de la Division de chimie organique du milieu.

## 2. Principe et théorie

Un volume de 80 ml est acidifié à pH 1. Après 10 minutes, l'échantillon est neutralisé et mélangé avec le Fmoc-Cl et un tampon de borate. Après une heure, on élimine le surplus de Fmoc par extraction avec le dichlorométhane. L'échantillon est ensuite passé sur une colonne SPE Oasis HLB, puis élué avec du méthanol basique. Finalement, on injecte l'éluant dans un chromatographe en phase liquide couplé à un spectromètre de masse en tandem.

Les concentrations de glyphosate, d'AMPA et de glufosinate contenues dans l'échantillon sont calculées à l'aide d'une courbe d'étalonnage linéaire obtenue à partir de solutions extraites.

## 3. Interférence

Les interférences peuvent être causées par des contaminants contenus dans les solvants, les réactifs, la verrerie ou les appareils de préparation. Tous les solvants, les réactifs et les appareils doivent être vérifiés régulièrement par l'analyse de solutions témoins.

Toute substance pouvant réagir avec le Fmoc-Cl pour former un composé dont les temps de rétention correspondent à ceux du glyphosate et de l'AMPA peut causer une interférence.

## 4. Conservation

Prélever un échantillon représentatif dans un contenant de plastique. Pour les échantillons d'eau potable chlorée, ajouter 100 mg/l de thiosulfate de sodium, soit 250 µl de la solution 100 g/l (pour neutraliser le chlore).

Conserver l'échantillon à environ 4 °C. Le délai de conservation entre le prélèvement et l'analyse ne doit pas excéder 14 jours. Sinon, congeler l'échantillon à environ -15 °C. Des tests ont démontré que les échantillons peuvent être conservés congelés jusqu'à 6 mois.

## 5. Matériel et appareillage

Les marques de commerce qui figurent ci-dessous ne sont mentionnées qu'à titre de renseignement.

- 5.1. Chromatographe en phase liquide couplé à un spectromètre de masse en tandem :
  - Dégazeur de marque Agilent, modèle 1290;
  - Pompe binaire de marque Agilent, modèle 1290;
  - Échantillonneur automatique de marque Agilent, modèle 1290;
  - Colonne chromatographique InfinityLab Poroshell HPH-C18 2,1 x 50 mm, 2,7 µm;
  - Spectromètre de masse en tandem de marque Agilent, modèle 6470 Triple Quad LC/MS avec une source « Agilent Jet Stream, source type electrospray »;
  - Système informatisé de commande du chromatographe en phase liquide et du spectromètre de masse et de traitement des données.
- 5.2. Microbalance dont la sensibilité est de 0,01 mg
- 5.3. Balance analytique dont la sensibilité est de 0,1 mg
- 5.4. Bain à ultrasons de marque Mettler, modèle ME 4.6
- 5.5. Filtres de fibre de verre de 47 mm et filtres de 13 mm en polytétrafluoroéthylène (PTFE) de 0,22 µm
- 5.6. Colonne SPE Oasis HLB 6 cc 500 mg, Waters
- 5.7. Agitateur mécanique de type Eberbach
- 5.8. Système d'évaporation sous jet d'argon
- 5.9. Centrifugeuse

## 6. Réactifs et étalons

Tous les réactifs commerciaux utilisés sont de qualité ACS ou de qualité équivalente ou supérieure, à moins d'indication contraire. Tous les solvants utilisés sont de qualité pesticide ou équivalent, HPLC ou LCMS.

L'eau utilisée est de l'eau ultrapure.

Les étalons, les matériaux de référence et les réactifs sont entreposés à environ 4 °C. Les réactifs et les étalons peuvent être utilisés jusqu'à épuisement même si la date d'expiration est dépassée, à moins que les résultats analytiques démontrent une dégradation de la performance de la méthode et/ou que les critères d'acceptabilité de la méthode ne soient plus respectés.

**NOTE – Le poids indiqué est celui utilisé pour une substance dont le pourcentage de pureté est égal à 100. Tout écart de pourcentage peut être compensé par une correction du poids indiqué.**

- 6.1. Méthanol, CH<sub>3</sub>OH (CAS n° 67-56-1)
- 6.2. Thiosulfate de sodium, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>•5 H<sub>2</sub>O (CAS n° 10102-17-7)
- 6.3. Acide chlorhydrique, HCl 12 N (CAS n° 7647-01-0)
- 6.4. Hydroxyde de potassium, KOH 45 % v/v (CAS n° 1310-58-3)
- 6.5. Hydroxyde de sodium, NaOH 10 N (CAS n° 1310-73-2)
- 6.6. Glyphosate, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>NO<sub>5</sub>P (CAS n° 1071-83-6)
- 6.7. Acide aminométhylphosphonique (AMPA), CH<sub>6</sub>NO<sub>3</sub>P (CAS n° 1066-51-9)
- 6.8. Tétraborate de sodium décahydrate, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>•10H<sub>2</sub>O (CAS n° 1303-96-4)
- 6.9. Chloroformiate de (9-fluorénylméthyle) Fmoc-Cl, C<sub>15</sub>H<sub>11</sub>ClO<sub>2</sub> (CAS n° 28920-43-6).
- 6.10. Dichlorométhane, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (CAS n° 75-09-2)
- 6.11. Acide éthylènediamine tétracétique (EDTA), C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (CAS n° 10043-35-3)
- 6.12. Acétonitrile (ACN), CH<sub>3</sub>CN (CAS n° 75-05-8)
- 6.13. Hydroxyde d'ammonium, NH<sub>4</sub>OH (CAS n° 1336-21-6)
- 6.14. Acétate d'ammonium, C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub> (CAS n° 631-61-8)
- 6.15. Glufosinate d'ammonium, C<sub>5</sub>H<sub>15</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P (CAS n° 77182-82-2)
- 6.16. *DL*-Glufosinate-d<sub>8</sub> HCl (2,3,3,4,4-d<sub>5</sub>; methyl-d<sub>3</sub>, C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>D<sub>8</sub>NO<sub>4</sub>P-HCl) (CAS n° 59542-49-3)
- 6.17. Glyphosate marqué 100 µg/ml, C<sub>2</sub>C<sup>13</sup>H<sub>8</sub>N<sup>15</sup>O<sub>5</sub>P
- 6.18. Acide aminométhylphosphonique marqué (AMPA) 100 µg/ml, C<sup>13</sup>H<sub>4</sub>D<sub>2</sub>N<sup>15</sup>O<sub>3</sub>P
- 6.19. Acide formique, HCOOH (CAS n° 64-18-6)
- 6.20. Solution de thiosulfate de sodium de 100 g/l

Dissoudre 10 g de thiosulfate de sodium dans environ 80 ml d'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau ultrapure.

- 6.21. Phase mobile A : Acétate d'ammonium 5 mM dans l'eau ultrapure à pH 9  
Dissoudre 0,3854 g d'acétate d'ammonium dans 1 l d'eau ultrapure (pH final ~ 6,5). Ajuster à pH 9 avec du NH<sub>4</sub>OH.
- 6.22. Phase mobile B : Acétonitrile
- 6.23. Solution tampon de borate 40 mM  
Dissoudre 15,25 g de tétraborate de sodium décahydrate dans 900 ml d'eau. Compléter à 1 000 ml avec de l'eau ultrapure.
- 6.24. Solution chloroformiate de (9-fluorénylméthyle) Fmoc-Cl 80 mM  
Dissoudre 4,139 mg de Fmoc-Cl dans 190 ml d'acétonitrile. Compléter à 200 ml avec de l'acétonitrile.  
Cette solution doit être préparée à chaque extraction.
- 6.25. Solution EDTA 50 mM  
Dissoudre 7,3 g d'EDTA dans 400 ml d'eau ultrapure. Pour rendre l'EDTA soluble, ajouter du NaOH 10 N jusqu'à ce que la solution soit claire. Compléter à 500 ml avec de l'eau ultrapure.
- 6.26. Acide formique 0,1 % dans l'eau ultrapure  
Ajouter 1 ml d'acide formique dans 1 000 ml d'eau ultrapure.
- 6.27. Solution d'éluion : Méthanol avec NH<sub>4</sub>OH 2 % v/v  
Ajouter 33,9 ml de NH<sub>4</sub>OH dans une fiole de 500 ml et compléter avec du méthanol.
- 6.28. Solution de reconstitution : Mélange (75 : 25) eau ultrapure : acétonitrile  
Mélanger 75 ml d'eau ultrapure et 25 ml d'acétonitrile dans un contenant en verre.
- 6.29. Solution étalon de glyphosate de 100 mg/l  
Dans une fiole jaugée, dissoudre 0,0100 g de glyphosate dans environ 80 ml d'eau ultrapure, passer au bain à ultrasons pendant 2 minutes et compléter à 100 ml avec de l'eau ultrapure.
- 6.30. Solution étalon d'AMPA de 100 mg/l  
Dans une fiole jaugée, dissoudre 0,0100 g d'AMPA dans environ 80 ml d'eau ultrapure, passer au bain à ultrasons pendant 2 minutes et compléter à 100 ml avec de l'eau ultrapure.
- 6.31. Solution étalon de glufosinate de 100 mg/l  
Dans une fiole jaugée, dissoudre 0,0100 g de glufosinate d'ammonium dans environ 80 ml d'eau ultrapure, passer au bain à ultrasons pendant 2 minutes et compléter à 100 ml avec de l'eau ultrapure.

6.32. Solution étalons combinés de glyphosate, d'AMPA et de glufosinate de 1 mg/l

Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire à l'aide d'une pipette 1 ml de la solution étalon de glyphosate de 100 mg/l, 1 ml de la solution étalon d'AMPA de 100 mg/l et 1 ml de la solution étalon de glufosinate 100 mg/l dans environ 80 ml d'eau ultrapure et compléter au trait de jauge avec de l'eau ultrapure.

6.33. Solution étalons combinés de glyphosate, d'AMPA et de glufosinate de 100 µg/l

Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire à l'aide d'une pipette 10 ml de la solution étalon combinée de glyphosate, d'AMPA et de glufosinate 1 mg/l dans environ 80 ml d'eau ultrapure et compléter au trait de jauge avec de l'eau ultrapure.

6.34. Solution de DL-Glufosinate-d8 HCl à 1 000 ppb.

Dans une fiole jaugée de 10 ml, dissoudre 10 mg de glufosinate DL-Glufosinate-d8 HCl dans environ 8 ml d'eau ultrapure, passer au bain à ultrasons pendant 2 minutes et compléter à 10 ml avec de l'eau ultrapure.

6.35. Solution de DL-Glufosinate-d8 HCl à 40 ppb.

Dans une fiole jaugée de 25 ml, introduire à l'aide d'une pipette 1 ml de la solution étalon de DL-Glufosinate-d8 HCl à 1 000 ppb dans environ 20 ml d'eau. Compléter à 25 ml avec de l'eau ultrapure.

6.36. Solution étalons marqués combinés de glyphosate marqué, d'AMPA marqué et de glufosinate marqué

Dans une fiole jaugée de 100 ml, ajouter 1 ml du standard glyphosate marqué à 100 µg/ml, 1,2 ml du standard AMPA marqué à 100 µg/ml et 0,4 ml de glufosinate marqué à 40 ppb dans 90 ml d'eau ultrapure, puis compléter à 100 ml avec de l'eau ultrapure.

6.37 Solution de HCl 6 N

Dans une fiole de 2 000 ml, introduire environ 900 ml d'eau ultrapure suivie de 1 000 ml de HCl 12 N, puis compléter à 2 000 ml avec de l'eau ultrapure.

6.38 Solution de KOH 6 N

Dans une fiole de 250 ml, introduire environ 100 ml d'eau ultrapure suivie de 128,25 ml de KOH 45 % v/v, puis compléter à 250 ml avec de l'eau ultrapure.

6.39 Solution de NaOH 1 N

Dans une fiole de 100 ml, introduire environ 80 ml d'eau ultrapure suivie de 10 ml de NaOH 10 N, puis compléter à 100 ml avec de l'eau ultrapure.

## 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 assurer 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 de la courbe et des échantillons

Étapes préalables à la dérivation et à la concentration sur SPE des **tissus végétaux** :

- Peser l'équivalent de 5 g d'échantillon dans une bouteille en verre de 250 ml. Ajouter 80 ml d'eau de source.
- Ajouter 250 µl de la solution étalons marqués.
- Agiter sur l'agitateur mécanique pendant 30 minutes.
- Filtrer avec des filtres de type A/E en fibre de verre de 47 mm.
- Compléter le volume à 80 ml avec de l'eau de source, s'il y a lieu. Afin d'éviter de colmater la cartouche HLB ou d'avoir un échantillon trop concentré, il est préférable de prendre 8 ml de l'échantillon extrait, de les mettre dans une bouteille de 250 ml en verre et de compléter le volume à 80 ml avec de l'eau ultrapure.

Étapes préalables à la dérivation et à la concentration sur SPE des **sols** :

- Déterminer le pourcentage d'humidité à l'aide du formulaire interne prévu à cette fin.
- Peser l'équivalent de 1 g d'échantillon sec dans un tube à centrifugation de 50 ml en plastique.
- Peser 1 g de sols pour faire respectivement un blanc et un CQ dans le sol fourni par la DMR dans un tube de centrifugation de 50 ml en plastique.
- Ajouter 250 µl de la solution étalons marqués.
- Ajouter 25 ml de NaOH 1 N.
- Agiter sur l'agitateur mécanique (à l'horizontale) pendant 30 minutes.
- Centrifuger pendant 10 minutes à 2 000 tr/min.
- Récupérer le surnageant dans une bouteille en verre de 250 ml.
- Répéter l'extraction.
- Neutraliser avec du HCl 6 N à pH 7.
- Filtrer avec un filtre en fibre de verre de type A/E.
- Compléter le volume à 80 ml avec de l'eau ultrapure.

Préparation pour la courbe, le CQ et les échantillons

	Volume d'échantillon (ml)	Solution de travail à 100 ppb (µl)	Solution de travail à 1 000 ppb (µl)	Solution étalons marqués (µl)	Volume final (ml)
<b>Blanc*</b>	80			250	2
<b>Std 20</b>	80	400		250	2
<b>Std 40</b>	80	800		250	2
<b>Std 200</b>	80		400	250	2
<b>Std 400</b>	80		800	250	2
<b>CQ**</b>	80			250	2
<b>Échantillons</b>	80			250	2
<b>Échantillon + ajout</b>	80		400	250	2

\*Préparer le blanc, le CQ et la courbe dans l'eau de source.

\*\* Se référer au formulaire pour la préparation du CQ.

Pour la courbe, le CQ, les échantillons d'eau, de sols et de tissus végétaux :

- À cette étape, préparer la courbe, le CQ et les échantillons selon le tableau de préparation ci-dessus en incluant la solution étalons marqués.
- Acidifier avec 1 ml de HCl 6 N à pH 1, puis attendre 10 minutes.
- Neutraliser avec 1 ml de KOH 6 N à pH 7.
- Ajouter 10 ml de tampon de borate 40 mM.
- Ajouter 8 ml d'EDTA 50 mM.
- Ajouter 10 ml de Fmoc-Cl 80 mM.
- Agiter sur l'agitateur mécanique pendant les 30 premières minutes et laisser réagir 30 minutes supplémentaires (1 heure en tout).
- Ajouter 1 ml d'acide formique. Transférer dans une ampoule de 500 ml.
- Ajouter 50 ml de dichlorométhane. Brasser et jeter la phase organique.
- Transférer dans un bécher de 250 ml.
- Conditionner une cartouche Oasis HLB 6 cc (500 mg) avec 3 portions de 5 ml de méthanol, puis avec 3 portions de 5 ml d'acide formique 0,1 % dans l'eau ultrapure.

- Faire passer l'échantillon sur la cartouche HLB en maintenant une vitesse d'élution d'environ une goutte par seconde.
- Rincer la cartouche avec 5 ml d'acide formique 0,1 %. Assécher la cartouche en maintenant le vide durant 1 minute.
- Éluer avec 5 ml de la solution d'élution.
- Évaporer à sec sous jet d'argon dans un bain à 50 °C.
- Ajouter 2 ml de la solution de reconstitution.
- Filtrer l'ensemble des échantillons avec un filtre de 13 mm en PTFE de 0,22 µm incluant les échantillons de contrôle de qualité, le blanc et la courbe.
- Utiliser un vial en verre ambré pour HPLC.

## 7.2 Dosage

Analyser les solutions étalons et les échantillons avec un chromatographe en phase liquide couplé à un spectromètre de masse en tandem (HPLC-MS-MS) fonctionnant dans le mode d'ions positifs.

**NOTE – Pour connaître les conditions de fonctionnement des différents composants de l'appareil, veuillez consulter le document de référence approprié dans la documentation sur la qualité de la Division de chimie organique.**

## 8. Calcul et expression des résultats

Les échantillons sont dosés selon la courbe d'étalonnage, calculée à partir des étalons extraits.

Les résultats sont exprimés en µg/l de glyphosate, d'AMPA et de glufosinate d'après l'équation suivante :

$$R_f = \frac{A_s \times C_{ise}}{A_{ise} \times C_s}$$

$$C_e = \frac{A_x \times C_{is}}{A_{is} \times R_f} \times \frac{V_f}{V_i} \times F$$

où

$C_e$  : concentration des composés contenus dans l'échantillon (µg/l ou µg/g);

$A_x$  : aire du composé d'intérêt dans la solution dosée (échantillon);

$C_{is}$  : concentration de l'étalon marqué dans l'échantillon (µg/l);

$A_{is}$  : aire de l'étalon marqué dans l'échantillon;

$R_f$  : facteur de réponse de la solution étalon;

- $V_i$  : volume initial (l) ou poids initial (g);  
 $V_f$  : volume final (l);  
 $F$  : facteur de dilution, si nécessaire;  
 $A_s$  : aire du composé d'intérêt dans la solution étalon;  
 $C_{ise}$  : concentration de l'étalon marqué dans la solution étalon ( $\mu\text{g/l}$ );  
 $A_{ise}$  : aire de l'étalon marqué dans la solution étalon;  
 $C_s$  : concentration du composé d'intérêt dans la solution étalon ( $\mu\text{g/l}$ ).

Les concentrations pour les échantillons de sols sont rapportées sur une base sèche.

**NOTE – Les résultats de glyphosate, de glufosinate et d'AMPA sont corrigés avec leurs équivalents marqués.**

## 9. Critères d'acceptabilité

Éléments de contrôle	Critères d'acceptabilité
Matériaux de référence	La valeur obtenue doit être à l'intérieur de l'écart défini dans le système de gestion de l'information du laboratoire. Le critère doit être respecté pour 66 % des composés analysés.
Duplicata	Les résultats sont acceptés à un écart de 30 % entre les deux valeurs si la concentration est plus grande que la LQM. On calcule l'écart en prenant la différence entre le résultat parent et le duplicata divisé par le résultat moyen.
Blanc	Lorsqu'il y a un résultat positif, et jusqu'à concurrence de 10 fois la limite de détection, il sera soustrait du résultat des échantillons.
Ajout dosé	Le résultat doit être situé à l'intérieur de l'intervalle suivant : valeur attendue $\pm 25$ % pour tous les composés.
Courbe d'étalonnage	$r^2 \geq 0,99$
Solution étalon	Un écart moyen de 25 % est accepté entre les valeurs de la nouvelle et de l'ancienne solution étalon.

Les chimistes peuvent valider les résultats des analyses à partir de l'ensemble des données du contrôle de la qualité, même s'il y a dépassement des critères.

## 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.**

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Lignes directrices concernant les travaux analytiques en chimie*, DR-12-SCA-01.  
[[http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accreditation/PALA/DR12SCA01\\_lignes\\_dir\\_chimie.pdf](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accreditation/PALA/DR12SCA01_lignes_dir_chimie.pdf)].

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie*, DR-12-VMC.  
[[http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accreditation/PALA/DR12VMC\\_protocole\\_val\\_chimie.pdf](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accreditation/PALA/DR12VMC_protocole_val_chimie.pdf)].

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. *Règlement sur la qualité de l'eau potable*.  
[<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/>].

HANKE, Irene, Heinz SINGER et Juliane HOLLENDER. "Ultratrace-level determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in natural waters by solid-phase extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry: Performance tuning of derivatization, enrichment and detection", *Analytical Bioanalytical Chemistry*, 391 (2008), p. 2265-2276.

IBÁÑEZ, María, J. V. SANCHO, F. HERNÁNDEZ et A. M. BOTERO-COY. "Improvements in the analytical methodology for the residue determination of the herbicide glyphosate in soils by liquid chromatography coupled to mass spectrometry", *Journal of Chromatography A*, 1292 (2013), p. 132-141.

IBÁÑEZ, María, Óscar J. POZO, Juan V. SANCHO, Francisco J. LÓPEZ et Félix HERNÁNDEZ. "Residue determination of glyphosate, glufosinate and aminomethylphosphonic acid in water and soil samples by liquid chromatography coupled to electrospray tandem mass spectrometry", *Journal of Chromatography A*, 1081 (2005), p. 145-155.

IBÁÑEZ, María, Óscar J. POZO, Juan V. SANCHO, Francisco J. LÓPEZ et Félix HERNÁNDEZ. "Re-evaluation of glyphosate determination in water by liquid chromatography coupled to electrospray tandem mass spectrometry", *Journal of Chromatography A*, 1134 (2006), p. 51-55.

MEYER, Michael T., Keith A. LOFTIN, Edward A. LEE, Gary H. HINSHAW, Julie E. DIETZE et Elisabeth A. SCRIBNER. *Determination of Glyphosate, its Degradation Product Aminomethylphosphonic Acid, and Glufosinate, in Water by Isotope Dilution and Online Solid-Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry*, Techniques and Methods 5-A10; U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 5, chap A10, 2009, 32 p.

NHU-TRANG, Tran-Thi, et Nicolas MAZZELLA. *Méthode d'analyse pour les pesticides (glyphosate et AMPA) dans les eaux*, Aquaref, mars 2009, 8 p.



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

**Québec** 