



# **Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial des sols avant l'implantation d'un projet industriel**

**Direction des lieux contaminés**

**Version du 27 juillet 2016**

---

## Équipe de réalisation

### Coordination et rédaction

- Johanne Laberge

### Collaboration

- Bernard Gaboury
- André Paquet
- Veronika Varfalvy

### Mise en page et révision linguistique

- Chantal Fortin

### Référence bibliographique

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). *Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial des sols avant l'implantation d'un projet industriel*, 2015, 26 p.

Ce document peut être consulté sur le site Web du MDDELCC :  
<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/>.

Dépôt légal – 2016  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN 978-2-550-76387-1 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec - 2016

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

|        |                                                                     |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | GÉNÉRALITÉS .....                                                   | 1  |
| 2.     | CARACTÉRISATION INITIALE .....                                      | 1  |
| 2.1    | Caractérisation d'un terrain avec un historique d'utilisation ..... | 1  |
| 2.2.   | Caractérisation d'un terrain sans historique d'utilisation .....    | 2  |
| 2.2.1  | Détermination des limites de la zone d'étude.....                   | 2  |
| 2.2.2  | Recherche d'informations existantes.....                            | 2  |
| 2.2.3  | Élaboration d'un plan de caractérisation .....                      | 3  |
| 2.2.4  | Procédure d'échantillonnage .....                                   | 7  |
| 2.2.5  | Programme d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) .....    | 7  |
| 2.2.6  | Analyse des échantillons .....                                      | 8  |
| 2.2.7  | Évaluation de la présence de gaz interstitiels dans les sols.....   | 8  |
| 2.2.8  | Évaluation de la radioactivité.....                                 | 8  |
| 2.2.9  | Cartographie et coupes stratigraphiques.....                        | 9  |
| 2.2.10 | Interprétation des résultats .....                                  | 9  |
| 2.2.11 | Contenu du rapport.....                                             | 11 |
| 3.     | CONSERVATION DES DONNÉES .....                                      | 12 |
| 4.     | RÉFÉRENCES .....                                                    | 12 |
|        | ANNEXE I .....                                                      | 13 |
|        | ANNEXE II .....                                                     | 19 |



## 1. GÉNÉRALITÉS

La caractérisation physicochimique de l'état initial des sols est réalisée dans le but de déterminer l'état d'un terrain avant l'implantation d'une nouvelle activité industrielle. L'information recueillie permet à l'initiateur d'un projet d'établir l'état du terrain avant que les impacts potentiels de son projet ne le modifient. La caractérisation initiale des sols est réalisée avant le début des travaux d'aménagement.

Toute caractérisation de terrain doit débuter par une recherche historique visant à connaître son utilisation antérieure. Pour ce faire, une étude de caractérisation de phase I, telle que décrite dans le *Guide de caractérisation des terrains*, doit être réalisée. L'information recueillie à la phase I permettra de moduler les travaux requis à la phase II en fonction de la présence ou non d'activités anthropiques réalisées sur le terrain. Si, dans le passé, le terrain a supporté une activité anthropique présentant un potentiel de contamination des sols, la procédure présentée pour la réalisation de la phase II dans le *Guide de caractérisation des terrains* doit être suivie, et le présent guide ne s'applique pas. Dans le cas contraire, la procédure du présent guide est recommandée.

Ce dernier se veut donc un outil d'accompagnement pour déterminer l'état initial d'un terrain, par exemple, lors du dépôt d'un projet industriel soumis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. Ce document peut aussi être utilisé comme référence dans le cadre de projets majeurs pour lesquels un promoteur ou le Ministère considèrent qu'une telle caractérisation des sols pourrait être pertinente.

Les données d'une caractérisation initiale des sols peuvent être utilisées comme référence, entre autres à la suite de la fuite ou du déversement d'une matière dangereuse ou lors de la fermeture d'une industrie minière (Directive 019). Les résultats de la caractérisation initiale peuvent aussi être utilisés à des fins de comparaison avec les résultats de la caractérisation à effectuer lors de la cessation définitive d'une activité (article 31.51 de la Loi sur la qualité de l'environnement [LQE]) appartenant à l'une des catégories énumérées à l'annexe III du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains (RPRT).

## 2. CARACTÉRISATION INITIALE

La caractérisation initiale permet d'établir la qualité des sols avant la réalisation d'un projet industriel susceptible de l'affecter par le rejet de contaminants ou de matières dans l'environnement. La caractérisation d'un terrain doit être réalisée par un professionnel du domaine des sols. La caractérisation initiale des sols varie selon que le terrain a fait l'objet ou non d'une utilisation historique ou qu'il est susceptible d'avoir été contaminé par des particules aérotransportées provenant d'activités voisines.

### 2.1 Caractérisation d'un terrain ayant un historique d'utilisation

Si l'étude de caractérisation de phase I a révélé que le terrain est ou a été utilisé dans le passé et qu'en fonction des activités qui y sont ou qui y ont été réalisées, celui-ci est susceptible d'être contaminé, le promoteur doit plutôt se référer au *Guide de caractérisation des terrains* disponible sur le site Web du Ministère pour la réalisation d'une étude de caractérisation de phase II ou III, selon le cas.

---

## 2.2. Caractérisation d'un terrain sans historique d'utilisation

Lorsque le terrain ne présente aucun historique d'utilisation et qu'il n'est pas susceptible d'avoir été contaminé par des activités anthropiques, la caractérisation initiale permet de dresser un tableau représentatif des caractéristiques physicochimiques des sols de chacune des couches qui constituent les dépôts meubles.

La teneur de fond naturelle, ou « fond pédogéochimique local », représente la concentration d'un élément chimique ou d'une substance dans le sol résultant de l'évolution des processus géologiques, selon la composition minéralogique de la roche mère (pédologie naturelle) en dehors de tout apport d'origine humaine. Il s'agit de l'état initial environnemental.

### 2.2.1 Détermination des limites de la zone d'étude

La zone d'étude est définie comme l'aire pour laquelle la ou les valeurs de teneur de fond doivent être estimées. Il s'agit de l'aire où les échantillons de sols devront être prélevés.

Pour la détermination des limites de la zone d'étude, il est recommandé de procéder de la manière suivante :

- Déterminer et localiser sur une carte les limites de la propriété ainsi que **l'aire d'étude locale**.

Cette aire est définie comme la « zone où les infrastructures et les activités du projet industriel seront situées et dans laquelle la cartographie détaillée du milieu (écosystèmes terrestre et aquatique) est effectuée ». C'est la zone où se dérouleront l'ensemble des activités projetées (et où se trouveront les éléments nécessaires à la réalisation du projet, dont les routes d'accès, les bancs d'emprunt et les zones d'entretien et de ravitaillement des équipements) et elle devrait circonscrire l'ensemble des effets directs et indirects du projet sur les milieux biophysiques et humains. Si nécessaire, l'aire d'étude peut être composée de différentes zones délimitées selon les impacts étudiés;

- Délimiter, selon le cas, les zones à l'extérieur de l'aire d'étude locale (l'aire d'étude élargie) qui pourraient aussi être affectées par les activités futures.

Une caractérisation des sols de surface est recommandée dans l'aire d'étude élargie, qui couvre généralement un rayon de un kilomètre autour de l'aire d'étude locale. Selon le cas, cette zone peut être plus large si une évaluation du potentiel de dispersion de contaminants aérotransportés liés aux infrastructures du projet le requiert. Dans ce cas, sa dimension devrait être déterminée par modélisation en fonction de la direction des vents dominants, de la localisation de la source d'émission et du taux d'émissions atmosphériques. Par exemple, le relief escarpé d'une aire d'accumulation de résidus non recouverts pouvant entraîner la migration de contaminants en aval topographique serait un élément à considérer dans l'aire d'étude élargie.

### 2.2.2 Recherche de l'information existante

La consultation de l'information existante, dont une partie a pu être obtenue lors de la réalisation de la caractérisation environnementale de phase I, permet de mieux préparer la campagne d'échantillonnage des sols. Par conséquent, il est recommandé de :

- Rechercher l'information disponible sur la région ou sur la localité concernées (rapports géotechniques, cartes des dépôts meubles et cartes géologiques, études pédologiques, rapports hydrogéologiques, photographies aériennes, etc.).

L'interprétation de cette information permet d'obtenir une première approximation de l'épaisseur des dépôts meubles, de la position et de la nature du roc, de la profondeur de la nappe d'eau souterraine ainsi que de la constitution des différentes couches pédologiques ou stratigraphiques susceptibles d'être présentes dans l'aire d'étude;

- Réaliser une cartographie détaillée des dépôts meubles et des affleurements rocheux présents dans la zone d'étude locale.

Cette cartographie présentera le relief, la distribution des dépôts de surface dans l'espace, la topographie, les cours d'eau et les conditions de drainage. Ces renseignements seront utiles pour orienter le plan de caractérisation des sols. Différents logiciels de cartographie peuvent être utilisés pour réaliser la cartographie, par exemple ArcGIS ou PurVIEW.

- Utilisation de données existantes

Il est possible d'utiliser des résultats d'analyse de sols provenant d'études de caractérisation antérieures de la zone d'étude et de les ajouter à la banque de données qui sera produite lors de la nouvelle campagne d'échantillonnage. Cependant, les données antérieures doivent être compatibles avec les nouvelles données; elles doivent donc tenir compte de l'information disponible, comme les coordonnées géographiques et les mesures d'élévation (X, Y, Z), les intervalles d'échantillonnage (profondeur), la description de la nature des sols, le type d'échantillon (ponctuel ou composé) et les méthodes d'analyses employées. À noter que les résultats d'analyses qui indiquent la présence d'une contamination anthropique ne peuvent être utilisés.

Il est important de considérer la distribution spatiale des points d'échantillonnage. Une distribution spatiale inégale au sein d'une zone peut entraîner des estimations biaisées des paramètres de distribution de fréquence en raison d'une surestimation de certaines parties de la zone d'étude. Une bonne couverture de l'ensemble de cette zone est recommandée, et le fait d'ajouter des données antérieures ne doit pas avoir pour effet de biaiser les résultats.

### 2.2.3 Élaboration d'un plan de caractérisation

Il est recommandé d'élaborer un plan de caractérisation qui couvre toute l'aire d'étude. Le cas échéant, un plan de caractérisation pourrait aussi être réalisé pour l'aire d'étude élargie. La procédure à préconiser pour la caractérisation de chacune de ces aires est la suivante :

#### Caractérisation de l'aire d'étude locale :

- Définir les limites de l'aire d'étude locale de la façon la plus détaillée possible en déterminant les coordonnées géographiques (X, Y) des points qui délimitent le pourtour de la zone et en localisant les composantes du milieu telles que les milieux humides, les plans et cours d'eau, les affleurements rocheux, etc.;
- Pour l'aire d'étude locale, réaliser des sondages (tranchées ou forages) le long de transects traversant le terrain, minimalement selon deux droites perpendiculaires, dans le but de réaliser deux coupes stratigraphiques (voir les figures 1, 2 et 3).

Le transect principal devrait être tracé selon un azimut<sup>1</sup> qui permet de recouper les différentes couches de dépôts meubles. Le nombre de sondages et l'espacement entre chacun dépendent de la régularité de la stratigraphie des sols. Dans le cas où les sols de surface sont de natures différentes, un sondage par type de sol devra minimalement être prévu. Si les sols de surface

---

<sup>1</sup> L'azimut représente l'angle formé par un axe horizontal par rapport au nord de la carte. Cet angle est choisi en fonction de la topographie, de la géomorphologie et de la géologie du terrain pour orienter les profils et coupes stratigraphiques à réaliser.

---

sont de même nature le long du transect, les sondages pourraient être faits, par exemple, aux extrémités, au centre, au tiers et aux deux tiers de chaque transect (voir la figure 1). Pour de très grands terrains (par exemple, une propriété minière), une variabilité des concentrations peut être attribuée à la distance. Dans ces cas, un plus grand nombre de sondages serait requis, même si la nature des sols est relativement homogène, et ce, pour que les concentrations soient représentatives de toute l'aire d'étude locale;

- Ajuster le plan d'échantillonnage en fonction des couches de sols présentes selon la profondeur.

Si les profils sont similaires selon des stratigraphies continues d'un sondage à l'autre, il n'est pas nécessaire de réaliser des sondages intermédiaires pour préciser la stratigraphie en place. Cependant, si les profils sont différents d'un sondage à l'autre, il est recommandé de vérifier les limites en procédant à des sondages additionnels (série 2 : sondages 6 et 11 de la figure 1) pour définir la continuité ou la discontinuité des couches (voir les figures 2 et 3);

- Compléter le plan de caractérisation des sols avec une dizaine de stations d'échantillonnage (sondages série 3 de la figure 1) localisées de façon aléatoire dans chaque quadrant formé par les droites des transects.

Il est reconnu dans la littérature scientifique qu'environ 30 données par couche typique<sup>2</sup> et par paramètre permettent de constituer un ensemble statistique représentatif pour établir une teneur de fond (norme ISO 19258). Par conséquent, la quantité de sondages devrait au moins permettre d'atteindre ce nombre.

Les échantillons sont prélevés à chaque couche stratigraphique rencontrée;

- Réaliser les sondages nécessaires pour décrire la stratigraphie des sols jusqu'à la profondeur à laquelle les sols seront excavés ou remaniés pour la réalisation du projet.

Par exemple, lors de l'excavation de tout le sol jusqu'au roc ou sur une profondeur déterminée par la mise en place d'infrastructures, la caractérisation considérera toutes les couches concernées. Cependant, si la profondeur d'excavation n'est pas déjà connue, les sondages peuvent se rendre au roc ou, si celui-ci est trop profond, sur une profondeur d'environ trois mètres;

- Compléter la stratigraphie de la zone d'étude si des forages ont déjà été réalisés dans le terrain (par exemple, lors de levées géotechniques ou géophysiques pour la localisation du roc ou en présence des puits d'observation pour le suivi des eaux souterraines).

Si le roc est très profond, une approximation de sa profondeur pourrait être réalisée à partir de données disponibles (forages d'exploration minière ou méthode géophysique).

---

<sup>2</sup> Une couche typique est une couche de sol particulière définie par un élément distinctif (ex. : sol organique, sable ou argile; podzol ou gleysol; horizon pédologique A ou horizon pédologique B; remblai de sol, labour ou dépôt meuble non remanié par l'homme; couche de matière résiduelle distincte ou mélangée à un sol), qui est présente de manière continue ou discontinue sur une épaisseur plus ou moins variable, et dont la présence est fréquente dans l'ensemble ou dans une partie de l'aire d'étude.

### Caractérisation de l'aire d'étude élargie

Les autres zones, incluses dans la zone élargie, devraient être caractérisées de manière à permettre une connaissance appropriée des couches susceptibles d'être altérées par le projet. Par exemple, le plan d'échantillonnage pour une contamination aérotransportée suspectée comporterait le prélèvement d'échantillons composés de sol de surface selon des intervalles de profondeur (0-5 cm, 5-10 cm et 10-20 cm), comme le préconise le *Guide de caractérisation des terrains*. L'échantillon prélevé dans la première couche de sol (0-5 cm) ne devrait pas inclure la partie végétale (herbe), mais contenir le sol où se trouve le système racinaire.

Figure 1 : Carte de localisation des stations d'échantillonnage en plan

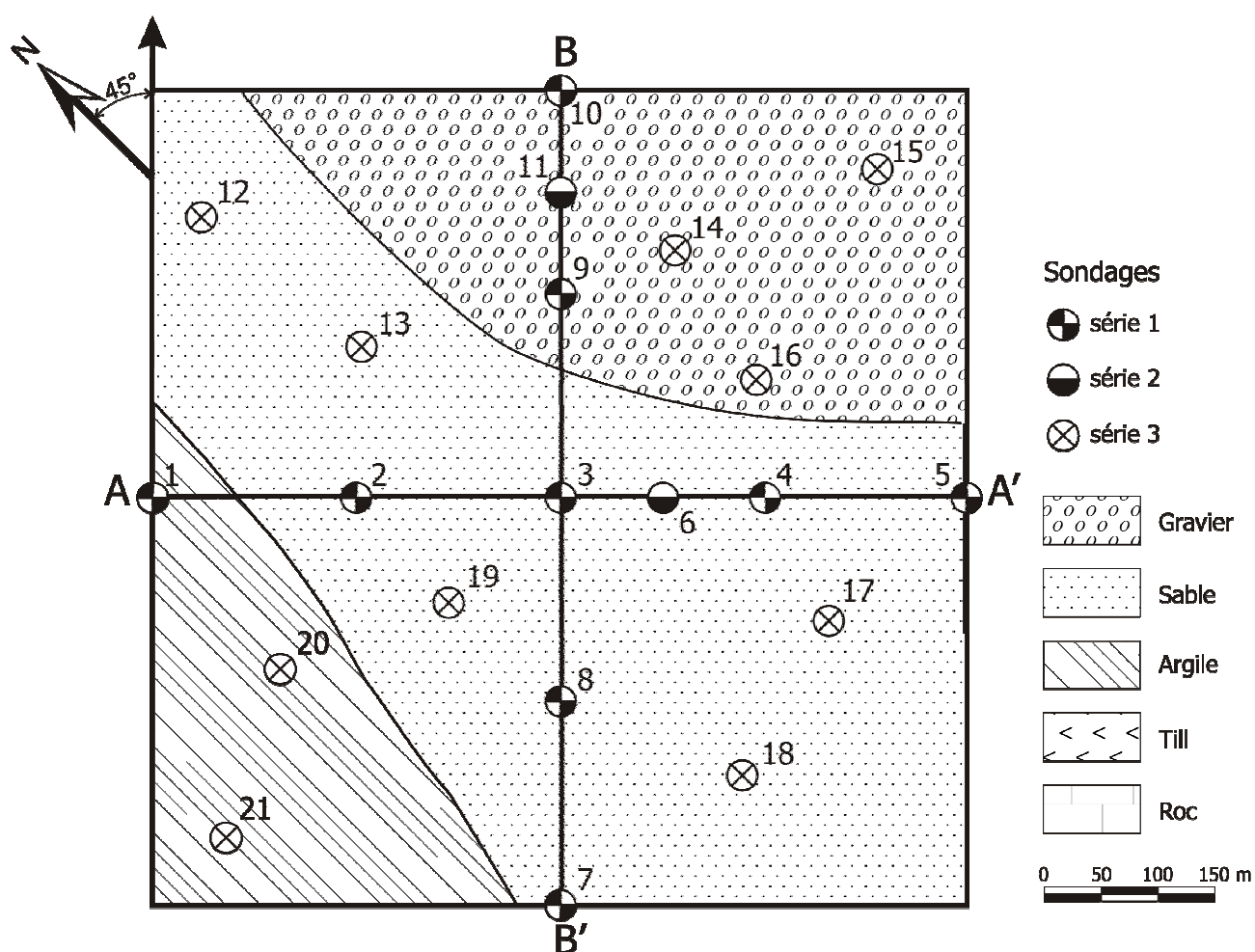


Figure 2 : Profil de la coupe A-A'

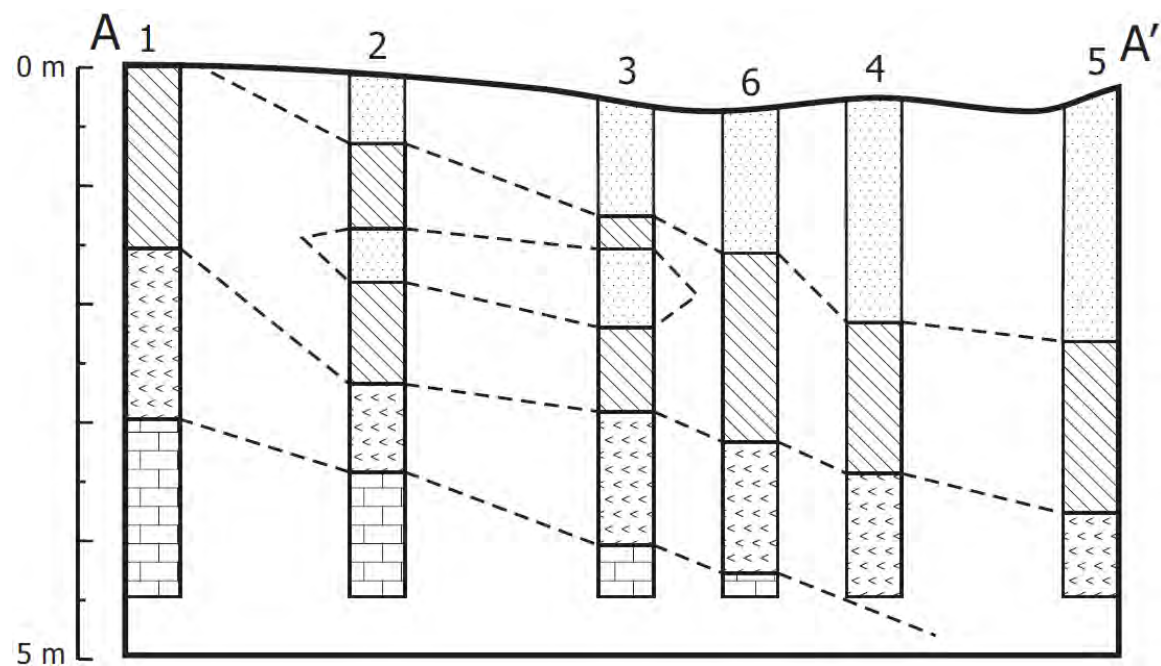
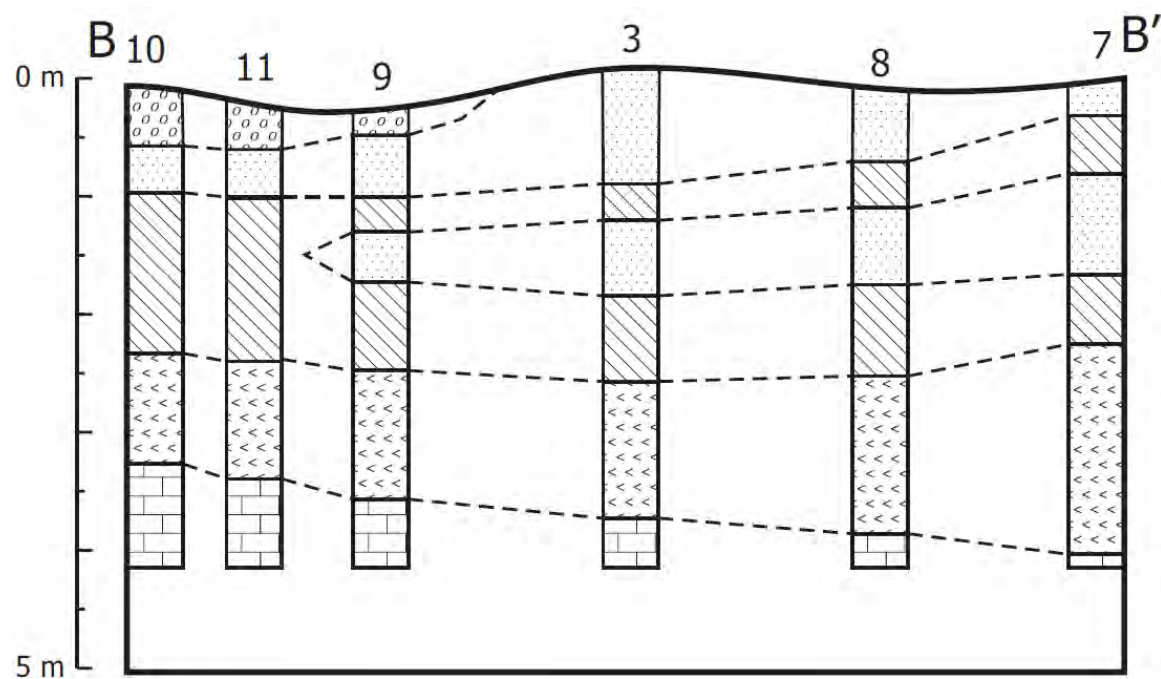


Figure 3 : Profil de la coupe B-B'



## 2.2.4 Procédure d'échantillonnage

La procédure d'échantillonnage suivante est proposée :

- Noter la position de la station d'échantillonnage à l'aide d'un GPS (coordonnées X et Y). Établir l'élévation de la surface du terrain où sera réalisé un sondage;
- Prélever un échantillon pour chaque couche typique<sup>2</sup> de sol ou pour chaque intervalle de profondeur de 50 centimètres maximum si des couches de 50 centimètres ou plus sont présentes.

Dans une tranchée, l'échantillon de sol doit être prélevé à chaque couche stratigraphique dans une paroi d'environ un mètre de largeur. Dans un forage, l'utilisation d'un échantillonneur en continu est recommandée. L'échantillon est prélevé à chaque couche, ou selon une épaisseur maximale de 50 centimètres pour une couche de plus de 50 centimètres d'épaisseur;

- Homogénéiser les sols, réaliser un quartage si requis et mettre les échantillons prélevés dans un contenant;
- Décrire chacune des couches (nature, épaisseur, couleur, texture, granulométrie, etc.) pour établir le profil au droit du sondage et la coupe stratigraphique du terrain selon les azimuts retenus.

Dans la description des sols, il est recommandé de présenter les principales caractéristiques physiques de ces derniers et leurs profils en fonction des caractéristiques pédologiques, comme il est suggéré de la faire à l'annexe I;

- Décrire chaque échantillon prélevé;
- Photographier la paroi des tranchées présentant les différentes couches et y indiquer l'endroit où les échantillons ont été prélevés dans la paroi;
- Photographier les échantillons des couches typiques recoupées par les sondages;
- Échantillonner les sols en respectant les méthodes présentées dans le cahier 5 « Échantillonnage des sols » du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec;
- Conserver les échantillons dans des contenants appropriés pour le transport et respecter les délais de conservation prescrits dans la version la plus récente du document *Modes de conservation pour l'échantillonnage des sols* (DR-09-02) du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

Pour l'analyse des métaux, les échantillons peuvent être conservés (séchés et tamisés) au-delà des délais de conservation indiqués pour d'autres analyses éventuelles.

## 2.2.5 Programme d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ)

Pour chaque campagne d'échantillonnage des sols, il est nécessaire d'inclure un programme d'AQ/CQ couvrant les travaux effectués sur le terrain et en laboratoire, de manière à assurer la validité des résultats d'analyse (voir la section 6 du cahier 5 et la section 3 du cahier 1 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*).

Il est recommandé de prélever 10 % des échantillons en duplicata et de les analyser selon les mêmes paramètres. La comparaison des deux séries de résultats permet d'en faire une interprétation.

---

## 2.2.6 Analyse des échantillons

Pour l'analyse des échantillons, il est recommandé :

- De retenir les services d'un laboratoire accrédité par le MDDELCC pour les paramètres analytiques choisis. Les analyses sont réalisées sur la fraction des sols inférieure à 2 millimètres. Les méthodes d'analyse des sols sont les méthodes prescrites à des fins environnementales afin d'analyser la forme de métaux selon le terme « métal extractible total »;
- De procéder, pour chacun des sondages où il est nécessaire de démontrer la présence d'une substance d'origine naturelle, à l'analyse d'un échantillon à chaque couche typique recoupée pour tous les métaux et métalloïdes (groupe I des annexes I et II du RPRT et métal extractible total), ainsi que pour les substances inorganiques et organiques susceptibles d'être dégagées ou rejetées par les activités futures (groupe II des annexes I et II du RPRT et, s'il y a lieu, radionucléides et groupes III à XII des mêmes annexes).

La limite de détection de la méthode analytique devrait être inférieure aux valeurs des critères A du *Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* (qui remplace la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés);

- De mesurer le pH, le taux d'humidité et le pourcentage de matières organiques des sols de chaque échantillon prélevé pour permettre une meilleure interprétation des résultats d'analyses chimiques;
- D'effectuer des essais granulométriques sur plusieurs échantillons d'une couche typique pour en déterminer adéquatement les caractéristiques physiques;
- D'assécher, d'homogénéiser, de tamiser et de conserver dans de petits contenants les échantillons de sols prélevés représentant les couches typiques pour la vérification analytique ultérieure du contenu en métaux et métalloïdes. Le but est d'éviter d'avoir à retourner sur le terrain pour réaliser une campagne d'échantillonnage supplémentaire et de ne pas retarder le projet.

## 2.2.7 Évaluation de la présence de gaz interstitiels dans les sols

Dans des conditions génératrices de biogaz, la caractérisation permettra d'établir la nature et la concentration de composés organiques volatils (méthane ou autres) dans les couches recoupées lors des sondages.

## 2.2.8 Évaluation de la radioactivité

Dans le cas d'un projet minier, d'exploration ou d'exploitation gazière ou pétrolière, ou de toute autre activité susceptible de nécessiter des forages ou des excavations profondes, il y a lieu de constituer un profil lithologique du roc, lequel présentera la profondeur et la nature de ce dernier. Pour les projets susceptibles de produire des déblais ou des boues de forage potentiellement radioactives, il est recommandé de faire une vérification de la radioactivité initiale des sols ou du roc sur un nombre suffisant d'échantillons représentatifs, conformément à la section 2.2.3. Pour déterminer les concentrations naturelles, les radionucléides suivants doivent être analysés en becquerels par kilogramme (Bq/kg) : uranium 238, radium 226 et plomb 210. Si ces radionucléides présentent l'équilibre séculaire, les résultats sont satisfaisants. Dans le cas contraire, il faut ajouter des analyses de l'uranium 234, du thorium 230 et du polonium 210. Ces résultats seront interprétés de la même façon que pour les autres paramètres chimiques présentés à la section 2.2.10.

### 2.2.9 Cartographie et coupes stratigraphiques

Pour faciliter la description du terrain et des travaux de caractérisation qui ont été réalisés, il faut présenter en plan la topographie, l'hydrographie, la géologie (localiser les zones d'affleurements rocheux), la géomorphologie, les principaux dépôts meubles, les données pédologiques ainsi que la localisation des sondages. Un plan présentant les résultats des substances détectées à chaque couche typique permet une meilleure interprétation des résultats.

Des coupes stratigraphiques sont utiles pour identifier les couches typiques et pour déterminer leur continuité. Les coupes sont habituellement choisies selon les azimuts retenus ou en fonction de la plus grande densité de sondage (voir les figures 2 et 3).

La mise en plan des données et les coupes stratigraphiques sont facilitées par l'utilisation de logiciels de construction de cartes et de coupes stratigraphiques. Néanmoins, il est recommandé de faire une vérification à l'aide des profils des forages et des tranchées pour s'assurer de la qualité de l'information.

### 2.2.10 Interprétation des résultats

Bien que le nombre de données soit variable en fonction de la dimension du terrain et de la variation de la stratigraphie des dépôts en place, la banque de données devrait contenir environ 30 résultats par couche typique et par paramètre pour constituer un ensemble statistique représentatif pour établir une teneur de fond.

Pour déterminer les teneurs de fond naturelles par couche de sol du secteur caractérisé, il est recommandé de suivre la procédure suivante :

1. Regrouper les résultats

L'interprétation des résultats d'analyse se fait par couche typique de sol (sable, argile, till, etc.), représentant une population distincte pour toute l'aire d'étude locale. Ce regroupement se fait sur la base des profils stratigraphiques et de la description des sols de chaque échantillon analysé.

2. Validation des données

Il est suggéré de faire un examen des données par type de sol (ex. : argile) et par paramètre (ex. : cuivre). Par exemple, les concentrations très élevées (données potentiellement aberrantes ou « outlier ») devraient être expliquées. Les données aberrantes peuvent être attribuables à des erreurs de transcription ou à des erreurs d'analyse de laboratoire. Le cas échéant, il faut de nouveau analyser les échantillons de sols pour confirmer les résultats. Des résultats élevés pour différents paramètres dans un échantillon peuvent aussi révéler une anomalie géochimique, ce qui nécessiterait une certaine validation. Un résultat considéré comme non valable doit être retiré de la banque de données.

Lorsque la validité des résultats est confirmée, il est conseillé de réaliser une mise en carte des données pour chaque paramètre. Si un regroupement de concentrations plus élevées est noté, la zone concernée peut représenter une population indépendante, laquelle devrait être considérée à part lors du traitement des données. Cette zone pourrait être caractérisée de façon plus précise pour expliquer et délimiter l'anomalie.

---

### 3. Traitement statistique des données

Si un résultat est inférieur à la limite de détection de la méthode, le résultat considéré est égal à la moitié de la limite de détection.

Un traitement statistique des résultats d'analyse pour chaque type de sol et pour chaque paramètre peut être fait en déterminant :

- La valeur minimale : la valeur la plus faible observée dans l'ensemble des données;
- La valeur maximale : la valeur la plus élevée observée dans l'ensemble des données;
- Le premier quartile (Q1) : 25 % des données sélectionnées sont inférieures à cette valeur;
- La médiane : 50 % des données sélectionnées sont inférieures à cette valeur;
- Le troisième quartile (Q3) : 75 % des données sélectionnées sont inférieures à cette valeur.

### 4. Calcul de la vibrisse

Comme la distribution des données provenant de résultats d'analyse de sols s'ajuste rarement à une loi normale ou à un log normal, il est recommandé de déterminer la teneur de fond en se basant sur le calcul de la vibrisse supérieure<sup>3</sup>.

Le calcul de la vibrisse supérieure est recommandé pour déterminer la concentration maximale qui sera considérée comme naturelle pour chaque paramètre. Pour calculer la vibrisse, on multiplie la distance interquartile entre le troisième et le premier quartile par 1,5 et l'on additionne le résultat à la valeur du troisième quartile, soit :

**Vibrisse supérieure :  $((Q3-Q1) \times 1,5) + Q3$**

Ainsi, la valeur de la vibrisse supérieure détermine la concentration maximale qui sera considérée comme une teneur de fond naturelle pour une couche stratigraphique typique. Un exemple de traitement de données est présenté à l'annexe II. Cet exemple donne les résultats d'échantillons pris dans la couche typique d'argile prélevée à différents endroits dans le terrain de l'exemple fictif de la figure 1 et réfère aux coupes correspondantes des figures 2 et 3.

Néanmoins, tous les ensembles de données pour un paramètre ne comportent pas nécessairement de variations importantes. Dans plusieurs cas, les vibrisses supérieures sont inférieures ou égales aux critères A (teneurs de fond). Les données pour lesquelles on observe des dépassements des critères A, B ou même C (comme pour les paramètres Cu, Pb, Zn de l'exemple) pourraient indiquer la présence d'anomalies géochimiques naturelles, surtout si un regroupement spatial de données « anormales » caractérise un secteur. Cette situation peut indiquer la présence d'une population différente (matériau différent par la lithologie d'origine ou par les processus pédologiques, etc.). Par conséquent, lorsque des valeurs anormales (au-dessus de la vibrisse supérieure) sont mesurées, une justification est requise pour pouvoir les considérer comme acceptables.

---

<sup>3</sup> Tukey, J. W. *Exploratory Data Analysis*, Addison-Wesley, 1977.

### **2.2.11 Contenu du rapport**

Il est recommandé d'inclure les éléments suivants dans le rapport :

- Nom du projet;
- Nom et coordonnées du propriétaire du terrain;
- Nom de l'auteur du rapport et date de production;
- Localisation de la propriété et de l'aire d'étude locale, y compris les zones susceptibles d'être influencées selon l'hydrogéologie et les retombées aéroportées (plan indiquant les limites des zones et les coordonnées géographiques correspondantes).

#### **Introduction :**

- Description du projet et des impacts potentiels des activités prévues;
- Description et justification des paramètres retenus pour la caractérisation initiale.

#### **Description de la méthodologie :**

- Méthodologie de recherche documentaire réalisée; liste des sources d'information et documents consultés;
- Méthodologie de caractérisation des sols.

#### **Présentation des résultats :**

- Description des contextes géologique, pédologique et géomorphologique;
- Plans présentant les contextes topographique, géomorphologique, hydrographique, géologique (localisation des zones d'affleurements rocheux et des principaux dépôts meubles) et pédologique;
- Plans de localisation des sondages présentant les résultats des substances détectées à chaque couche typique;
- Profils et coupes stratigraphiques selon les axes traversant le terrain dans les azimuts retenus;
- Tableaux des résultats d'analyse et des résultats de l'évaluation statistique (indiquant notamment les limites de détection, les unités de mesure utilisées et les résultats indiqués comme « non détectés »);
- Explication de la méthode de validation des données et présentation de justifications pour tous les retraits de données de la banque de données utilisée pour le calcul de la vibrissse;
- Tableau des résultats du programme d'assurance et de contrôle de la qualité;
- Interprétation des résultats du programme d'assurance et de contrôle de la qualité;
- Interprétation des résultats (détermination des teneurs de fond naturelles des métaux à chacune des couches typiques);
- Signature de l'auteur du rapport.

#### **Annexes :**

- Plans, cartes et photographies (aériennes ou autres);
- Copies des documents pertinents consultés;

- 
- Rapports (journaux et fiches de description des couches stratigraphiques) de tous les forages et de toutes les tranchées (puits d'observation, le cas échéant);
  - Certificats d'analyses chimiques signés par un chimiste.

### 3. CONSERVATION DES DONNÉES

Le propriétaire devrait conserver le rapport final, qui donne une image de l'état initial de son terrain, une copie de l'ensemble des documents et une copie des données recueillies au cours de la caractérisation initiale pour consultation ultérieure.

De plus, pour éviter d'avoir à réaliser des campagnes d'échantillonnage supplémentaires, il est recommandé de conserver tous les échantillons de sols prélevés (séchés, homogénéisés et tamisés à 2 millimètres) dans des contenants, pour répondre à un éventuel besoin de vérification de résultats anormaux ou pour faire des analyses complémentaires, principalement pour les métaux. Les échantillons devraient être conservés par le propriétaire du terrain tant et aussi longtemps que les activités se poursuivent.

### 4. RÉFÉRENCES

- Renez, A. N, Garrett, R. G., *et al.* « Using soil geochemical data to estimate the range of background element concentrations for ecological and human-health risk assessments », *Geological Survey of Canada, Current Research*, 2011.
- Baize, D. *Les éléments traces métalliques (ETM) dans les sols, tout ce qu'il faut savoir*, Orléans, INRA, 2007, 170 p.
- Tukey, J.W. *Exploratory Data Analysis*, Addison-Wesley, 1977.
- Villanneau, E. « Détection de valeurs anormales d'éléments traces métalliques dans les sols à l'aide du Réseau de mesure de la qualité des sols », *Étude et gestion des sols*, vol. 15, n° 3, 2008, p. 183-200.
- ISO19258. *Qualité du sol - Guide pour la détermination des valeurs de bruit de fond*, 2005.

## ANNEXE I

### Classification des sols

Pour la description des sols sur le terrain, lors de la réalisation de tranchées ou de forages, il est recommandé de se référer à la classification générale suivante (MTQ, 2010), qui est basée sur l'aspect textural des particules fines et sur la taille des particules.

**Tableau 1 : Classification des sols**

| Classification | Taille des particules |
|----------------|-----------------------|
| Argile         | < 0,002 mm            |
| Silt           | 0,002 mm à 0,08 mm    |
| Sable          | 0,08 mm à 5 mm        |
| Gravier        | 5 mm à 80 mm          |
| Caillou        | 80 mm à 300 mm        |
| Bloc           | > 300 mm              |

Réf. : Transports Québec. *Guide de planification et de réalisation des études de reconnaissance de sols*, 2010.

Pour une description plus détaillée des sols, il est recommandé de se référer à la norme ASTM D2488-00 et à la classification granulométrique (USCS-ASTM).

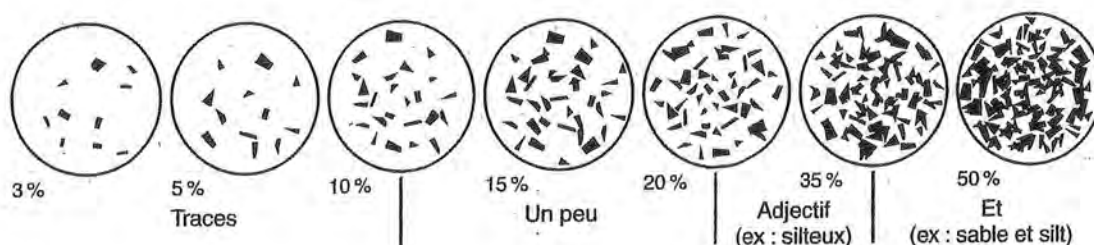
Un sol à l'intérieur d'une même unité stratigraphique peut présenter différentes granulométries. Le cas échéant, il est recommandé d'utiliser les qualificatifs suggérés dans le tableau 2 pour mieux décrire le sol.

**Tableau 2 : Nom du sol en fonction des proportions des différentes composantes**

| Description                         | Proportions |
|-------------------------------------|-------------|
| Traces                              | 1 à 10 %    |
| Un peu                              | 10 à 20 %   |
| Adjectif (ex. : sableux ou silteux) | 20 à 35 %   |
| Nom (ex. : sable ou silt)           | 35 à 50 %   |

L'identification des sols en fonction des proportions de leurs différentes composantes permet de réaliser une description visuelle plus représentative de la nature des différentes couches. La figure 1 présente des schémas pour aider à établir l'estimation du pourcentage des constituants d'un sol.

**Figure 1 : Schéma du pourcentage des constituants d'un sol**



Selon les proportions estimées des différents constituants d'un sol, il est possible d'attribuer un nom au sol qui constitue une couche stratigraphique et de faire une meilleure description d'un échantillon de sol transmis pour l'analyse.

Le tableau 3 présente des exemples de noms à donner en fonction des différentes proportions de la granulométrie du sol.

**Tableau 3 : Exemples d'appellation des sols en fonction de la proportion granulométrique**

| Pourcentage de particules (%) |      |       |         |         |      | Nom                                   |
|-------------------------------|------|-------|---------|---------|------|---------------------------------------|
| Argile                        | Silt | Sable | Gravier | Caillou | Bloc |                                       |
|                               | 30   | 60    |         | 10      |      | Sable silteux avec un peu de cailloux |
|                               | 10   | 50    | 40      |         |      | Sable et gravier avec traces de silt  |
| 70                            | 30   |       |         |         |      | Argile silteuse                       |

### Description des horizons stratigraphiques

Un horizon stratigraphique est défini comme une couche de sol de granulométrie ou de couleur homogènes. Pour chaque horizon stratigraphique, il est recommandé de déterminer :

- Le type de sol en fonction de la taille des particules (texture) et de leurs proportions (voir les tableaux ci-dessus);
- L'épaisseur;
- Les limites entre les unités stratigraphiques ou pédologiques (formes et netteté des limites – voir la figure 2). Celles-ci peuvent être :
  - irrégulières (présence de l'unité avec décalage, non continue);
  - ondulées (présence de sinuosités);
  - régulières (limite approximativement parallèle à la surface du terrain);
  - interrompues (limite discontinue, unités stratigraphiques développées dans des fissures ou dans des poches séparées);
  - lenticulaires (inclusion d'une masse allongée dans le terrain);
  - nettes (ou abruptes);
  - graduelles (ex. : granulométrie fine à grossière dans une unité de sable);
  - diffuses;

- La couleur : la couleur est une propriété importante pour établir l'origine géologique du sol. Elle doit être établie sur le sol humide. Les variations de couleur à l'intérieur d'un horizon doivent être notées;
- La forme des grains de sable ou de gravier et la forme des cailloux et des blocs (ex. : arrondie, subarrondie, anguleuse ou subanguleuse);
- L'odeur (hydrocarbures, soufre, matière organique, etc.);
- La structure et l'agencement des particules (alternance régulière de couches argileuses minces et de couches plus silteuses ou sableuses ou gradation du sable fin à grossier et du gravier, fissuration dans les argiles, surface de roc friable, etc.);
- L'humidité du sol (sec, humide ou saturé);
- La porosité (volume des sols occupés par l'air, l'eau et les organismes vivants [animaux et végétaux]);
- Le pourcentage de cailloux ou de blocs et leur forme (arrondie, subarrondie, anguleuse ou subanguleuse);
- La présence de contaminants (huiles, essences, etc.);
- La présence de matières résiduelles (béton, vitre, cendres, scories, bois, etc.);
- La présence de lentilles (matériau dont la présence n'est pas continue d'un côté à l'autre de la tranchée ou du terrain [ex. : lentilles d'argile]);
- La présence d'éléments particuliers (racines, coquilles, oxyde de fer, etc.).

Dans la description des sols d'une tranchée, il est important de noter les pourcentages de blocs et de cailloux, car ceux-ci ne peuvent être inclus dans les échantillons qui seront prélevés. Le niveau de la nappe doit aussi être indiqué.

Pour faciliter cette prise de notes, des modèles de fiches de sondage, de tranchée d'exploration et de forage, adaptées aux sols sont présentés en annexe du cahier 5, « Échantillonnage des sols », du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

### **Description des échantillons**

Chaque échantillon prélevé est décrit en fonction de la classification recommandée. Cette description précise notamment la texture, le niveau d'humidité (sec, humide ou saturé), la granulométrie, la couleur et les odeurs. De plus, l'intervalle de profondeur et la localisation de chaque échantillon sont indiqués sur le profil de la tranchée ou du forage.

### **Description du roc**

Lorsque le roc est atteint à la fin d'un forage ou dans le fond d'une tranchée, il faut déterminer le type de roc et son niveau d'altération en surface. Le type de roc présent dans le secteur du terrain à l'étude est habituellement déterminé lors de l'étude de caractérisation de phase I, au moment de la consultation de l'étude géologique du secteur, et peut être confirmé lorsque le roc est atteint lors des travaux de terrain.

### **Description des profils de sol**

Un profil de sol est constitué de plusieurs couches horizontales superposées formant différents horizons. Un horizon est caractérisé par une évolution attribuable à la nature du roc, à la couverture végétale, aux agents biologiques et au climat.

---

La description d'un profil est établie selon les caractéristiques pédologiques des couches organiques (O) présentes en surface, aux horizons minéraux (A, B et C) et au roc (R). Une description générale des différents constituants d'un profil est présentée ci-dessous.

**O** : Couche organique constituée de l'accumulation de débris végétaux qui, selon le niveau de dégradation, peuvent être identifiés (L, F, H pour des litières forestières à divers stades de décomposition ou O pour des débris provenant de la végétation de terres humides).

**A** : Horizon de couleur foncée, souvent considéré comme couche de terre arable. Cet horizon est minéral et formé à la surface ou à proximité, dans la zone de lessivage ou dans celle où l'accumulation de matière organique est maximale. Il est le résultat d'un brassage mécanique par les organismes vivants dans le sol (vers, insectes, etc.).

**B** : Horizon minéral enrichi de divers constituants, notamment de la matière organique, de l'argile, du fer ou du carbonate de calcium. Cet horizon est caractérisé par le développement de la structure du sol ou par un changement de couleur attribuable à des processus de réduction ou d'oxydation.

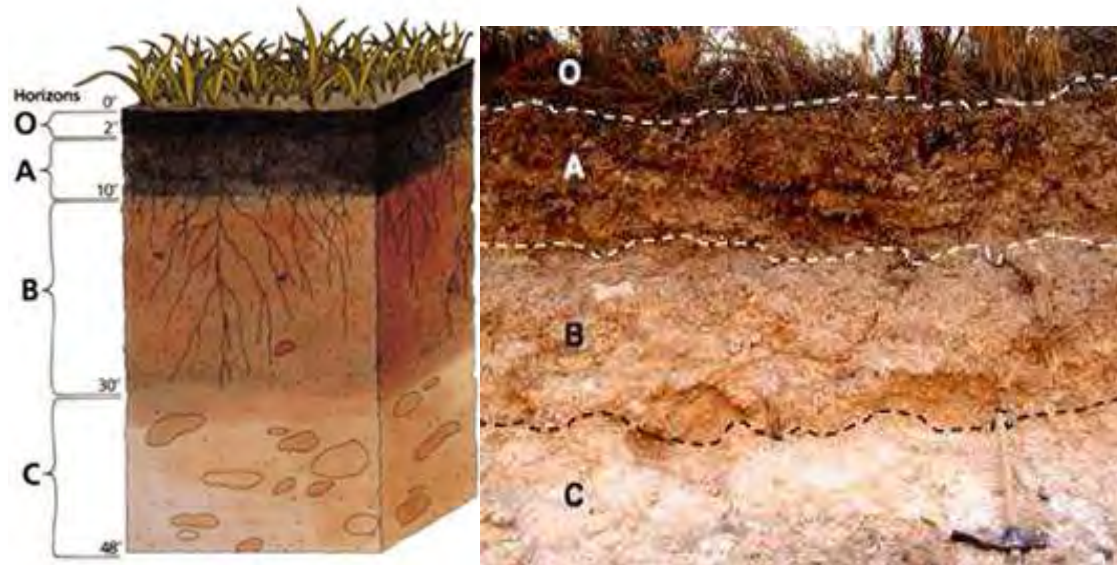
**C** : Horizon minéral qui, contrairement aux horizons A et B, n'est pas affecté par les processus pédogénétiques, mais par des processus d'altération et de fragmentation du roc par des phénomènes mécaniques (froid, chaleur, frottement, etc.). Cet horizon est caractérisé par un dépôt terreux non consolidé et par un substrat rocheux.

Dans certains cas, des sous-horizons des horizons A, B et C peuvent être identifiés en ajoutant des suffixes minuscules, par exemple Ah pour l'accumulation de matière organique identifiée par l'aspect plus foncé de la couleur de la surface du sol.

### **Détermination du roc**

Selon le système canadien de classification des sols, la zone située entre l'horizon C et le roc est appelée « contact lithique » et le début du roc (R) est déterminé par le degré de consolidation de sa surface. Il est atteint lorsque la dureté de la surface est supérieure à 3 sur l'échelle de Mohs, soit l'équivalent de la dureté de la calcite (surface pouvant être rayée avec une pièce de cuivre).

**Figure 2 : Description typique d'un profil des sols (O, A, B et C)**



Références :

- Agriculture et Agroalimentaire Canada – Groupe de travail sur la classification des sols. *Le système canadien de classification des sols*, troisième édition, 2002, publication 1646.
- Ministère des Ressources naturelles. *Normes d'inventaire forestier – Placettes-échantillons*, Direction des inventaires forestiers, Forêt Québec, 2002.
- Renee, A. N, Garrett, R. G., et al. « Using soil geochemical data to estimate the range of background element concentrations for ecological and human-health risk assessments », *Geological Survey of Canada, Current Research*, 2011.
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Profil\\_de\\_sol](https://fr.wikipedia.org/wiki/Profil_de_sol).

Sources d'inventaires :

- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, base de données géoscientifiques : <http://www.mern.gouv.qc.ca/mines/geologie/geologie-donnees.jsp>.
- Ressources naturelles du Canada : [http://geoscan.nrcan.gc.ca/rss/gempub\\_f.rss](http://geoscan.nrcan.gc.ca/rss/gempub_f.rss).



## ANNEXE II

Exemples de calculs (figures 1, 2 et 3) pour la détermination des teneurs de fond naturelles en métaux pour des échantillons d'argile (cas fictif)

**Tableau 1 : Résultats des analyses chimiques des sols**

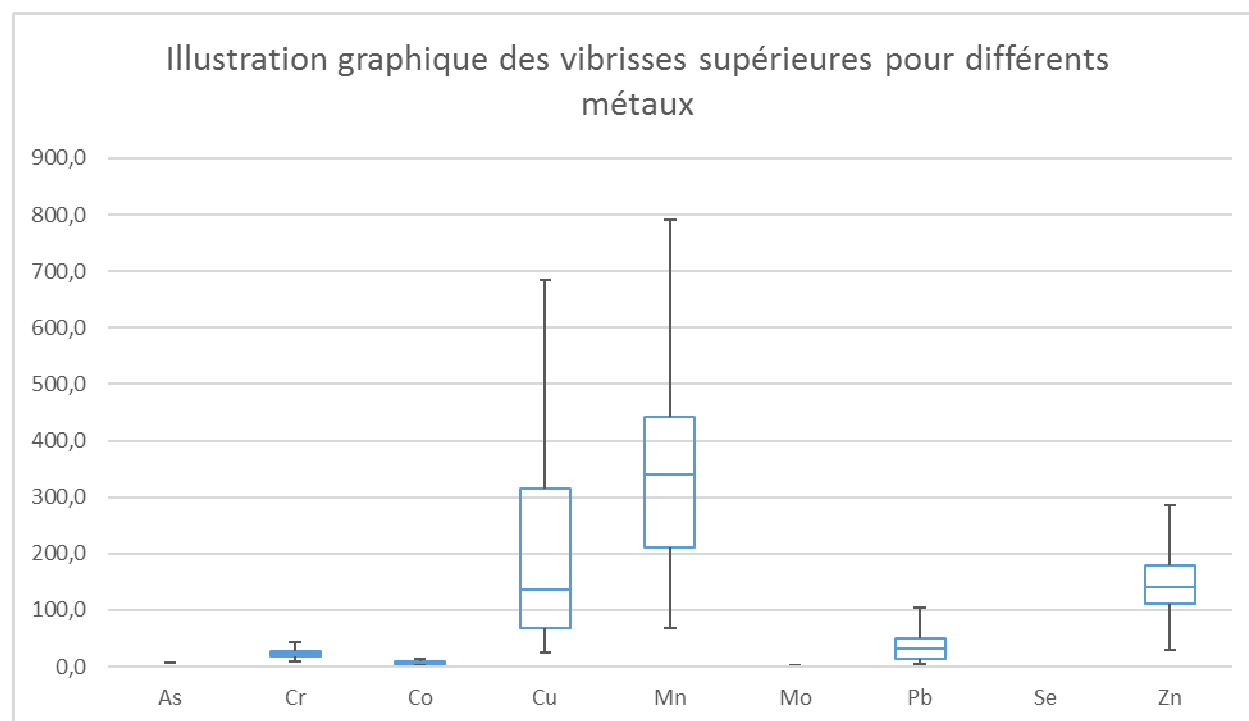
| Échantillons   | As<br>ppm | Cr<br>ppm | Co<br>ppm | Cu<br>ppm | Mn<br>ppm | Mo<br>ppm | Pb<br>ppm | Se<br>ppm | Zn<br>ppm |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| F1 0,0 à 1,0   | 6         | 22        | 8,4       | 270       | 490       | 2         | 43        | 1         | 250       |
| F2 0,2 à 0,5   | 6         | 18        | 6,5       | 32        | 870       | 2         | 5         | 1         | 73        |
| F2 2,5 à 3,0   | 10        | 17        | 9,1       | 140       | 490       | 2         | 39        | 1         | 120       |
| F3 0,2 à 0,5   | 6         | 16        | 6,4       | 79        | 410       | 2         | 83        | 1         | 180       |
| F3 2,5 à 3,0   | 6         | 23        | 6,7       | 92        | 290       | 2         | 17        | 1         | 110       |
| F6 0,1 à 0,5   | 6         | 20        | 4,2       | 51        | 150       | 2         | 7,8       | 1         | 84        |
| F6 0,3 à 0,5   | 6         | 23        | 7,4       | 90        | 200       | 2         | 13        | 1         | 150       |
| F4 1,5 à 2,0   | 6         | 23        | 9,3       | 310       | 810       | 2         | 28        | 1         | 160       |
| F4 2,0 à 2,5   | 6         | 25        | 7,7       | 96        | 420       | 2         | 15        | 1         | 110       |
| F5 1,0 à 1,5   | 11        | 18        | 9,2       | 87        | 420       | 10        | 49        | 1         | 140       |
| F7 0,3 à 0,75  | 6         | 32        | 12        | 960       | 710       | 4,2       | 120       | 1         | 290       |
| F7 1,5 à 2,0   | 8,1       | 18        | 9,1       | 280       | 840       | 2         | 93        | 1         | 190       |
| F8 0,5 à 1,0   | 6         | 19        | 5,5       | 490       | 310       | 2         | 70        | 1         | 150       |
| F8 1,5 à 2,0   | 18        | 18        | 6         | 280       | 400       | 2,4       | 55        | 1         | 310       |
| F9 0,75 à 1,0  | 11        | 17        | 5,1       | 37        | 450       | 2         | 120       | 1         | 180       |
| F9 1,5 à 2,0   | 6         | 24        | 6,6       | 27        | 170       | 2         | 35        | 1         | 230       |
| F10 0,75 à 1,0 | 6         | 30        | 8         | 24        | 210       | 2         | 5         | 1         | 180       |
| F10 1,5 à 2,0  | 6         | 30        | 11        | 24        | 210       | 2         | 28        | 1         | 160       |
| F11 0,5 à 1,0  | 6         | 28        | 5,5       | 130       | 250       | 2         | 5         | 1         | 120       |
| F11 1,0 à 1,5  | 6         | 9,5       | 2         | 36        | 68        | 2         | 12        | 1         | 29        |
| F11 1,5 à 2,0  | 6         | 19        | 4,7       | 49        | 200       | 2         | 5         | 1         | 38        |
| F12 0,5 à 1,0  | 6         | 28        | 4,4       | 74        | 190       | 2         | 5         | 1         | 62        |
| F13 2,5 à 3,0  | 6         | 56        | 11        | 240       | 440       | 2         | 5         | 1         | 110       |
| F14 0,5 à 1,0  | 6         | 43        | 11        | 130       | 310       | 2         | 28        | 1         | 130       |
| F15 1,5 à 2,0  | 6         | 16        | 5,8       | 840       | 320       | 2         | 50        | 1         | 150       |
| F16 1,0 à 1,5  | 6         | 32        | 10        | 610       | 340       | 15        | 49        | 1         | 180       |
| F17 0,5 à 1,0  | 6         | 28        | 7,5       | 1200      | 480       | 4,2       | 41        | 1         | 140       |
| F18 0,5 à 1,0  | 6         | 24        | 6,3       | 200       | 400       | 4,2       | 38        | 1         | 130       |
| F19 0,5 à 1,0  | 6         | 24        | 6,9       | 340       | 400       | 2         | 34        | 1         | 98        |
| F20 0,0 à 0,5  | 6         | 18        | 3,4       | 170       | 180       | 2         | 15        | 1         | 160       |
| F21 0,5 à 1,0  | 6         | 23        | 5,4       | 330       | 340       | 2         | 19        | 1         | 110       |
| F21 1,5 à 2,0  | 6         | 22        | 5,7       | 410       | 340       | 4         | 54        | 1         | 130       |

**Tableau 2 : Résultats statistiques des analyses de sols**

|                         | As       | Cr        | Co         | Cu           | Mn           | Mo       | Pb           | Se       | Zn         |
|-------------------------|----------|-----------|------------|--------------|--------------|----------|--------------|----------|------------|
| Nombre de données       | 32       | 32        | 32         | 32           | 32           | 32       | 32           | 32       | 32         |
| Valeur minimale         | 6        | 9,5       | 2          | 24           | 68           | 2        | 5            | 1        | 29         |
| Valeur maximale         | 18       | 56        | 12         | 1200         | 870          | 15       | 120          | 1        | 310        |
| 25 <sup>e</sup> centile | <b>6</b> | <b>18</b> | <b>5,5</b> | <b>68,25</b> | <b>210</b>   | <b>2</b> | <b>12,75</b> | <b>1</b> | <b>110</b> |
| 50 <sup>e</sup> centile | 6        | 23        | 6,65       | 135          | 340          | 2        | 31           | 1        | 140        |
| 75 <sup>e</sup> centile | <b>6</b> | <b>28</b> | <b>9</b>   | <b>315</b>   | <b>442,5</b> | <b>2</b> | <b>49,25</b> | <b>1</b> | <b>180</b> |
| 98 <sup>e</sup> centile | 14       | 48        | 11         | 1051         | 851          | 12       | 120          | 1        | 298        |
| Moyenne*                | 7        | 24        | 7          | 254          | 378          | 3        | 37           | 1        | 145        |
| Écart type              | 2        | 9         | 2          | 288          | 199          | 3        | 32           | 0        | 63         |
| Critères A              | 15       | 75        | 20         | 50           | 1000         | 2        | 40           | 3        | 130        |
| Critères B              | 30       | 250       | 50         | 100          | 1000         | 10       | 500          | 3        | 500        |
| Critères C              | 50       | 800       | 300        | 500          | 2200         | 40       | 1000         | 10       | 1500       |
| Vibrisse supérieure     | <b>6</b> | <b>43</b> | <b>15</b>  | <b>685</b>   | <b>791</b>   | <b>2</b> | <b>104</b>   | <b>1</b> | <b>285</b> |

Critères A, B et C pour la province géologique des Appalaches

\* Moyenne arithmétique



Villanneau, E. « Détection de valeurs anormales des teneurs en ETM des sols de France, basée sur le RMQS », *La Lettre du GIS Sol*, Orléans, INRA, 2008, p. 1.

Villanneau, E, et C. Perry-Giraud. *Étude et gestion des sols*, vol. 15, n° 3, 2008, p. 183-200.





**Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques**

**Québec**

