

NORME  
INTERNATIONALE

ISO  
23400

Première édition  
2021-10

---

---

---

**Lignes directrices pour la  
détermination des stocks de carbone  
organique et d'azote et de leurs  
variations dans les sols minéraux à  
l'échelle d'une parcelle**

iT *Guidelines for the determination of organic carbon and nitrogen  
stocks and their variations in mineral soils at field scale*

(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

ISO 23400:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/924e0b90-35ab-4f5b-809c-5529332b293e/iso-23400-2021>



Numéro de référence  
ISO 23400:2021(F)

© ISO 2021

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 23400:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/924e0b90-35ab-4f5b-809c-5529332b293e/iso-23400-2021>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2021

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos .....</b>	<b>iv</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>v</b>
<b>1      Domaine d'application .....</b>	<b>1</b>
<b>2      Références normatives .....</b>	<b>1</b>
<b>3      Termes et définitions .....</b>	<b>1</b>
<b>4      Principe .....</b>	<b>3</b>
<b>5      Mode opératoire .....</b>	<b>3</b>
5.1    Stratégie d'étude du site .....	3
5.2    Échantillonnage .....	4
5.2.1    Objectifs de l'échantillonnage .....	4
5.2.2    Plan d'échantillonnage .....	5
5.2.3    Stratégie d'échantillonnage .....	5
5.2.4    Manipulation, stockage et transport des échantillons sur le terrain .....	12
5.2.5    Manipulation et stockage des échantillons en laboratoire .....	12
5.2.6    Sécurité .....	13
5.2.7    Protection de l'environnement .....	13
5.2.8    Assurance de la qualité au cours de l'échantillonnage .....	13
5.2.9    Rapport d'échantillonnage .....	13
5.3    Détermination de la masse sèche et du volume du sol échantillonné .....	13
5.4    Analyse chimique .....	14
5.4.1    Traitement des échantillons pour leur analyse chimique .....	14
5.4.2    Analyse chimique .....	14
<b>6      Calculs des stocks de carbone organique et d'azote .....</b>	<b>15</b>
<b>7      Mesurage des variations du carbone organique et de l'azote du sol dans le temps .....</b>	<b>16</b>
7.1    Généralités .....	16
7.2    Calcul des variations des stocks de COS et incertitudes .....	17
7.3    Sources d'erreur possibles .....	17
7.4    Informations requises .....	18
<b>8      Rapport .....</b>	<b>18</b>
8.1    Rapport concernant les stocks de carbone organique et d'azote du sol .....	18
8.2    Rapport supplémentaire concernant la variation des stocks de carbone organique et d'azote du sol .....	18
<b>Annexe A (informative) Utilisation de la différence minimale détectable pour déterminer la taille des échantillons .....</b>	<b>19</b>
<b>Annexe B (informative) Mode opératoire relatif à la masse de sol équivalente .....</b>	<b>20</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>21</b>

## **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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 190, *Qualité du sol*.

<https://standards.itoh.ai/catalog/standards/iso/924e0b90-35ab-4f5b-809c-5529332b293e/iso-23400-2021>  
Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

**Les sols comprennent un important réservoir** participant aux cycles biogéochimiques du carbone (C) et de l'azote (N) et sont donc essentiels pour la régulation du climat, soit par l'émission de gaz à effet de serre (GES), soit par la séquestration du carbone.<sup>[1]</sup> Les sols sont le plus grand réservoir terrestre de carbone organique et contiennent plus de carbone que l'atmosphère ou le biote. Par conséquent, des variations relativement mineures des stocks de carbone du sol peuvent entraîner des échanges considérables avec d'autres réservoirs de carbone à cycle actif, notamment l'atmosphère. L'estimation des variations du stock de carbone organique du sol constitue l'une des principales méthodes appliquées pour déterminer les flux de carbone à long terme et pour concevoir des stratégies de séquestration du carbone. Le carbone organique du sol (COS) correspond à l'équilibre entre les apports (par exemple, résidus végétaux, fumier, etc.) et les pertes dues à des processus biologiques. Les informations sur les stocks d'azote total du sol sont précieuses car une quantité d'azote adéquate est essentielle à la production végétale, tandis qu'une présence excessive d'azote peut présenter un risque pour l'environnement. Une fuite de protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) de systèmes terrestres dans l'atmosphère (où celui-ci augmente le forçage radiatif et peut catalyser la destruction de l'ozone ( $O_3$ ) stratosphérique) est un risque associé à des apports excessifs d'azote du sol. Le rapport du stock de carbone organique sur le stock d'azote total peut également donner un aperçu de la stabilité du COS et de la possibilité de rétention d'éléments dans le sol. Les politiques climatiques favorisent les mesures de protection et d'augmentation des stocks de COS. Elles nécessitent des méthodes normalisées pour évaluer les stocks actuels de COS à l'échelle concernée (par exemple, parcelle, ferme, région) et pour vérifier l'efficacité des mesures de séquestration du carbone du sol. Le présent document fournit des recommandations pour le mesurage des stocks de carbone et d'azote dans les sols et pour la détection de leurs variations dans le temps.

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 23400:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/924e0b90-35ab-4f5b-809c-5529332b293e/iso-23400-2021>



# Lignes directrices pour la détermination des stocks de carbone organique et d'azote et de leurs variations dans les sols minéraux à l'échelle d'une parcelle

## 1 Domaine d'application

Le présent document décrit une méthode visant à quantifier les stocks de carbone organique et d'azote présents dans les sols minéraux à l'échelle d'une parcelle. Il fournit également des recommandations relatives à la manière de détecter et de quantifier simultanément les variations des stocks de carbone et d'azote dans le temps dans les sols minéraux à l'échelle d'un champ. Il s'appuie sur plusieurs documents déjà publiés<sup>[2],[3],[4],[5],[6],[7],[8]</sup>.

Le présent document ne s'applique pas aux sols organiques, aux sols du pergélisol, aux sols des zones humides ou aux couches de sol susceptibles d'être submergées au-dessous du niveau de la nappe phréatique.

**NOTE 1** La possibilité d'augmenter le stockage du carbone par le sol est considérée comme un moyen de séquestrer le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) atmosphérique et d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre (GES). Les informations sur les stocks d'azote (N) du sol sont capitales car l'azote interagit avec le cycle du carbone par le biais de la nutrition des plantes et de la décomposition de la matière organique, et une fuite d'azote est préoccupante pour l'environnement (par exemple, émissions de  $\text{N}_2\text{O}$ , lessivage de  $\text{NO}_3$ ). C'est pourquoi il devient de plus en plus important de mesurer avec exactitude l'impact des modifications apportées à l'utilisation et aux pratiques de gestion du sol sur les stocks de carbone organique et d'azote.

**NOTE 2** Bien qu'il soit nécessaire de comprendre les variations des stocks de carbone inorganique du sol pour appréhender les échanges terre-atmosphère de  $\text{CO}_2$ , le mesurage des stocks de carbone inorganique du sol ne relève pas du domaine d'application du présent document.

[ISO 23400:2021](#)

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 16133, *Qualité du sol — Lignes directrices pour l'établissement et l'entretien de programmes de surveillance*

ISO 18400-101, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 101: Cadre pour la préparation et l'application d'un plan d'échantillonnage*

ISO 18400-105, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 105: Emballage, transport, stockage et conservation des échantillons*

ISO 18400-206, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 206: Collecte, manipulation et conservation de sols destinés à l'évaluation de paramètres biologiques fonctionnels et structurels en laboratoire*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

### 3.1

#### **échantillon composite spatial**

au moins deux échantillons de sol individuels (par exemple, carottes de sol) séparés latéralement dans l'espace, possédant le même volume et provenant de la même couche de sol ou du même incrément de profondeur

Note 1 à l'article: Également appelé «échantillon moyen» ou «échantillon d'ensemble».

Note 2 à l'article: Les échantillons composites sont parfois prélevés de façon à inclure plus de variabilité latérale et à mieux représenter la moyenne du mesurage (par exemple, teneur en eau ou concentration en carbone) qu'une seule carotte de sol.

### 3.2

#### **couverture du sol**

couverture (bio)physique observée à la surface de la Terre

### 3.3

#### **utilisation du sol**

finalité socio-économique de l'occupation du sol

### 3.4

#### **pratiques de gestion des sols**

approche adoptée pour obtenir un résultat de l'utilisation du sol – le «comment» de l'utilisation du sol (par exemple, pratiques de culture, telles que labour minimum et forage direct)

### 3.5

#### **sol minéral**

sol largement ou entièrement composé de constituants minéraux (inorganiques)

[SOURCE: ISO 14688-1:2017]

<https://standards.iteh.ai>

Document Preview

### 3.6

#### **sol organique**

sol contenant une proportion majoritaire de constituants organiques par rapport aux constituants minéraux

Note 1 à l'article: Pour les besoins de la présente norme, les sols organiques prélevés contiennent plus de 50 % de matière organique en volume ou plus de 30 % de matière organique en masse, soit 17 % de carbone organique. La définition de «sol organique» varie entre les différents systèmes de classification des sols.

### 3.7

#### **couche de sol organique**

horizon constitué principalement de matériaux organiques, composés de litière non décomposée ou partiellement décomposée, notamment de feuilles, d'aiguilles, de brindilles, de mousse et de lichens, qui se sont accumulés en surface; il peut se situer au sommet de sols minéraux ou organiques

### 3.8

#### **pergélisol**

sol constitué de sol minéral et de sédiments, de roche, de glace, de tourbe et d'autres matériaux organiques qui restent à une température inférieure à 0 °C pendant au moins deux années consécutives

### 3.9

#### **point d'échantillonnage**

endroit précis d'un site d'échantillonnage ou de chacun des horizons constituant un sol où sont prélevés des échantillons

Note 1 à l'article: Les coordonnées doivent inclure les dimensions x et y pour indiquer les emplacements latéraux et peuvent également comprendre l'altitude de la surface du sol en mètres par rapport au niveau de la mer.

**3.10****échantillon non remanié**

échantillon de sol obtenu à l'aide d'une méthode conçue pour préserver la structure du sol

**3.11****couche de sol**

épaisseur de sol définie par sa profondeur la plus proche et sa profondeur la plus éloignée de la surface (par exemple, 0-30; 30-50 cm, etc.) et/ou par le mode opératoire d'échantillonnage. La couche de sol peut comprendre ou couper un ou plusieurs horizons de sol

Note 1 à l'article: Un horizon est une couche de sol approximativement parallèle à la surface du sol et qui se distingue des couches situées au-dessus ou au-dessous par des différences physiques, chimiques ou biologiques [9],[10].

Note 2 à l'article: Échantillon lié à l'horizon: échantillon prélevé dans un horizon défini du sol et le représentant.

## 4 Principe

Les stocks de carbone organique et d'azote dans les sols minéraux reflètent l'équilibre entre les apports de C et de N au sol et les exportations de C et de N en provenance du sol sur des décennies. Le sol est hétérogène en raison des variations du climat, de la roche mère, de la topographie, des organismes (y compris de l'activité humaine) et du temps. Par conséquent, les stocks de carbone du sol varient en fonction de la profondeur, de la position dans l'espace et du moment du prélèvement. Il convient de mettre en œuvre une stratégie d'échantillonnage appropriée pour prendre en compte cet aspect afin d'obtenir une estimation représentative des stocks de C et de N. En général, elle implique de prélever plusieurs échantillons de sol à différentes profondeurs et en différents emplacements.

Pour estimer les stocks de carbone organique du sol (COS) et d'azote total (TN), des échantillons de volume connu doivent être prélevés et les déterminations suivantes doivent être effectuées:

- masse sèche de l'échantillon complet;
- masse sèche des fragments minéraux grossiers ( $>2$  mm) ou des pierres;
- masse de terre fine ( $\leq 2$  mm) par volume prélevé («masse volumique apparente»);
- concentrations de carbone et d'azote dans la fraction de terre fine.

En général, les variations significatives des stocks de carbone organique et d'azote sur le terrain se produisent très lentement, souvent sur une période de 5 à 10 ans au minimum, en fonction du climat et des pratiques de gestion des sols. Il est important de porter une attention particulière aux facteurs complexes qui déterminent la répartition des stocks de carbone et d'azote lors de la conception de l'échantillonnage dans l'espace et dans le temps, de façon à pouvoir distinguer les variations spatiales et temporelles.

Chaque étape du mode opératoire (par exemple, échantillonnage, analyse) est associée à des incertitudes, qui peuvent être quantifiées afin de calculer les incertitudes globales concernant les stocks et les valeurs de variation des stocks. Toutefois, il peut s'avérer suffisant de répéter les prélèvements, en admettant que ces répétitions permettront de tenir compte de la variabilité dans l'espace et des erreurs liées à toutes les étapes du protocole. La quantification séparée des incertitudes d'analyse peut permettre de vérifier que des méthodes correctement mises en application à l'aide d'analyseurs élémentaires modernes sont associées à de faibles erreurs.

## 5 Mode opératoire

### 5.1 Stratégie d'étude du site

Les descriptions du site et du sol sont nécessaires pour interpréter les mesurages des stocks de carbone du sol et fournir une base pour l'extrapolation.

Une stratégie d'étude du site doit être élaborée pour l'investigation globale. Outre la stratégie d'échantillonnage élaborée conformément au [5.2](#), elle peut inclure:

- une description de la zone étudiée;
- son utilisation actuelle et ses utilisations antérieures (par exemple, cultures, présence de bétail, végétation naturelle, travaux de réhabilitation) ainsi que sa gestion (par exemple, travail du sol, fertilisation organique et amendement, cultures de couverture, rendements des récoltes, élimination des résidus de récolte);
- la caractérisation des sols et des profils selon ce qui est jugé nécessaire, y compris le type de sol, l'épaisseur des couches et les caractéristiques physiques et chimiques fondamentales;
- les méthodes utilisées pour enregistrer les emplacements d'échantillonnage qui permettront un positionnement précis des échantillonnages suivants (dans 5 à 10 ans), y compris les coordonnées GPS avec une résolution submétrique, les distances par rapport à d'autres éléments permanents, la mise en place d'un marqueur électromagnétique, etc.

Une attention particulière doit être portée à l'élaboration de la stratégie globale et de la stratégie d'échantillonnage, afin que les échantillons puissent être prélevés aux mêmes emplacements d'échantillonnage dans les années à venir, et de façon à surveiller les variations du stock de carbone organique (conformément à l'ISO 16133 relative aux sites de surveillance). Il convient de recueillir des informations appropriées et suffisantes concernant le site/la zone et les sols afin de pouvoir établir des comparaisons avec les résultats relatifs à d'autres zones, lorsque cela est nécessaire.

NOTE 1 L'ISO 18400-202 fournit des recommandations détaillées relatives aux études sur document et inspections de site (investigations préliminaires) et l'ISO 18400-205 fournit d'autres recommandations concernant les sites naturels, quasi naturels et cultivés. L'ISO 18400-205 fournit des recommandations spécifiques relatives à l'échantillonnage dans les vergers, etc., et les zones boisées.

NOTE 2 L'ISO 25177 fournit des recommandations sur les descriptions des sites et des sols.

## 5.2 Échantillonnage

[ISO 23400:2021](#)

### 5.2.1ps: Objectifs de l'échantillonnage

L'échantillonnage du sol a pour objectif de prélever des échantillons volumétriques représentatifs de la zone étudiée, afin de pouvoir estimer les stocks moyens de carbone organique et d'azote total du sol (masses d'éléments par unité de surface à une profondeur et pour une masse de sol spécifiées) ainsi que des estimations de la variabilité (c'est-à-dire de la dispersion des données) autour de ces valeurs moyennes.

La détermination des stocks de carbone organique et d'azote total du sol dans une zone donnée (par exemple, parcelle, champ) nécessite donc de définir les limites de la zone étudiée et de décider de la (plage de) profondeur étudiée.

La masse du sol doit également être indiquée. En présumant que les processus géomorphologiques sont négligeables, il convient de comparer les stocks de carbone organique et d'azote total du sol de préférence sur la base d'une masse de sol équivalente, plutôt que sur un volume fixe.

Il est également nécessaire de connaître la teneur en humidité de manière à pouvoir exprimer les résultats sur la base de la masse sèche. Les dosages analytiques du carbone et de l'azote sont effectués sur la fraction mesurant moins de 2 mm. Il est donc nécessaire de connaître la masse de matériaux (par exemple, roches, fragments organiques) du sol mesurant plus de 2 mm.

Toute la matière organique des échantillons de sol représentatifs doit être quantifiée, y compris la fraction organique grossière (>2 mm). Ces matériaux peuvent être broyés ou hachés à des dimensions < 2 mm et être inclus pour analyse dans l'échantillon de sol minéral < 2 mm complet. Ils

peuvent également être isolés (par exemple sous forme de matière organique particulière ou en fraction légère) et analysés indépendamment, mais ils ne doivent pas être écartés.

NOTE 1 L'échelle est traitée dans l'ISO 18400-104, 5.6 et Annexe E.

NOTE 2 Étant donné que le traitement des échantillons et les analyses chimiques représentent un surcoût relativement faible par rapport au prélèvement des échantillons, il est généralement préférable d'effectuer des analyses indépendantes pour des points d'échantillonnage et des couches de sol distincts. Cette séparation fournit des informations importantes sur la variabilité en trois dimensions. En outre, lorsque des échantillons sont prélevés à au moins deux dates de prélèvement différentes, elle permet d'établir et de comparer les variabilités spatiale et temporelle.

NOTE 3 Selon les objectifs particuliers du programme, la fraction organique grossière peut être déterminée (et sa teneur en C-N mesurée) séparément du sol minéral pour évaluer la dynamique dans le temps à des fins spécifiques (variation à court terme des stocks, effet d'une pratique spécifique de gestion de la matière organique, etc.). La matière organique particulière ou en fraction légère est souvent sensible aux modifications de gestion, et un mesurage des fractions > 2 mm peut donner de premières indications utiles sur les variations futures des stocks de COS.

## 5.2.2 Plan d'échantillonnage

Un plan d'échantillonnage doit être préparé conformément à l'ISO 18400-101.

Il convient que celui-ci décrive la marche à suivre pour obtenir les échantillons requis et les exigences pratiques pour mener à bien le travail (c'est-à-dire la manière de mettre en œuvre la stratégie d'échantillonnage, voir [5.2.3](#)).

Quelles que soient les méthodes utilisées pour prélever ou constituer des échantillons, il convient que leur forme et la façon dont ils doivent être prélevés soient prescrites dans le plan d'échantillonnage.

## 5.2.3 Stratégie d'échantillonnage

### 5.2.3.1 Généralités

Il convient d'élaborer une stratégie d'échantillonnage conformément aux recommandations de l'ISO 18400-104, en tenant également compte des recommandations de l'ISO 18400-205. En général, en s'appuyant sur l'étude du site ([5.1](#)), ce dernier peut être segmenté en différentes zones en utilisant au minimum les variables suivantes<sup>[11]</sup>:

- emplacement du terrain (zone d'habitation ou route la plus proche), documentation cadastrale, coordonnées GPS;
- texture type du sol, roche mère, épaisseur du solum, classifications du sol;
- topographie et morphologie du paysage (par exemple, position de la pente, forme de la surface (concave/convexe), formes d'érosion, régimes de drainage et hydrique);
- biome, écodistrict (si connu), images de détection à distance, couverture végétale, utilisation et gestion du sol.

En outre, il convient que la stratégie d'échantillonnage:

- inclut toutes les activités d'échantillonnage qui doivent être entreprises;
- détermine la manière de prélever des échantillons volumétriques représentatifs de la zone étudiée, qui fournissent une estimation des stocks moyens de carbone organique et d'azote total du sol, y compris des estimations de la variabilité autour des valeurs moyennes;
- fournit des informations sur la variation spatiale à l'échelle souhaitée, si exigé.

Les stocks moyens d'éléments de la zone peuvent être déterminés par le biais d'un échantillonnage composite (voir [5.2.3.2 – Figure 1](#)) ou en calculant la moyenne des stocks déterminés sur des points