
**Qualité du sol — Prélèvement des
invertébrés du sol —**

Partie 6:

**Lignes directrices pour la conception
de programmes d'échantillonnage des
invertébrés du sol**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

Soil quality — Sampling of soil invertebrates —

*Part 6: Guidance for the design of sampling programmes with soil
invertebrates*

ISO 23611-6:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b87a0e75-536d-4cea-bae6-4a8b317f8459/iso-23611-6-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 23611-6:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b87a0e75-536d-4cea-bae6-4a8b317f8459/iso-23611-6-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
3.1 Biologie du sol	3
3.2 Protection des sols	3
3.3 Méthodes	4
4 Principe	4
4.1 Généralités	4
4.2 Questionnaire pour la planification d'une étude sur le terrain	5
5 Objectifs de l'échantillonnage	6
5.1 Généralités	6
5.2 Remarques générales	7
5.3 Conditions préalables	7
5.4 Conduite de l'évaluation spécifique à un site de terrain contaminé	8
5.5 Étude des effets secondaires potentiels des impacts anthropogéniques	8
5.6 Classification et évaluation biologiques des sols afin de déterminer la qualité biologique des sols	8
5.7 Surveillance biogéographique dans le cadre de la protection ou restauration de la nature	8
6 Échantillons et points d'échantillonnage	9
6.1 Généralités	9
6.2 Modèles d'échantillonnage	9
6.3 Sélection et identification de l'emplacement d'échantillonnage	10
6.4 Préparation du site d'échantillonnage	10
6.5 Autres conseils d'ordre général sur la réalisation de l'échantillonnage	11
7 Considérations pratiques pour l'échantillonnage biologique des sols	11
7.1 Généralités	11
7.2 Préparations formelles	11
7.3 Exigences relatives au personnel réalisant l'échantillonnage et aux mesures de sécurité	12
7.4 Enquête préliminaire	12
7.5 Étude principale	13
8 Options de méthodologie pour l'échantillonnage des invertébrés du sol	13
8.1 Introduction	13
8.2 Description des stratégies d'échantillonnage possibles	15
8.3 Recommandations du programme européen ENVASSO (Évaluation environnementale des sols pour leur surveillance)	19
9 Rapport d'échantillonnage	22
10 Contrôle qualité et assurance qualité	23
Annexe A (informative) Études de cas	24
Bibliographie	43

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 23611-6 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 190, *Qualité du sol*, sous-comité SC 4, *Méthodes biologiques*.

L'ISO 23611 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Qualité du sol — Prélèvement des invertébrés du sol*:

- *Partie 1: Tri manuel et extraction au formol des vers de terre*
- *Partie 2: Prélèvement et extraction des micro-arthropodes (Collembola et Acarina)*
- *Partie 3: Prélèvement et extraction du sol des enchytréides*
- *Partie 4: Prélèvement, extraction et identification des nématodes du sol*
- *Partie 5: Prélèvement et extraction des macro-invertébrés du sol*
- *Partie 6: Lignes directrices pour la conception de programmes d'échantillonnage des invertébrés du sol*

Introduction

La biodiversité de la faune du sol est immense. Le sol abrite de riches communautés d'espèces qui régulent certains processus écosystémiques tels que la décomposition des matières organiques, les flux de nutriments ou la fertilité du sol en général (Références [40], [45]). Tous les phylums animaux terrestres peuvent se retrouver dans les sols (Référence [16]). En plus des milliers d'espèces bactériennes et fongiques, plus de 1 000 espèces d'invertébrés avec des abondances d'environ 1,5 million d'individus peuvent être observées dans un mètre carré de sol (Références [3], [5]). Cette diversité ne peut être estimée de façon fiable que par l'investigation de la communauté du sol elle-même, puisque d'autres paramètres comme le climat ne sont pas, ou du moins faiblement, corrélés avec la diversité des espèces (Référence [24]).

La composition de cette communauté ainsi que l'abondance et la biomasse des espèces et groupes individuels constituent une source précieuse d'informations, dans la mesure où elles intègrent plusieurs effets abiotiques et biotiques tels que les propriétés et les conditions du sol, le climat, la compétition ou les influences biogéographiques (Référence [68]). C'est pourquoi l'évaluation de la biodiversité des communautés des invertébrés du sol s'avère de plus en plus importante pour la classification et l'évaluation de la qualité biologique du sol (Référence [51]). Cependant, ce travail n'est possible que si la collecte des données (c'est-à-dire le prélèvement de la faune du sol) est effectuée suivant des méthodes normalisées. Pour cette raison, un certain nombre de lignes directrices couvrant l'échantillonnage des groupes d'organismes les plus importants du sol ont été élaborées.

Dans chaque partie de l'ISO 23611, la méthodologie concernant le groupe animal correspondant est décrite en détail. Cependant, presque rien n'est dit sur la manière de planifier l'utilisation de ces méthodes ou la manière d'évaluer les résultats. En dépit du fait que le prélèvement pour toute étude sur le terrain peut être différent selon le but poursuivi, des lignes directrices sont nécessaires pour la conduite des études dans un cadre réglementaire. De telles études peuvent comprendre:

- l'évaluation des risques spécifiques à un site contaminé;
- l'étude des effets secondaires potentiels des impacts anthropogéniques (par exemple l'utilisation des produits chimiques ou la construction de routes);
- la classification et l'évaluation biologiques des sols en vue de déterminer leur qualité biologique;
- la surveillance biogéographique à long terme dans le cadre de la protection ou restauration de la nature, y compris le changement climatique à l'échelle mondiale [par exemple comme dans les projets de recherche écologique à long terme (LTER)].

Les études spatiales portant sur les questions environnementales et écologiques nécessitent la définition d'une stratégie adéquate pour la collecte des données (Références [31], [65]). Avant d'identifier le plan d'échantillonnage optimal, deux questions doivent être clarifiées: quel est l'objectif de l'étude et quelles sont les informations déjà disponibles sur la zone à étudier? Par la suite, on peut procéder au choix de l'un des modèles bien connus (par exemple l'échantillonnage en grille, l'échantillonnage aléatoire, l'échantillonnage par grappes ou transects aléatoires) ou élaborer un modèle d'étude spécifique. Dans tous les cas, le plan d'échantillonnage sur le terrain doit être pratique, par exemple le volume du sol à prélever, suivant la taille et la distribution des organismes, doit être réalisable (c'est-à-dire plus le groupe animal est petit; plus la taille est petite) et efficace en termes de coût.

Dans les études portant sur les invertébrés du sol, il n'est pas possible d'observer la population toute entière. Par conséquent, le prélèvement est effectué seulement sur un nombre limité d'emplacements. L'utilisation de modèles d'échantillonnage statistiques est principalement justifiée par le fait qu'un tel échantillonnage garantit l'objectivité scientifique et évite des biais dus à un échantillonnage basé sur un jugement d'expert. Cela est particulièrement vrai si l'objectif est d'obtenir des données qui sont représentatives de la zone toute entière. De même, les modèles d'échantillonnage statistique garantissent des méthodes de prélèvement normalisées dans le temps, c'est-à-dire si la même zone doit ultérieurement faire l'objet d'un nouveau prélèvement, les résultats seront comparables.

La logique des présentes lignes directrices sur la conception des méthodes d'échantillonnage sur site des invertébrés du sol prend en compte les lignes directrices fournies dans l'ISO 10381-1 décrivant l'échantillonnage du sol en général.

La conception des études microbiologiques est déjà couverte par l'ISO 10381-6, l'ISO 14240-1 et l'ISO 14240-2.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 23611-6:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b87a0e75-536d-4cea-bae6-4a8b317f8459/iso-23611-6-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b87a0e75-536d-4cea-bae6-4a8b317f8459/iso-23611-6-2012>

Qualité du sol — Prélèvement des invertébrés du sol —

Partie 6:

Lignes directrices pour la conception de programmes d'échantillonnage des invertébrés du sol

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 23611 spécifie les lignes directrices pour la conception de programmes d'échantillonnage des invertébrés du sol sur le terrain (par exemple la surveillance de la qualité d'un sol comme habitat pour les organismes). Des informations détaillées sur l'échantillonnage des organismes les plus importants vivant dans le sol sont fournies dans les autres parties de la présente Norme internationale (ISO 23611-1 à ISO 23611-5).

La présente partie de l'ISO 23611 est utilisée pour tous les biotopes terrestres dans lesquels se trouvent les invertébrés du sol. Des informations fondamentales sur la conception des études sur le terrain en général sont déjà fournies dans l'ISO 10381-1. Ces informations peuvent varier selon les exigences nationales ou les conditions régionales/climatiques du site à prélever.

NOTE Bien que la présente partie de l'ISO 23611 s'applique globalement à tous les sites terrestres habités par les invertébrés du sol, les informations existantes se réfèrent principalement aux régions tempérées. Cependant, (quelques) études émanant d'autres régions (tropicales et boréales) ainsi que des considérations théoriques permettent de conclure que les principes établis dans la présente partie de l'ISO 23611 sont généralement valables (Références [4], [6], [40], [21]).

ISO 23611-6:2012

La présente partie de l'ISO 23611 fournit des informations sur l'évaluation des risques spécifiques à un site contaminé, l'étude des effets secondaires potentiels des impacts anthropogéniques (par exemple l'utilisation de produits chimiques ou la construction de routes), la classification et l'évaluation biologiques des sols en vue de déterminer leur qualité biologique, la surveillance biogéographique à long terme dans le cadre de la protection ou restauration de la nature, y compris le changement climatique à l'échelle mondiale (par exemple comme dans les projets de recherche écologique à long terme).

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 10381-1:2002, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 1: Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage*

ISO 10381-2, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 2: Lignes directrices pour les techniques d'échantillonnage*

ISO 10381-3, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 3: Lignes directrices relatives à la sécurité*

ISO 10381-4, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 4: Lignes directrices pour les procédures d'investigation des sites naturels, quasi naturels et cultivés*

ISO 10381-5, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 5: Lignes directrices pour la procédure d'investigation des sols pollués en sites urbains et industriels*

ISO 10381-6, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 6: Lignes directrices pour la collecte, la manipulation et la conservation, dans des conditions aérobies, de sols destinés à l'évaluation en laboratoire des processus, de la biomasse et de la diversité microbiens*

ISO 10390, *Qualité du sol — Détermination du pH*

ISO 10694, *Qualité du sol — Dosage du carbone organique et du carbone total après combustion sèche (analyse élémentaire)*

ISO 11074, *Qualité du sol — Vocabulaire*

ISO 11260, *Qualité du sol — Détermination de la capacité d'échange cationique effective et du taux de saturation en bases échangeables à l'aide d'une solution de chlorure de baryum*

ISO 11272, *Qualité du sol — Détermination de la masse volumique apparente sèche*

ISO 11274, *Qualité du sol — Détermination de la caractéristique de la rétention en eau — Méthodes de laboratoire*

ISO 11277, *Qualité du sol — Détermination de la répartition granulométrique de la matière minérale des sols — Méthode par tamisage et sédimentation*

ISO 11461, *Qualité du sol — Détermination de la teneur en eau du sol en fraction volumique, à l'aide de carottiers — Méthode gravimétrique*

ISO 11465, *Qualité du sol — Détermination de la teneur pondérale en matière sèche et en eau — Méthode gravimétrique*

ISO 11466, *Qualité du sol — Extraction des éléments en traces solubles dans l'eau régale*

ISO 13878, *Qualité du sol — Détermination de la teneur totale en azote par combustion sèche («analyse élémentaire»)*

ISO 14869-1, *Qualité du sol — Mise en solution pour la détermination des teneurs élémentaires totales — Partie 1: Mise en solution par l'acide fluorhydrique et l'acide perchlorique*

ISO 15709, *Qualité du sol — Eau du sol et zone non saturée — Définitions, symboles et théorie*

ISO 15799, *Qualité du sol — Lignes directrices relatives à la caractérisation écotoxicologique des sols et des matériaux du sol*

ISO 17616, *Qualité du sol — Lignes directrices pour l'évaluation des essais appliqués dans le domaine de la caractérisation écotoxicologique des sols et des matériaux du sol*

ISO 23611-1:2006, *Qualité du sol — Prélèvement des invertébrés du sol — Partie 1: Tri manuel et extraction au formol des vers de terre*

ISO 23611-2, *Qualité du sol — Prélèvement des invertébrés du sol — Partie 2: Prélèvement et extraction des microarthropodes (Collembola et Acarina)*

ISO 23611-3, *Qualité du sol — Prélèvement des invertébrés du sol — Partie 3: Prélèvement et extraction des enchytréides*

ISO 23611-4, *Qualité du sol — Prélèvement des invertébrés du sol — Partie 4: Prélèvement, extraction et identification des nématodes du sol*

ISO 23611-5, *Qualité du sol — Prélèvement des invertébrés du sol — Partie 5: Prélèvement et extraction des macro-invertébrés du sol*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11074 ainsi que les suivants s'appliquent

3.1 Biologie du sol

3.1.1

biodiversité

variabilité parmi les organismes vivants sur la terre, y compris la variabilité au sein des, et entre les espèces, et au sein des, et entre les écosystèmes

NOTE Aussi souvent utilisée comme la quantité et la variété des organismes rencontrés au sein d'une zone géographique précise.

3.1.2

communauté

association d'organismes, appartenant à des espèces, familles, etc. différentes vivant au même moment au même endroit, c'est-à-dire la portion vivante d'un écosystème

Voir Référence [42].

3.1.3

invertébré

terme englobant tous les organismes sauf les cordés et la microflore

NOTE Il ne s'agit pas d'un terme taxonomique.

3.1.4

microfaune, mésofaune et macrofaune

façon de classer la faune du sol selon la taille (longueur, diamètre) des animaux individuels

Voir Référence [66].

EXEMPLE Des exemples importants de la microfaune sont les protozoaires et les nématodes, pour la mésofaune les collemboles, les acariens et les enchytrés et pour la macrofaune, les vers de terre et les escargots.

[ISO 23611-6:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b87a0e75-536d-4cea-bae6-4a8b317f8459/iso-23611-6-2012)

3.1.5

taxocénose

nombre total d'espèces appartenant à la même unité taxonomique supérieure (par exemple famille, ordre) au sein d'une communauté

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b87a0e75-536d-4cea-bae6-4a8b317f8459/iso-23611-6-2012>

3.2 Protection des sols

3.2.1

qualité du sol

capacité d'un type spécifique de sol à fonctionner, dans les limites d'un écosystème naturel ou aménagé, pour soutenir la productivité végétale et animale, préserver ou améliorer la qualité de l'eau et de l'air, et contribuer à la santé et l'habitat de l'homme

Voir Références [16], [30].

NOTE Dans des définitions plus récentes, les fonctions naturelles du sol sont nommément énumérées: le sol comme habitat pour des organismes, contribuant aux systèmes naturels (en particulier aux cycles nutritifs) et comme lieu de décomposition, rétention et filtration (Référence [6]).

3.2.2

habitat

somme de l'environnement d'une espèce ou communauté particulière (par exemple en termes de propriétés du sol, d'utilisation du sol, du climat)

3.2.3

fonction d'habitat

capacité des sols/matériaux du sol à servir d'habitat pour les microorganismes, plantes, animaux vivants dans le sol et soutenir leurs interactions (communauté ou biocénose)

3.2.4

contamination

substance(s) ou agent(s) présent(s) dans le sol par suite de l'activité humaine

NOTE Il n'y a aucune hypothèse dans cette définition qu'un effet résulte de la présence du contaminant.

3.2.5

polluant

substances, qui du fait de leurs propriétés, quantité ou concentration, produisent des effets sur les fonctions et l'utilisation des sols

3.2.6

sol de référence

sol non contaminé ayant des propriétés pédologiques comparables au sol de l'étude sauf qu'il est exempt de contamination

3.3 Méthodes

3.3.1

systèmes d'information géographique

SIG

au sens le plus strict, système informatique capable de compiler, d'enregistrer, de manipuler et d'afficher des informations référencées géographiquement, c'est-à-dire des données identifiées selon leurs emplacements

NOTE Les spécialistes considèrent également que la définition du SIG au sens large intègre le personnel opérationnel et les données qui entrent dans le système (U.S. Geological Survey, 2006).

3.3.2

évaluation spécifique d'un site

évaluation de la qualité d'un site donné par l'utilisation de méthodes chimiques, biologiques ou autres

[ISO 23611-6:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b87a0e75-536d-4cca-bae6-17f8459/iso-23611-6-2012)

3.3.3

évaluation des risques liés à l'environnement

processus d'identification et de quantification des risques (probabilité qu'un effet se produise) pour les organismes non-humains et de détermination de l'acceptabilité de ces risques

3.3.4

fonction du sol

propriété (spécifique) de sols, souvent utilisée dans les documents juridiques

NOTE On distingue en général les fonctions naturelles du sol (par exemple le sol comme habitat pour les organismes) des fonctions anthropogéniques du sol (par exemple le sol comme substrat pour la production vivrière).

3.3.5

fonction des organismes du sol

activités réalisées par des espèces individuelles ou, le plus souvent, par l'interaction de plusieurs espèces ou par la communauté du sol dans son ensemble, par exemple la fixation de l'azote ou la dégradation des matières organiques

4 Principe

4.1 Généralités

La méthodologie des études sur le terrain pour la caractérisation des invertébrés du sol diffère significativement en fonction de l'objectif poursuivi. Cependant, dans tous les cas, il est nécessaire de prélever des échantillons puisque le site et les populations biologiques à étudier sont généralement trop grands pour être examinés dans leur totalité. De plus, la plupart des invertébrés du sol vivent cachés dans le sol et/ou sont trop petits pour être étudiés directement. Il convient que les échantillons prélevés soient aussi représentatifs que possible du site à caractériser mais il convient de limiter les modifications à un minimum. Par ailleurs, la présence de matériaux ne faisant pas naturellement partie du site d'étude (par exemple les déchets ou produits chimiques) peut poser

des problèmes lors des prélèvements dans des systèmes polyphasiques, comme les sols contenant de l'eau, des gaz, des solides minéraux et des matériels biologiques.

La méthodologie de l'étude (par exemple la position et la densité des points d'échantillonnage, le temps d'échantillonnage et la méthode d'échantillonnage) dépend principalement des objectifs de l'étude et de la quantité et qualité des informations déjà disponibles sur le site (par exemple données historiques, expériences personnelles). La méthodologie varie également selon que les informations requises correspondent à une valeur moyenne (échantillonnage pour la moyenne spatiale, par exemple le nombre moyen de nématodes) ou à une distribution spatiale (par exemple l'échantillonnage pour une carte indiquant des abondances de nématodes en relation avec les propriétés du sol). De plus, la taille absolue et l'hétérogénéité des propriétés du sol ainsi que de celles des organismes à échantillonner doivent être prises en compte. Dans tous les cas, il convient de compiler une liste des paramètres de mesure pour le ou les groupes correspondants et les limites principales de la (des) méthode(s) d'échantillonnage doivent également être connues. Ce dernier point fait principalement référence à la variabilité naturelle élevée des données sur les invertébrés. Les tests statistiques normaux utilisés par ceux qui prélèvent des échantillons composites (microflore, propriétés du sol) ou un grand nombre d'échantillons (propriétés du sol) qui peuvent être traités plus ou moins automatiquement, ne peuvent pas être utilisés dans le cas présent.

Il convient également de prendre en compte le niveau de détail et de précision requis, ainsi que la manière dont doivent être exprimés et présentés les résultats (par exemple valeurs minimales et maximales dans un tableau, représentations graphiques ou cartes). En outre, des méthodes statistiques appropriées pour l'évaluation des données liées aux zones (y compris pour l'utilisation des méthodes SIG) doivent être identifiées. Il peut souvent être nécessaire d'exécuter un programme d'échantillonnage exploratoire avant de pouvoir définir en détail la méthodologie définitive de l'étude. Les principaux points sur lesquels les décisions doivent être prises sont énumérés en 4.2, reflétant l'ordre logique dans la conduite d'une étude.

NOTE Le présent article a été rédigé en prenant en considération l'ISO 10381-1.

4.2 Questionnaire pour la planification d'une étude sur le terrain

L'objectif d'une étude peut être établi en s'aidant des questions ci-après:

- Pourquoi une telle étude va-t-elle être réalisée?
- Quelles sont les informations requises pour répondre aux questions posées et comment peut-on les présenter clairement?
- Quelle est l'approche utilisée pour l'interprétation des résultats?
- Comment les résultats de l'étude peuvent-ils correspondre aux besoins du commanditaire (ou partie prenante) de l'étude?

Les informations préliminaires peuvent être définies par les questions suivantes:

- Quels sont les éléments déjà connus sur les caractéristiques présentes et historiques (en particulier l'utilisation du sol, aménagement) du site et du sol?
- Quelles sont les informations qui manquent? Peuvent-elles être obtenues?
- Qui contacter à propos de certaines sources (par exemple sources historiques)?
- Existe-t-il des problèmes juridiques, par exemple en ce qui concerne l'accès au site?
- Les paramètres autres que biologiques doivent-ils être mesurés sur le même site et au même moment, par exemple des interactions (négatives) sont-elles prévisibles entre les différents programmes d'échantillonnage?
- Le site a-t-il déjà fait l'objet d'une visite?

La stratégie d'une étude peut être élaborée à partir des questions suivantes:

- Comment les délimitations dans le temps et dans l'espace de la (des) zone(s) à étudier sont-elles déterminées?

- Quels groupes d'organismes et paramètres à mesurer sont appropriés pour atteindre l'objectif de l'étude?
- Quels modèles d'échantillonnage, points d'échantillonnage, temps d'échantillonnage, profondeurs d'échantillonnage convient-il d'utiliser?
- Des méthodes spécifiées dans les Normes internationales peuvent-elles être utilisées pour toutes les activités?

La décision sur l'échantillonnage et l'analyse peut être prise à partir des réponses aux questions suivantes:

- L'échantillonnage peut-il être réalisé suivant la Norme internationale correspondante ou existe-t-il quelque écart?
- Comment est coordonnée la communication avec le personnel responsable de la présentation et de l'analyse des échantillons?
- Quelles sont les méthodes d'évaluations statistiques effectivement employées?
- L'échantillonnage permet-il des analyses ultérieures de données?
- Est-il possible de traiter du niveau taxonomique adéquat lorsqu'on étudie le matériel biologique?
- Comment la documentation est-elle organisée?

Il convient de répondre aux questions suivantes sur la sécurité:

- Toutes les mesures nécessaires de sécurité sont-elles prises en compte sur le site?
- Les informations relatives aux propriétaires de terrain, autorités locales, etc. sont-elles sécurisées?
- Les exigences de l'ISO 10381-3, couvrant les lignes directrices de sécurité pour les programmes d'échantillonnage, ainsi que les questions de sécurité énumérées dans d'autres parties de la présente Norme internationale (ISO 23611-1 à ISO 23611-5) sont-elles satisfaites?

Il convient de répondre aux questions suivantes sur le rapport d'échantillonnage.

- Existe-t-il quelque écart par rapport au contenu de base d'un rapport d'étude tel que spécifié dans la présente partie de l'ISO 23611?
- Des informations complémentaires sont-elles requises?
- Comment s'assurer que toute déviation ultérieure par rapport à la présente partie de l'ISO 23611 ou au plan d'étude est documentée et diffusée?

Les réponses à ces questions sont données dans les Articles 5 à 8.

5 Objectifs de l'échantillonnage

5.1 Généralités

Les études biologiques du sol abordent un certain nombre de questions diverses relatives au statut des invertébrés vivant dans ou sur le sol (y compris plusieurs espèces différentes appartenant aux différents groupes trophiques, taxonomiques, physiologiques ou fonctionnels et différentes classes de taille), souvent après ou au cours d'un impact anthropogénique donné. Dans le cas des problèmes d'ordre éco-toxicologique, habituellement des essais en laboratoire sont utilisés pour étudier les effets de l'impact (par exemple les produits chimiques ajoutés au sol) sur les invertébrés et donc sur la qualité du sol en général. De telles méthodes sont présentées dans l'ISO 15799, et l'évaluation des résultats de l'essai est présentée dans l'ISO ISO 17616. D'autres lignes directrices pour l'échantillonnage, la collecte, la manipulation et la préparation des sols contaminés pour les essais biologiques (c'est-à-dire éco-toxicologiques) sont actuellement en cours d'élaboration (Référence [21]). Cela est particulièrement important pour l'identification et la caractérisation des sols de référence sur le terrain qui sont nécessaires pour la détermination des valeurs de référence biologiques. Des exemples sont fournis dans l'Annexe A (études de cas).

5.2 Remarques générales

Tel qu'il est indiqué dans l'Introduction, les principaux objectifs de l'échantillonnage des invertébrés du sol peuvent être présentés comme suit:

- la caractérisation et l'évaluation spécifiques à un site contaminé;
- l'étude des effets secondaires potentiels des impacts anthropogéniques (par exemple l'épandage des produits chimiques ou la construction de routes);
- la classification et l'évaluation biologiques des sols en vue de déterminer leur qualité biologique;
- la surveillance biogéographique à long terme dans le cadre de la protection ou restauration de la nature, y compris le changement climatique à l'échelle mondiale [par exemple comme dans les projets de recherche écologique à long terme (LTER)].

Les quatre objectifs intègrent à différent degré la détermination des valeurs de référence biologiques (ligne de base) ce qui conduit à déterminer l'abondance de la communauté des organismes du sol pour un type de sol donné en l'absence d'impact anthropogénique. Dans la mesure où cette condition préalable n'est plus remplie pour beaucoup si ce n'est pour tous les sols, un tel état «normal» doit être défini, par exemple par l'échantillonnage des sols de référence. Ces sols ont été sélectionnés sur la base de critères tels que la représentativité pour certaines régions ou les formes d'usage des terres ou l'absence de contamination (Référence [14]).

L'usage du sol et du site est pris en compte de manière plus ou moins importante en fonction de l'objectif principal de l'étude. Les résultats obtenus de l'échantillonnage peuvent révéler le besoin d'une étude supplémentaire, par exemple la détection d'une contamination peut révéler le besoin d'identifier et d'évaluer les dangers et risques potentiels. Cependant, l'évaluation de tels dangers ou risques n'est pas couverte par la présente partie de l'ISO 23611. De plus, les méthodes de capture-recapture, alors qu'elles sont souvent utilisées en écologie pour les invertébrés qui affluent à la surface de la terre (par exemple les araignées, voir Référence [26]) sont rarement utilisées dans les systèmes de surveillance globale et ne sont donc pas traitées dans la présente partie de l'ISO 23611.

Souvent les invertébrés du sol font partie d'un effort de surveillance globale qui comporte d'autres paramètres biologiques (principalement microbiens) ainsi que pédologiques, climatiques et éventuellement agricoles. Lorsque ces programmes de surveillance sont réalisés à intervalles réguliers, des sites d'échantillonnage permanents doivent être mis en place. Dans ce cas, des efforts supplémentaires sont obligatoires pour permettre un échange effectif d'informations. L'échantillonnage est généralement effectué dans la zone principale d'enracinement (rarement à des profondeurs plus élevées puisque la plupart des invertébrés du sol vivent dans les 30 cm supérieurs du sol). Les horizons pédologiques ou couches du sol peuvent ou non être échantillonnés séparément (les échantillons doivent être étiquetés en conséquence).

Pour appuyer de façon adéquate une action en justice ou une mesure réglementaire, il convient de veiller particulièrement à tous les aspects d'assurance de la qualité. Les lignes directrices données dans l'ISO 10381-5 sont particulièrement pertinentes. Après avoir clarifié les conditions préalables les plus importantes, les quatre groupes d'objectifs principaux tels que fournis ci-dessus sont sommairement présentés dans les paragraphes suivants. Cependant, il convient de noter que dans la réalité une seule étude spécifique peut convenir à plus d'un de ces groupes.

5.3 Conditions préalables

Avant de concevoir une étude sur le terrain concernant les invertébrés du sol, il est fortement recommandé de caractériser de façon pédologique la zone en question (Référence [43]). En fonction des principaux objectifs, il est généralement nécessaire de déterminer les éléments suivants pour tout ou partie de la quantité de sol

- la nature, les concentrations et la distribution des substances naturelles,
- la nature, les concentrations et la distribution des contaminants,
- les propriétés et variations physiques et chimiques,

— l'impact anthropogénique sur le site considéré, notamment l'usage du sol (y compris la couverture végétale).

Il est souvent nécessaire de prendre en compte les changements dans le temps et dans l'espace des variables mentionnées ci-dessus (verticalement, horizontalement), occasionnés par les activités naturelles (par exemple climatiques) ou anthropogéniques.

De plus, il convient de mesurer le pH, la granulométrie, le rapport carbone-azote, les matières organiques et la teneur en carbone organique, l'azote total, la capacité d'échange cationique et la capacité de rétention en eau du sol conformément à l'ISO 10390, l'ISO 10694, l'ISO 11260, l'ISO 11272, l'ISO 11274, l'ISO 11277, l'ISO 13878, l'ISO 11461, l'ISO 11465, l'ISO 15709 et l'ISO 17616.

5.4 Conduite de l'évaluation spécifique à un site de terrain contaminé

Lorsque le sol est contaminé par des produits chimiques et autres substances potentiellement nocives pour l'environnement, il peut être nécessaire d'effectuer une étude dans le cadre d'une évaluation des dangers et/ou des risques afin de déterminer la nature et l'étendue de la contamination, d'identifier les dangers associés à la contamination, les cibles potentielles et les voies d'exposition, et d'évaluer les risques environnementaux liés à l'utilisation présente et future du site et des terrains environnants. Un programme d'échantillonnage destiné à évaluer le risque peut également se conformer à des exigences légales ou réglementaires. Il est recommandé de veiller à l'intégrité de l'échantillon. Un aperçu étendu des avantages et des limites des paramètres biologiques comme un composant de l'évaluation des terres contaminées est donné dans la Référence [21].

5.5 Étude des effets secondaires potentiels des impacts anthropogéniques

Un échantillonnage peut être requis suite à une action d'origine anthropique telle que l'apport d'un matériau indésirable (en particulier les produits chimiques) que ce soit à partir d'une source ponctuelle ou d'une source diffuse. Un autre exemple peut être la construction des routes. La méthodologie de l'étude a de nouveau besoin d'être élaborée sur une base propre au site. L'échantillonnage peut être également requis afin d'établir les conditions de base avant d'entreprendre une activité susceptible d'affecter la composition ou la qualité du sol.

NOTE Cet échantillonnage de référence peut également être effectué dans le cadre d'une classification et évaluation biologiques des sols (voir 5.4).

5.6 Classification et évaluation biologiques des sols afin de déterminer la qualité biologique des sols

Elle est spécifiquement effectuée à intervalles de temps (irréguliers) en vue de déterminer la qualité biologique d'un sol pour un objectif particulier (par exemple dans le cadre d'un programme d'évaluation à grande échelle ou dans le cadre d'une activité de planification locale). Alors qu'elle a été rarement effectuée jusqu'à présent dans les habitats terrestres (sauf avec les plantes), l'information recueillie à ce niveau peut être utilisée pour l'élaboration des cartes biologiques du sol (Référence [8]).

NOTE L'étude de la qualité biologique du sol peut être également utilisée pour la détermination des «conditions de base» dans le cadre de l'évaluation des impacts anthropogéniques (voir 5.3) ou des changements à long terme comme le réchauffement de la planète (5.7).

5.7 Surveillance biogéographique dans le cadre de la protection ou restauration de la nature

En dernier lieu, les informations obtenues par les programmes d'échantillonnage élargissent la connaissance sur la biogéographie des organismes du sol, laquelle connaissance est nécessaire dans le cadre de la protection et de la préservation de la nature, notamment pour ce qui concerne les changements à long terme comme le réchauffement général de la planète. Jusqu'à présent, seulement quelques invertébrés du sol (en particulier les coléoptères et autres insectes qui au stade larvaire vivent dans le sol) ont été inscrits sur la Liste rouge des espèces en danger de disparition. Il existe également peu de preuves que de telles espèces ont été éradiquées à cette époque contemporaine. Cependant, dans les deux cas, ce fait est principalement causé par le faible niveau de connaissances sur ces espèces; plusieurs espèces ont pu s'éteindre à l'insu de l'homme. Les programmes d'échantillonnage peuvent également déterminer si les assemblages biologiques du sol (spécifique à un site) prévus dans une région deviennent effectifs pendant la restauration du milieu ou après les mesures de remédiation (contrôle de succès).

6 Échantillons et points d'échantillonnage

6.1 Généralités

La sélection, l'emplacement et la préparation des points d'échantillonnage dépendent des objectifs de l'étude, des informations préliminaires disponibles et des conditions présentes sur le site. Les propriétés du sol; l'occurrence d'organismes et la contamination varient continuellement dans l'espace; les valeurs aux emplacements proches les uns des autres sont plus similaires que les valeurs de ceux très distants et cette dépendance spatiale peut être décrite à l'aide de la géostatistique (Référence [43]). La géostatistique est utilisée pour la conception des stratégies d'échantillonnage ainsi que pour l'analyse des données générées à partir du sol échantillonné (Référence [41]). Dans le présent article qui fait bon usage de la terminologie utilisée dans l'ISO 10381-1:2002, Annexe C, plusieurs options et questions (standards) à examiner sont fournies.

6.2 Modèles d'échantillonnage

Les modèles d'échantillonnage reposent sur l'estimation de la distribution des invertébrés du sol dans la zone à échantillonner. On distingue plusieurs modèles de distribution (avec des types intermédiaires, bien évidemment):

- aucune distribution spécifique (c'est-à-dire aléatoire),
- distribution homogène (probablement très rare),
- distribution en patches,
- distribution variant selon un gradient de référence (linéaire ou concentrique).

Il convient d'adapter le plan d'échantillonnage au modèle de distribution (théoriquement attendu) ou aux conditions locales observables qui rendent certains modèles plus probables. Si la zone à échantillonner présente des différences au niveau des propriétés importantes telles que l'usage du sol, les conditions du sol, la géomorphologie, les formes de végétation, il convient de subdiviser le site suivant ces différences et de prélever des échantillons séparés dans des sous-régions «homogènes» (échantillonnage stratifié).

Pour ce qui concerne l'échantillonnage agricole ou forestier, il existe quelques modèles d'échantillonnage très pratiques qui ont été mis au point afin d'obtenir des informations sur des zones plus étendues. Des modèles possibles sont sommairement présentés dans la suite (pour de plus amples informations, voir l'ISO 10381-4).

- Modèles systématiques (échantillonnage irrégulier):
 - En supposant une distribution relativement homogène, un tel échantillonnage peut être réalisé en utilisant des modèles apparentés à un «N», «S», «W» ou «X». L'échantillonnage diagonal en particulier, sous forme d'un «X», est réputé, mais l'on doit savoir qu'un sérieux biais vers la zone centrale est évident dans ce cas. Parcourir la zone en «modèle zig-zag» constitue une autre manière d'appliquer un modèle non systématique.
 - Pour les besoins des zones sous surveillance permanente, le modèle de la diagonale X a été modifié de manière à pouvoir subdiviser une zone d'environ 1 000 m² en quatre carrés de 250 m² chacun. Dans chacun de ces quatre carrés, 18 échantillons sont prélevés suivant un modèle X. En faisant tourner le X, la zone peut être échantillonnée huit fois.
- Grilles circulaires:
 - Ce modèle rarement utilisé est appliqué lorsqu'on étudie les influences d'une source régionale d'émission (par exemple les retombées provenant d'installations industrielles). L'échantillonnage est effectué à l'intersection des cercles concentriques et des lignes des huit points cardinaux principaux.