

Méthode d'analyse

MA. 110 – ACISOL 1.0

2024-09-10 (révision 8)

Détermination du pouvoir neutralisant, du
potentiel de génération acide et du potentiel
acidogène d'un solide

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par le 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 (MELCCFP). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCCFP.

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830

1 800 561-1616 (sans frais)

Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp

Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Dépôt légal – 2024

Bibliothèque et Archives nationales du Québec)

ISBN 978-2-550-98306-4 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2024

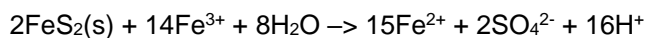
Table des matières

1.	Domaine d'application	1
2.	Principe et théorie	1
3.	Interférence	2
4.	Conservation	2
5.	Matériel et appareillage	2
6.	Réactifs et étalons	3
7.	Protocole d'analyse	4
7.1	Préparation spéciale de la verrerie	4
7.2	Étalonnage du pH-mètre	4
7.3	Pouvoir neutralisant	4
7.4	Potentiel de génération d'acide	6
7.5	Test de détermination du potentiel acidogène des sols (TDPAS)	7
8.	Calcul et expression des résultats	8
9.	Critères d'acceptabilité	10
10.	Bibliographie	11

1. Domaine d'application

Cette méthode sert à déterminer le pouvoir neutralisant, le potentiel de génération d'acide et le potentiel acidogène d'échantillons solides.

Il existe différents tests qui permettent de déterminer le potentiel d'un sol ou d'un résidu de neutraliser ou de générer de l'acidité en présence d'eau. Par exemple, les composés sulfurés présents dans un résidu ou un sol peuvent réagir avec de l'eau pour former de l'acide selon l'équation suivante :



Différents guides publiés par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs décrivent des tests qui aident à déterminer si un résidu ou un sol générera avec le temps de l'acidité en présence d'eau.

Dans le document *Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes*, publié par le Ministère, on indique que le pouvoir neutralisant est un indice de l'alcalinité de résidus solides ou de cendres qui sont destinés à l'épandage. La détermination du pouvoir neutralisant est basée sur la norme NQ 0419-090 publiée par le Bureau de normalisation du Québec, intitulée *Amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels*.

Le potentiel de génération d'acide des résidus industriels inorganiques est utilisé pour déterminer si le résidu peut être générateur d'acide dans l'environnement. La mesure de ce potentiel est l'une des analyses demandées dans le *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction*, le *Guide de caractérisation des résidus miniers et du minerai* et la Directive 019 sur l'industrie minière, tous trois publiés par le Ministère. Cette méthode est tirée du document *Prediction of acid generation potential*, préparé par B.C. Research Ltd. et réalisé pour Environnement Canada.

Le test de détermination du potentiel acidogène des sols (TDPAS) sert à établir en laboratoire si un échantillon de sol contenant du soufre élémentaire et des espèces sulfurées risque de s'acidifier lors de l'oxydation microbiologique du soufre. *Ce test est réalisé lorsque le critère relatif au contenu en soufre total dans les sols est excédé, comme l'indique la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés.* Cette méthode est tirée du document intitulé *Test de détermination du potentiel acidogène des sols (TDPAS)*, préparé par le Laboratoire de microbiologie environnementale de l'Université Laval et réalisé pour le ministère de l'Environnement du Québec, et ne s'applique qu'au test statique.

2. Principe et théorie

2.1 Pouvoir neutralisant

Une portion d'échantillon séché est mise en contact avec une solution d'acide chlorhydrique. L'excès d'acide est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à l'obtention d'un pH de 7,0. Le pouvoir neutralisant est exprimé par un pourcentage en équivalent de CaCO_3 (% E.C.C.) de la masse sèche.

2.2 Potentiel de génération d'acide

Le potentiel d'acidité maximal est déterminé en mesurant le pourcentage de soufre dans l'échantillon.

Le potentiel de neutralisation brut est déterminé en titrant une portion de l'échantillon avec une solution étalonnée d'acide sulfurique jusqu'à l'obtention d'un pH à 3,5.

Le potentiel de neutralisation net exprimé en kg CaCO₃/tonne métrique est déterminé en soustrayant le potentiel d'acidité maximal du potentiel de neutralisation brut.

2.3 Potentiel acidogène (TDPAS)

Le pH statique (pH_{stat}) est défini comme étant le niveau de pH qui est théoriquement atteint si tout le contenu en soufre d'un sol est oxydé en acide sulfurique. Une suspension de sol est soumise à un titrage employant une solution étalonnée d'acide sulfurique et la courbe de titrage est tracée. Le contenu en soufre total moins le contenu en sulfates du sol est par la suite converti en son équivalent en acide sulfurique (S_{stat}) par calcul stœchiométrique. Cette valeur est rapportée sur la courbe de titrage pour interpoler le pH statique (pH_{stat}).

3. Interférence

Les interférences les plus fréquentes sont causées par toute substance formant une pellicule qui adhère aux parois des électrodes de pH, ce qui peut influencer sur le temps de réponse.

4. Conservation

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

Nature de l'échantillon	Conditions de conservation	Délai de conservation
Solide	- Aucun agent - 1 °C à 6 °C	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 Broyeur

5.2 Étuve à 104 °C ± 1 °C

5.3 Tamis de 100 mesh (150 µm), 32 mesh (500 µm) et 9 mesh (2 mm)

5.4 pH-mètre, électrode de pH

5.5 Plaque agitatrice

5.6 Plaque chauffante ($55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

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, une nouvelle solution doit être préparée s'il y a changement de couleur ou formation d'un précipité.

6.1 Plaque chauffante ($55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

6.2 Acide sulfurique, H_2SO_4 (CAS n° 7664-93-9)

6.3 Hydroxyde de sodium, NaOH (CAS n° 1310-73-2)

6.4 Carbonate de sodium, Na_2CO_3 (CAS n° 497-19-8)

6.5 Peroxyde d'hydrogène 30 % (CAS n° 7722-84-1)

6.6 Solutions tampons pour étalonner le pH-mètre

6.7 Solution d'acide chlorhydrique (HCl) d'environ 1,0 N

Diluer 83 ml de HCl dans environ 800 ml d'eau, laisser refroidir et compléter à 1000 ml avec de l'eau.

6.8 Solution d'acide sulfurique 1,0 N

Diluer 28 ml de H_2SO_4 dans environ 800 ml d'eau, laisser refroidir et compléter à 1000ml avec de l'eau.

Cette solution se conserve 6 mois à la température ambiante.

6.9 Solution d'hydroxyde de sodium d'environ 1,0 N

Peser exactement environ 40,0 g de NaOH et le dissoudre dans environ 800 ml d'eau, laisser refroidir et compléter à 1000ml avec de l'eau.

Cette solution se conserve une semaine à la température ambiante.

6.10 Solution de carbonate de sodium d'environ 0,4 N

Sécher du Na_2CO_3 pendant 4 heures à $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ et laisser refroidir dans un dessiccateur. Peser exactement environ 5,30g de Na_2CO_3 et le dissoudre dans environ 100 ml d'eau. Compléter à 250 ml avec de l'eau.

Cette solution se conserve une semaine à la température ambiante.

6.11 Solution de peroxyde d'hydrogène 15 %

Diluer 500 ml de peroxyde d'hydrogène 30 % dans environ 400 ml d'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau.

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 cette méthode.

7.2 Étalonnage du pH-mètre

- Vérifier la condition de l'électrode et dégager l'orifice.
- Étalonner le pH-mètre avec les solutions tampons.

7.3 Pouvoir neutralisant

7.3.1 Préparation des échantillons

L'échantillon est séché à $104\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ et broyé si nécessaire. Utiliser la portion d'une granulométrie inférieure à 150 µm. Tamiser si nécessaire.

7.3.2 Étalonnage de la solution d'acide chlorhydrique 1,0 N

- À l'aide d'une pipette, introduire 40 ml de la solution de Na_2CO_3 d'environ 0,4 N dans un becher de 250 ml.
- Diluer à environ 100 ml avec de l'eau, plonger l'électrode de pH et titrer avec la solution d'acide chlorhydrique 1,0 N jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,5. Noter le volume ajouté.

La concentration de HCl exprimée en normalité est calculée de la façon suivante :

$$N = \frac{A \times B}{53 \times C \times V}$$

où

- N : normalité de la solution de HCl (N);
- A : poids de Na_2CO_3 utilisé pour la préparation de la solution de Na_2CO_3 d'environ 0,4 N (g);
- B : volume de la solution de Na_2CO_3 d'environ 0,4 N utilisé (40 ml);
- C : volume de la solution de HCl utilisé (ml);
- V : volume de Na_2CO_3 préparé (l);
- 53 : poids d'un équivalent de Na_2CO_3 (g).

Effectuer au moins deux titrages.

L'étalonnage de cette solution est valable pour une semaine.

7.3.3 Étalonnage de la solution d'hydroxyde de sodium 1,0 N

- À l'aide d'une pipette, introduire 10 ml de la solution de NaOH d'environ 1,0 N dans un becher de 150 ml.
- Diluer à environ 50 ml avec de l'eau, plonger l'électrode de pH et titrer jusqu'à l'obtention d'un pH de 8,7 avec la solution de HCl 1,0 N. Noter le volume ajouté.

Note : À partir d'un pH de 9,7, il suffit d'environ une goutte pour obtenir un pH d'environ 7.

La concentration de NaOH exprimée en normalité est calculée de la façon suivante :

$$N = \frac{A \times B}{C}$$

où

N : normalité de la solution de NaOH (N);
A : volume de la solution de HCl utilisé (ml);
B : normalité de la solution de HCl (N);
C : volume de la solution de NaOH utilisé (10 ml).

Effectuer au moins deux titrages.

L'étalonnage de cette solution est valable pour une semaine.

7.3.4 Dosage

- Peser exactement environ 1,50 g d'échantillon dans un becher de 150 ml.
- Ajouter 50 ml de HCl 1,0 N, couvrir d'un verre de montre et porter à ébullition très lentement sur une plaque chauffante. Maintenir l'ébullition pendant 5 minutes.
- Chauffer sur une plaque chauffante pendant 3 heures à une température de $55^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Note : Le volume de liquide dans le becher ne doit pas diminuer de plus de 10 ml.

- Laisser refroidir et rincer le verre de montre avec de l'eau dans le becher.
- Plonger l'électrode de pH dans la solution.
- Titrer rapidement avec la solution de NaOH 1,0 N jusqu'à l'obtention d'un pH de 2,0, puis continuer graduellement jusqu'à l'obtention d'un pH de $7,0 \pm 0,4$ pendant 1 minute.
- Noter le volume de NaOH 1,0 N nécessaire pour effectuer le titrage.

7.4 Potentiel de génération d'acide

7.4.1 Préparation des échantillons

L'échantillon est séché à $104\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ et broyé si nécessaire. Utiliser la portion d'une granulométrie inférieure à $500\text{ }\mu\text{m}$. Tamiser si nécessaire.

7.4.2 Potentiel d'acidité maximum

On détermine le potentiel théorique de génération d'acide à partir du pourcentage de soufre dans l'échantillon. Les détails concernant le dosage du soufre sont donnés dans le document MA. 310 – CS 1.0, intitulé *Détermination du carbone et du soufre : méthode par combustion et dosage par spectrophotométrie infrarouge*. Le potentiel théorique de génération d'acide se calcule à partir du résultat obtenu pour le soufre.

7.4.3 Détermination du potentiel de neutralisation brut

➤ ÉTALONNAGE DE LA SOLUTION D'ACIDE SULFURIQUE 1,0 N

- À l'aide d'une pipette, introduire 40 ml de la solution de Na_2CO_3 d'environ 0,4 N dans un becher de 250 ml.
- Diluer à environ 100 ml avec de l'eau et titrer avec la solution d'acide sulfurique 1,0 N jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,5. Noter le volume ajouté.

La concentration de H_2SO_4 exprimée en normalité est calculée de la façon suivante :

$$N = \frac{A \times B}{53 \times C \times V}$$

où

- N : normalité de la solution de H_2SO_4 (N);
- A : poids de Na_2CO_3 utilisé pour la préparation de la solution de Na_2CO_3 d'environ 0,4 N (g);
- B : volume de la solution de Na_2CO_3 d'environ 0,4 N utilisé (40 ml);
- C : volume de la solution de H_2SO_4 utilisé (ml);
- V : volume de Na_2CO_3 préparé (l);
- 53 : poids d'un équivalent de Na_2CO_3 (g).

L'étalonnage doit être refait tous les 6 mois.

Effectuer au moins deux titrages.

➤ DOSAGE DES ÉCHANTILLONS

Note : Il n'est pas nécessaire de faire de blanc pour cette détermination.

- Peser exactement environ 2,00 g d'échantillon préalablement homogénéisé et séché à $104\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ dans un becher et ajouter 100 ml d'eau. Placer un verre de montre.
- Agiter pendant 15 minutes avec un barreau aimanté.
- Plonger l'électrode de pH dans la solution et agiter.
- Mesurer le pH initial de l'échantillon.
- Poursuivre l'agitation de façon constante et titrer avec la solution d'acide sulfurique 1,0 N jusqu'à l'obtention d'un pH de $3,5 \pm 0,1$.

Note : Ne pas ajouter de portions de moins de 0,1 ml de titrant.

- Le titrage est terminé lorsque le pH est à $3,5 \pm 0,1$ et stable 4 heures après le dernier ajout. Si le titrage doit être interrompu pour la nuit, continuer l'agitation pendant la nuit et poursuivre le titrage le lendemain.
- Noter le volume final.

7.5 Test de détermination du potentiel acidogène des sols (TDPAS)

7.5.1 Préparation de l'échantillon

- L'échantillon est séché à $104\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$.
- Tamiser l'échantillon de façon à obtenir une granulométrie inférieure à 2 mm.

7.5.2 Détermination du contenu en soufre

On détermine le potentiel théorique de génération d'acide à partir du pourcentage de soufre dans l'échantillon, obtenu en appliquant une méthode de combustion de l'échantillon et de dosage par infrarouge. Les détails concernant le dosage du soufre sont donnés dans le document MA. 310 – CS 1.0, intitulé *Détermination du carbone et du soufre : méthode par combustion et dosage par spectrophotométrie infrarouge*.

7.5.3 Détermination du contenu en sulfates

Déterminer la concentration de sulfates dans l'échantillon. On établit cette concentration par une extraction avec de l'eau et à l'aide d'un dosage par chromatographie ionique. Les détails concernant l'extraction et le dosage des sulfates sont donnés dans le document MA. 300 – Ions 1.3, intitulé *Détermination des anions : méthode par chromatographie ionique*.

7.5.4 Détermination du potentiel théorique de production d'acide

➤ ÉTALONNAGE DE LA SOLUTION D'ACIDE SULFURIQUE 1,0 N

- À l'aide d'une pipette, introduire 40 ml de la solution de Na_2CO_3 0,40 N dans un becher de 250 ml.
- Diluer à environ 100 ml avec de l'eau, plonger l'électrode de pH et titrer avec la solution d'acide sulfurique 1,0 N jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,5. Noter le volume ajouté.

La concentration de H_2SO_4 exprimée en normalité est calculée de la façon suivante :

$$N = \frac{A \times B}{53 \times C \times V}$$

où

N : normalité de la solution de H_2SO_4 (N);
A : poids de Na_2CO_3 utilisé pour la préparation de la solution de Na_2CO_3 d'environ 0,4 N (g);
B : volume de la solution de Na_2CO_3 d'environ 0,4 N utilisé (40 ml);
C : volume de la solution de H_2SO_4 utilisé (ml);
V : volume de Na_2CO_3 préparé (l);
53 : poids d'un équivalent de Na_2CO_3 (g).

L'étalonnage doit être refait tous les 6 mois.

➤ DOSAGE DES ÉCHANTILLONS

Note : Il n'est pas nécessaire de faire de blanc pour cette détermination.

- Peser exactement environ 2,00 g d'échantillon, séché à $104\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ et tamisé à 2 mm, dans un becher de 150 ml et ajouter 100 ml d'eau. Placer un verre de montre sur le becher.
- Agiter pendant 24 heures avec un barreau aimanté.
- Plonger l'électrode de pH et mesurer le pH initial de l'échantillon.
- Ajouter ensuite le volume suggéré d'acide sulfurique 1,0 N indiqué dans le tableau ci-dessous.

Note : Le volume à ajouter est fonction de la courbe. Si la variation de pH est faible, ajouter des volumes supérieurs à 0,25 ml.

Volume suggéré d'acide sulfurique à ajouter lors du titrage

Jour	Volume de H ₂ SO ₄ à ajouter (ml)	Volume cumulatif de H ₂ SO ₄ ajouté (ml)
0	0,00	0,00
1	0,25	0,25
2	0,25	0,50
3	0,25	0,75
4	0,25	1,00
5	0,25	1,25
6	0,25	1,50

- Agiter pendant 24 heures avant de mesurer de nouveau le pH de l'échantillon.
- Ajouter une nouvelle portion de la solution d'acide sulfurique tous les jours jusqu'à ce que le nombre d'équivalents d'acide sulfurique ajouté (S_{stat}) soit dépassé d'au moins deux ajouts d'acide sulfurique.

8. Calcul et expression des résultats

8.1 Pouvoir neutralisant

Les résultats du pouvoir neutralisant sont exprimés en pourcentage de la masse sèche d'après l'équation suivante :

$$C = \frac{5 \times [(A \times B) - (D \times E)]}{F}$$

où

- C : pouvoir neutralisant (% E.C.C.);
- A : normalité de la solution de HCl utilisé (N);
- B : volume de la solution de HCl utilisé (ml);
- D : normalité de la solution de NaOH utilisé (N);
- E : volume de la solution de NaOH utilisé (ml);
- F : poids d'échantillon utilisé (g).

8.2 Potentiel de génération d'acide selon la directive 019

Le potentiel d'acidité maximal (PA) exprimé en kg CaCO₃/tonne métrique sur base sèche est déterminé d'après l'équation suivante :

$$A = S \times 31,25$$

où

- A : potentiel d'acidité maximal (kg CaCO₃/tonne métrique);
- S : pourcentage de soufre (%).

Le potentiel de neutralisation brut (PN) exprimé en kg CaCO₃/tonne métrique sur base sèche est déterminé d'après l'équation suivante :

$$B = \frac{V \times 50}{P}$$

où

- B : potentiel de neutralisation brut (kg CaCO₃/tonne métrique);
- V : volume d'acide sulfurique 1,0 N (ml);
- P : poids de l'échantillon utilisé (g).

Le potentiel de neutralisation net (PNN) en kg CaCO₃/tonne métrique sur base sèche est déterminé d'après l'équation suivante :

$$C = B - A$$

où

- C : potentiel de neutralisation net (kg CaCO₃/tonne métrique);
- A : potentiel d'acidité maximal (kg CaCO₃/tonne métrique);
- B : potentiel de neutralisation brut (kg CaCO₃/tonne métrique).

8.3 Test de détermination du potentiel acidogène des sols (TDPAS)

Tracer la courbe du pH obtenu en fonction de la quantité d'acide sulfurique ajouté (exprimé en centimoles de H⁺/kg d'échantillon).

La quantité d'acide sulfurique ajoutée exprimée en centimoles d'acides par kilogramme de sol sec est déterminée d'après l'équation suivante :

$$A = \frac{V \times N \times 100}{M}$$

où

A : quantité d'acide sulfurique ajoutée (cmoles H⁺/kg d'échantillon);
V : volume d'acide sulfurique ajouté (ml);
N : normalité de l'acide sulfurique (N);
M : masse de l'échantillon (g).

Le nombre d'équivalents d'acide sulfurique provenant du soufre est déterminé d'après l'équation suivante :

$$S_{stat} = \left(C - \left(\frac{D \times 32,07}{96,07} \right) \right) \times 60$$

où

S_{stat} : nombre d'équivalents d'acide sulfurique (cmoles H⁺/kg);
C : concentration de soufre (% S);
D : concentration de sulfates (% SO₄⁻²);
32,07 : poids moléculaire du soufre (g);
96,07 : poids moléculaire du sulfate (g);
60 : nombre de cmoles pour 1 % de soufre (cmoles H⁺/kg).

Déterminer graphiquement, à l'aide de la valeur obtenue en S_{stat}, la valeur du pH_{stat} en interpolant la valeur. Le pH_{min} est fixé arbitrairement à 5,5.

Si la valeur du pH_{stat} obtenue est supérieure ou égale à 5,5, l'échantillon est considéré comme non producteur d'acide. Si la valeur est inférieure à 5,5, l'échantillon est considéré comme producteur d'acide et l'étape cinétique doit être effectuée.

9. Critères d'acceptabilité

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

Élément de contrôle	Critère d'acceptabilité
Matériaux de référence	Défini par le responsable désigné.
Duplicatas et réplcats	Pouvoir neutralisant : ≤ 20 % lorsque les résultats sont supérieurs à au moins dix fois la limite de quantification.

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.

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC. *NQ 0419-090, Amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels*, 2^e édition, 2005.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Détermination des anions : méthode par chromatographie ionique*, MA. 300 – Ions 1.3.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. *Détermination du carbone et du soufre : méthode par combustion et dosage par spectrophotométrie infrarouge*, MA. 310 – CS 1.0.

DUNCAN, D. W., AND WALDEN, C. C., *Prediction of acid generation potential: Environment Canada*, Nov. 1975, *Report to Water Pollution Control Directorate*, Environmental Protection Service, 1975, 18 p.

LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE ENVIRONNEMENTALE, UNIVERSITÉ LAVAL. *Test de détermination du potentiel acidogène des sols (TDPAS)*, Mai 1999.



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

Québec 