
**Qualité du sol — Test végétal pour
l'évaluation de la biodisponibilité
environnementale des éléments traces
pour les végétaux**

*Soil quality — Plant-based test to assess the environmental
bioavailability of trace elements to plants*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16198:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f9b462d-bd0f-47cb-9c7a-eddfe3a18822/iso-16198-2015)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f9b462d-bd0f-47cb-9c7a-
eddfe3a18822/iso-16198-2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f9b462d-bd0f-47cb-9c7a-eddfe3a18822/iso-16198-2015)



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 16198:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f9b462d-bd0f-47cb-9c7a-eddfe3a18822/iso-16198-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées 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 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	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Principe	3
5 Appareillage de laboratoire	5
6 Réactifs	5
6.1 Généralités	5
7 Matériel biologique et de croissance	6
7.1 Espèces végétales.....	6
7.2 Matériel pour le biotest.....	7
7.3 Composition des solutions nutritives.....	9
7.4 Conditions climatiques dans la chambre de culture.....	10
8 Prétraitement et analyse de l'échantillon de sol ou de matériau du sol	10
8.1 Taille de l'échantillon et réduction granulométrique.....	10
8.2 Analyses.....	10
9 Mode opératoire expérimental et analytique	11
9.1 Vue d'ensemble du mode opératoire.....	11
9.2 Sélection et préparation des semences.....	11
9.3 Période de préculture: germination et pré-croissance en hydroponie.....	11
9.4 Préparation et incubation du sol ou du matériau du sol.....	12
9.5 Période de culture test: croissance des plantes en contact avec le sol ou le matériau du sol.....	13
9.6 Récoltes des plantes.....	13
9.7 Broyage et minéralisation des parties aériennes et racinaires.....	13
9.8 Dosage analytique.....	14
10 Critères de validité	14
11 Évaluation des résultats	15
11.1 Détermination des concentrations en éléments traces et des flux de prélèvement dans les végétaux.....	15
11.2 Présentation des données.....	16
11.3 Expression des résultats.....	16
12 Analyse statistique	17
12.1 Généralités.....	17
12.2 Biomasses des végétaux.....	17
12.3 Paramètres d'évaluation de la biodisponibilité.....	17
13 Rapport d'essai	17
Annexe A (informative) Espèces végétales adaptées au mode opératoire du biotest	19
Annexe B (informative) Dessins industriels des différentes pièces du biotest	21
Annexe C (informative) Sélection et densité des semences dans les pots pour une gamme d'espèces végétales soumises à essai avec le mode opératoire expérimental normalisé	24
Annexe D (informative) Minéralisation et analyse des échantillons de végétaux	26
Annexe E (informative) Gamme de biomasses et de quantités d'éléments traces dans les pots témoins	28
Annexe F (informative) Essai circulaire	29

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16198:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f9b462d-bd0f-47cb-9c7a-eddfe3a18822/iso-16198-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f9b462d-bd0f-47cb-9c7a-eddfe3a18822/iso-16198-2015>

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).

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. 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).

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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: Avant-propos — Informations supplémentaires. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/59b462d-bd0f-47cb-9c7a-eddf3a18822/iso-16198-2015>

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est ISO/TC 190, *Qualité du sol*, sous-comité SC 7, *Évaluation des sols et des sites*.

Introduction

L'un des principaux objectifs de l'ISO 17402 est de définir un cadre conceptuel de la biodisponibilité des contaminants dans le sol et les matériaux du sol et de fournir une ligne directrice pour la sélection de méthodes pouvant être normalisées pour mesurer la biodisponibilité. La biodisponibilité a donc été définie sous la forme des trois étapes successives suivantes:

- a) la «disponibilité environnementale»;
- b) la «biodisponibilité environnementale»;
- c) la «biodisponibilité toxicologique».

La biodisponibilité environnementale constitue donc une condition préalable à l'évaluation de la biodisponibilité toxicologique et est directement liée à l'impact des polluants sur les fonctions principales du sol dans l'écosystème et plus particulièrement des fonctions d'habitat et de rétention.

La biodisponibilité environnementale peut être estimée à l'aide de méthodes chimiques ou biologiques. Dans le cas des éléments traces, les méthodes chimiques sont généralement les moins onéreuses. Elles sont faciles à réaliser et certaines sont déjà normalisées au niveau national ou international (par exemple l'ISO 19730). Il est néanmoins nécessaire d'établir une corrélation entre les méthodes chimiques qui, à proprement parler, mesurent la disponibilité environnementale dans le sol et les mesures biologiques avant de les utiliser comme indicateurs de la biodisponibilité environnementale. Quelle que soit la méthode chimique employée, aucune n'est intrinsèquement conçue pour tenir compte de la diversité des réponses observées dans diverses espèces végétales ou diverses variétés, ce qui peut être attribué: a) au comportement de prélèvement des végétaux (c'est-à-dire un comportement sensible, tolérant, accumulateur ou hyper-accumulateur d'éléments traces) et/ou b) à la capacité des végétaux à modifier les propriétés biologiques, physiques et physico-chimiques de leur «zone bio-influencée» au niveau de l'interface sol-racine, c'est-à-dire la rhizosphère. Il pourrait également être suggéré d'appliquer les méthodes chimiques directement sur la rhizosphère mais l'échantillonnage de la rhizosphère est incontestablement trop fastidieux pour être réalisé en routine.

Pour les méthodes biologiques, quatre biotests normalisés rendent compte des processus rhizosphériques car ils sont basés sur des végétaux qui poussent dans le sol (ISO 11269-1, ISO 11269-2, ISO 17126, et ISO 22030). Toutefois, ces méthodes ont uniquement été conçues pour prédire la phytotoxicité des éléments traces, c'est-à-dire la biodisponibilité toxicologique. Dans ces biotests, les racines poussent directement dans le sol, ce qui exige donc la mise en place d'un mode opératoire de lavage fastidieux pour obtenir des mesures fiables des éléments traces accumulés dans les racines. En effet, la quantité d'éléments traces accumulés dans les parties aériennes d'espèces végétales non accumulatrices n'est pas suffisamment sensible pour être utilisée dans l'évaluation de la biodisponibilité environnementale des éléments traces par rapport à la quantité accumulée dans la plante entière (racines comprises). En conséquence, il reste nécessaire de développer des méthodes biologiques rendant compte des processus rhizosphériques et permettant d'inclure le compartiment racinaire en vue d'estimer correctement la biodisponibilité environnementale des éléments traces pour les végétaux.

La présente Norme internationale concerne par conséquent un biotest basé sur la croissance des racines au contact du sol mais sans pénétration des racines dans le sol. Bien que ce dispositif expérimental soit en partie artificiel, il permet d'établir une comparaison non biaisée de la biodisponibilité des éléments traces entre les sols soumis à essai. En outre, le paramètre mesuré peut être lié plus directement à la mesure de la disponibilité environnementale que tout autre paramètre fondé sur la mesure de la toxicité.

Qualité du sol — Test végétal pour l'évaluation de la biodisponibilité environnementale des éléments traces pour les végétaux

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie le test végétal, ci-après dénommé «biotest». Il permet d'estimer la biodisponibilité environnementale des éléments traces pour les végétaux, soit simplement sous la forme de concentrations dans les parties aériennes et racinaires, soit de façon plus globale sous forme de flux de prélèvement net dans les végétaux. Le mode opératoire du biotest comprend deux étapes successives: (i) une phase de pré-croissance des végétaux en hydroponie et (ii) une phase de croissance des végétaux en contact avec des échantillons de sol. La concentration dans les parties aériennes et racinaires ainsi que le flux de prélèvement d'éléments traces dans les végétaux sont déterminés à l'issue de la seconde étape du mode opératoire du biotest.

Le présent biotest s'applique à l'évaluation de la biodisponibilité environnementale des éléments traces pour les végétaux, plus particulièrement pour les plantes cultivées, dans les sols ou les matériaux du sol en conditions oxydantes, en considérant que:

- trois espèces végétales (chou, *Brassica oleracea*; fétuque élevée, *Festuca arundinacea*; tomate, *Lycopersicon esculentum*; 7.1) sont conseillées dans le mode opératoire normalisé du biotest, mais il est également possible d'utiliser des espèces végétales cibles supplémentaires (7.1, Annexe A), et
- le mode opératoire normalisé du biotest est validé pour une gamme d'éléments traces incluant l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cobalt (Co), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le plomb (Pb), et le zinc (Zn). Des éléments traces supplémentaires peuvent néanmoins être pris en compte (voir Annexe A).

Le biotest peut être appliqué aux sols et aux matériaux du sol, y compris les sols ayant reçu avant ou après l'échantillonnage sur le terrain des apports de compost, de boues, d'eaux usées et d'autres produits résiduaux organiques ou inorganiques.

NOTE 1 Le présent biotest n'est pas conçu pour évaluer la biodisponibilité environnementale des éléments traces fortement volatils ou résultant d'un processus de prélèvement qui se produit au niveau des parties aériennes des végétaux suite, par exemple, à des retombées atmosphériques.

NOTE 2 Le présent biotest n'est pas conçu pour évaluer la biodisponibilité environnementale des contaminants organiques pour les végétaux. Un mode opératoire similaire pourrait être utilisé, mais il est nécessaire d'adapter la séparation physique entre les racines des végétaux et le sol réalisée au moyen d'une toile en polyamide pour éviter la sorption des contaminants organiques sur la toile.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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 3696, *Eau pour laboratoire à usage analytique — Spécification et méthodes d'essai*

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 11269-2, *Qualité du sol — Détermination des effets des polluants sur la flore du sol — Partie 2: Effets des sols contaminés sur l'émergence et la croissance des végétaux supérieurs*

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

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

3 Termes et définitions

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

3.1 contaminant

substance ou agent présent(e) dans le sol du fait de l'activité humaine

[SOURCE: ISO 11074:2005, 3.5.1]

Note 1 à l'article: La présente définition ne présuppose pas l'existence d'un danger dû à la présence du contaminant

3.2 disponibilité environnementale

fraction du contaminant potentiellement disponible pour des organismes et qui résulte de processus physico-chimiques de désorption

[SOURCE: ISO 17402:2008, 3.4]

3.3 biodisponibilité environnementale

fraction du composé disponible dans le sol qu'un organisme absorbe par des processus physiologiques

[SOURCE: ISO 17402:2008, 3.5]

3.4 fonction d'habitat

capacité des sols/matériaux du sol à servir d'habitat aux micro-organismes, aux végétaux et aux animaux vivant dans le sol et à leurs interactions (biocénose)

[SOURCE: ISO 11074:2005, 3.4.3]

3.5 élément trace

élément chimique présent dans le sol à une concentration généralement inférieure à 100 mg kg⁻¹

Note 1 à l'article: Définition donnée conformément à la Référence [16].

3.6 fonction de rétention

capacité des sols/matériaux du sol à adsorber les contaminants de sorte qu'ils ne puissent pas être entraînés par lixiviation ni transférés à la chaîne alimentaire terrestre

[SOURCE: ISO 11074:2005, 3.4.13]

3.7 rhizosphère

volume de sol autour des racines vivantes influencé par les activités racinaires

Note 1 à l'article: Définition donnée conformément à la Référence [17].

3.8

sol

couche supérieure de la croûte terrestre transformée par des processus climatiques, physico-chimiques et biologiques. Elle est composée de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes vivants organisés en horizons de sols génétiques

[SOURCE: ISO 11074:2005, 2.1.8]

3.9

matériau du sol

matériau provenant du sol et déplacé et/ou modifié par l'activité humaine, comprenant les terres excavées, les matériaux de dragage, les sols artificiels, les sols traités et les matériaux de remblai

[SOURCE: ISO 17402:2008, 3.16]

3.10

biodisponibilité toxicologique

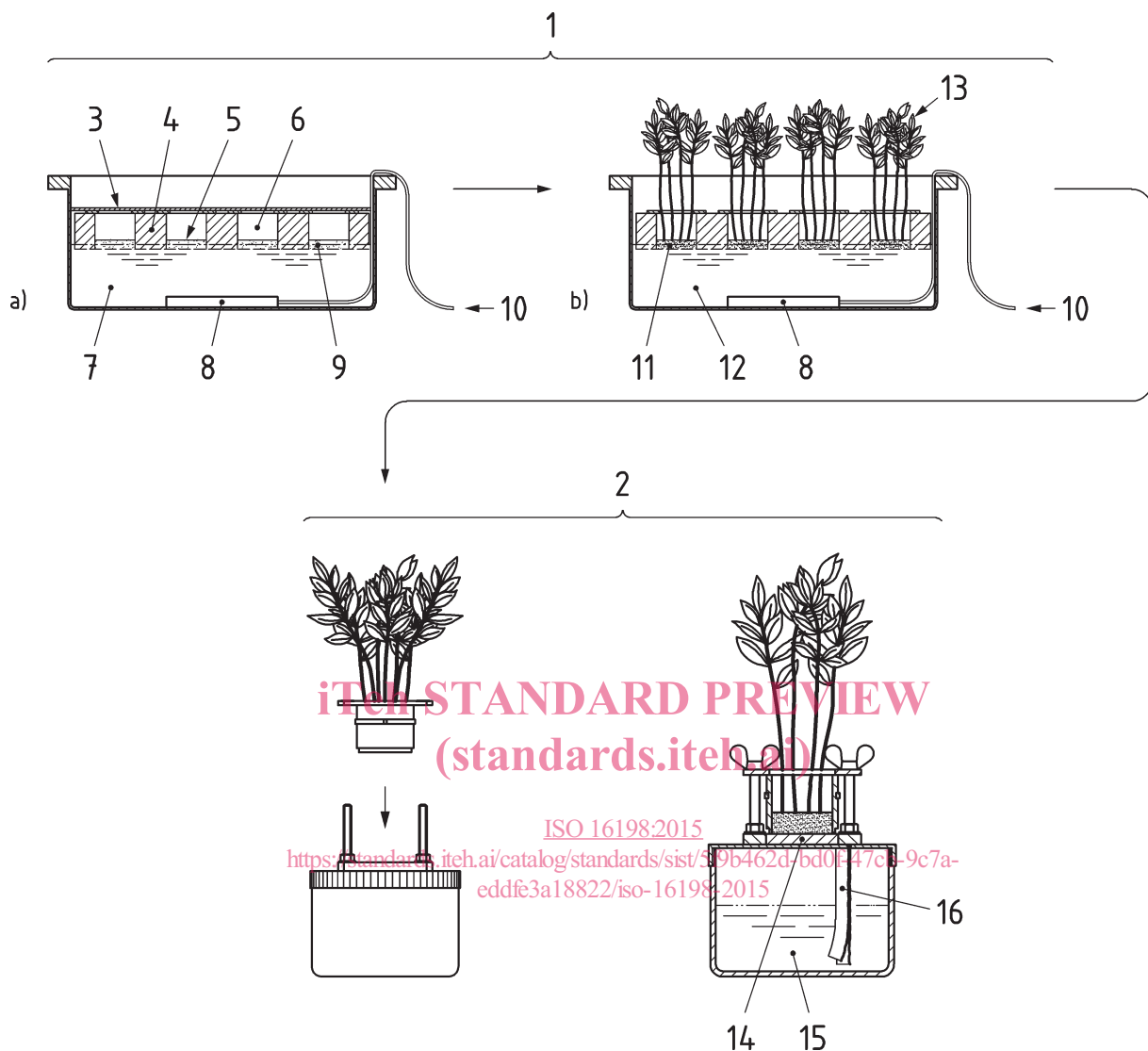
concentration interne d'un polluant accumulée et/ou liée à un effet toxique

[SOURCE: ISO 17402:2008, 3.18]

4 Principe

La présente Norme internationale décrit le mode opératoire expérimental du biotest développé à l'origine par les Références [18], [19] et [20]. Ce biotest comporte deux étapes successives de croissance des végétaux (voir [Figure 1](#)). Pendant la première étape (c'est-à-dire la période de préculture), des plantules sont cultivées en hydroponie pendant 14 jours pour obtenir une biomasse végétale suffisante et un tapis racinaire dense et plan. Pendant la deuxième étape (c'est-à-dire la période de culture test), le tapis racinaire des végétaux précultivés est mis en contact pendant 8 jours avec une couche d'échantillon de sol tamisé à 2 mm de 6 mm d'épaisseur.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f9b462d-bd0f-47cb-9c7a-eddf3a18822/iso-16198-2015>



Légende

a	Germination des semences (7 jours)	8	Diffuseur d'air
b	Pré-croissance des plantules (7 jours)	9	Toile, maille de 30 µm
1	Période de préculture en hydroponie – 14 jours	10	Air
2	Période de culture test avec contact sol-plantes – 8 jours	11	Tapis racinaire
3	Feuille d'aluminium	12	Solution nutritive 2
4	Plate-forme flottante	13	Parties aériennes
5	Semences	14	Couche de sol (6 mm d'épaisseur)
6	Pot	15	Solution nutritive 3
7	Solution nutritive 1	16	Mèches de papier filtre

Figure 1 — Mode opératoire du biotest en deux étapes

Un ensemble de végétaux témoins est récolté à la fin de la période de préculture en hydroponie pour déterminer la quantité d'éléments traces dans les parties aériennes et racinaires des végétaux avant leur exposition au sol. Les végétaux entiers (parties aériennes et racinaires) sont ensuite récoltés à la fin de la période de culture test. Les biomasses et les concentrations en éléments traces dans les parties aériennes et racinaires sont déterminées. Les paramètres qui peuvent être mesurés sur le biotest sont

a) la concentration en éléments traces dans les parties aériennes et racinaires à la fin de la période de culture test et b) le flux de prélèvement net d'éléments traces dans les végétaux entiers pendant la période de culture test. Si ces paramètres sont généralement corrélés^[21], on s'attend à ce que le flux de prélèvement soit plus représentatif de la biodisponibilité des éléments traces pour les végétaux pendant la période de culture test (c'est-à-dire l'exposition aux sols soumis à essai) car, contrairement aux concentrations, le flux de prélèvement ne comprend pas la portion d'éléments traces prélevée pendant la période de préculture (11.1).

La croissance des végétaux pendant la période de préculture étant généralement suffisante pour empêcher la survenue de symptômes phytotoxiques provoqués par des propriétés chimiques défavorables du sol ou l'accumulation excessive d'éléments traces dans le végétal, le biotest permet d'effectuer une comparaison non biaisée de la biodisponibilité des éléments traces sur une vaste gamme de sols, y compris les sols fortement contaminés.

5 Appareillage de laboratoire

L'appareillage suivant doit être utilisé. Tous les équipements qui viennent en contact avec l'échantillon (sols, végétaux ou réactifs) ne doivent pas adsorber les éléments traces de façon importante et ne doivent pas contaminer l'échantillon.

5.1 Matériel de tamisage, avec des tamis à mailles nominales de 2 mm.

5.2 Outils de concassage, tels que concasseur à mâchoires et dispositif de coupe.

5.3 Balance avec une précision d'au moins 100 mg.

5.4 Balance avec une précision d'au moins 1 mg.

5.5 Chambre de croissance, capable de maintenir des conditions climatiques spécifiques telles que spécifiées au 7.4.

5.6 Étuve ventilée, capable de sécher un sol ou un matériau du sol à 25 °C et des parties aériennes et racinaires à 50 °C.

5.7 Ciseaux, avec des lames en oxyde de zirconium.

5.8 Broyeur à billes, en oxyde de zirconium.

6 Réactifs

6.1 Généralités

Utiliser des réactifs de qualité analytique ayant une concentration en éléments traces étudiés (par exemple As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn) inférieure ou égale à 5 mg kg⁻¹. L'eau utilisée doit être de qualité 3 conformément à l'ISO 3696.

6.2 Eau, distillée ou déminéralisée ayant une conductivité spécifique maximale de 5 µS cm⁻¹ à 25 °C et un pH de 5,0 à 7,5.

6.3 Peroxyde d'hydrogène (H₂O₂, 34,01 g mol⁻¹).

6.4 Chlorure de calcium dihydraté (CaCl₂·2H₂O, 147,07 g mol⁻¹).

- 6.5 Acide borique (H_3BO_3 , 61,83 g mol⁻¹).
- 6.6 Nitrate de calcium tétrahydraté ($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 236,15 g mol⁻¹).
- 6.7 Nitrate de potassium (KNO_3 , 101,1 g mol⁻¹).
- 6.8 Sulfate de magnésium heptahydraté ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 246,48 g mol⁻¹).
- 6.9 Phosphate de potassium (KH_2PO_4 , 136,09 g mol⁻¹).
- 6.10 Éthylène diamino-tétra-acétate ferrique disodique ($NaFe(III)EDTA$, 367,05 g mol⁻¹).
- 6.11 Chlorure de cuivre dihydraté ($CuCl_2 \cdot 2H_2O$, 170,48 g mol⁻¹).
- 6.12 Chlorure de manganèse tétrahydraté ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$, 197,91 g mol⁻¹).
- 6.13 Sulfate de zinc heptahydraté ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 287,54 g mol⁻¹).
- 6.14 Molybdate de sodium dihydraté ($Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$, 241,95 g mol⁻¹).

7 Matériel biologique et de croissance

7.1 Espèces végétales

Les trois espèces suivantes, à savoir le chou (*B. oleracea*), la fétuque élevée (*F. arundinacea*) et la tomate (*L. esculentum*), sont utilisées pendant la mise en œuvre du biotest. Ces trois espèces végétales ont été sélectionnées parmi les espèces agricoles communes, non accumulatrices, pour leur capacité à maximiser collectivement la phytodisponibilité des éléments traces (plus spécifiquement celle d'As, de Cd, de Cu, de Pb et de Zn) dans les sols présentant une vaste gamme de propriétés physico-chimiques et d'origines des éléments traces^[21]. Pour chacune des trois espèces, les variétés suivantes sont recommandées: castelard pour *B. oleracea*, calina pour *F. arundinacea* et fline pour *L. esculentum*. Toutefois, dans le seul cas où les variétés recommandées ne sont pas disponibles dans le commerce, d'autres variétés peuvent être utilisées à condition de présenter une croissance adéquate et un tapis racinaire homogène au cours de la mise en œuvre du biotest pour les différents sols soumis à essai. Spécifier, dans le rapport d'essai, les raisons de la sélection de variétés différentes de celles recommandées. Pour une variété donnée, les semences utilisées pour une seule série d'expérimentation doivent provenir du même lot.

Des espèces supplémentaires peuvent être sélectionnées, par exemple des espèces présentant des caractéristiques physiologiques spécifiques ou ayant une pertinence écologique, agricole ou économique dans certaines régions du monde ou pour une évaluation de site spécifique, à condition de présenter une croissance adéquate et un tapis racinaire homogène pendant la mise en œuvre du biotest pour les différents sols soumis à essai. Une liste d'espèces végétales adaptées à être cultivées avec le biotest, mais seulement partiellement validée pour le mode opératoire normalisé est fournie à l'[Annexe A](#). Spécifier, dans le rapport d'essai, les raisons de la sélection d'espèces supplémentaires.

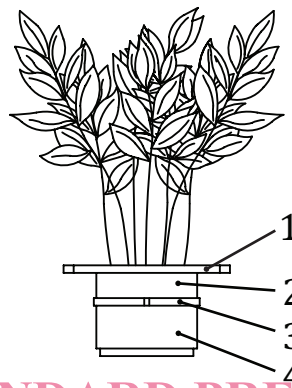
NOTE 1 Il convient autant que possible de mettre en œuvre le mode opératoire du biotest avec des semences non traitées (c'est-à-dire non traitées avec des produits phytosanitaires). Si cela n'est pas réalisable, le spécifier dans le rapport d'essai.

NOTE 2 Si d'autres variétés que celles recommandées sont utilisées, il est à noter que cela peut modifier les mesures réalisées à l'aide du biotest de la même manière que si des espèces différentes étaient utilisées.

7.2 Matériel pour le biotest

Le matériel suivant doit être utilisé. Toutes les pièces qui viennent en contact avec l'échantillon (sols, végétaux ou réactifs) ne doivent pas adsorber le composant concerné et ne doivent pas contaminer l'échantillon.

Le pot contenant le végétal (nommé « pot » par la suite) est conçu pour contenir les végétaux entiers depuis le début de la période de préculture jusqu'à la fin de la période de culture test. Le pot permet aux végétaux de développer un tapis racinaire plan et dense tout en maintenant une séparation physique avec l'échantillon de sol soumis à essai. Le pot comprend un cylindre sur la face supérieure duquel est fixée une plaque supérieure et qui est fermé à la base par une toile en polyamide (maille de 30 µm) à l'aide d'une pince réglable (Figure 2). La toile doit être bien tendue.



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Légende

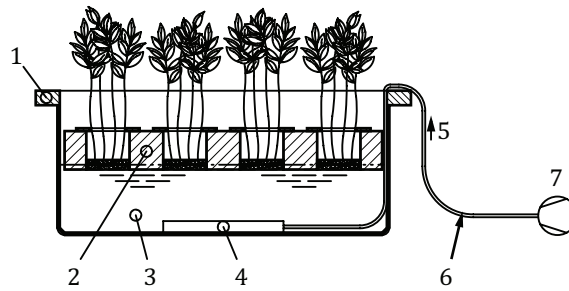
- 1 Plaque supérieure
- 2 Cylindre
- 3 Pince réglable
- 4 Toile en polyamide, maille de 30 µm

ISO 16198:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f9b462d-bd0f-47cb-9c7a-eddfe3a18822/iso-16198-2015>

Figure 2 — Dispositif du pot contenant le végétal

Le dispositif utilisé pour la première étape, c'est-à-dire la période de préculture, est conçu pour permettre aux semences de germer et aux plantules de développer un tapis racinaire dense et plan en hydroponie. Ce dispositif assure un contact étroit entre les semences ou les racines des plantules et la solution nutritive. Ce dispositif comprend une plate-forme flottante perforée placée à la surface d'un bac contenant une solution nutritive. Les perforations réalisées dans la plate-forme flottante permettent d'y loger les pots. La solution nutritive est aérée en continu avec un système de bullage composé d'une pompe à air, de tubes capillaires raccordés à l'aide de dérivations et de diffuseurs plongés dans la solution nutritive (voir Figure 3). La flottabilité de la plateforme est essentielle pour garantir un contact homogène de tous les pots placés dans un bac avec la solution nutritive aérée. Ce dispositif limite également l'exposition de la solution nutritive aux rayonnements lumineux, évitant ainsi le développement d'algues.



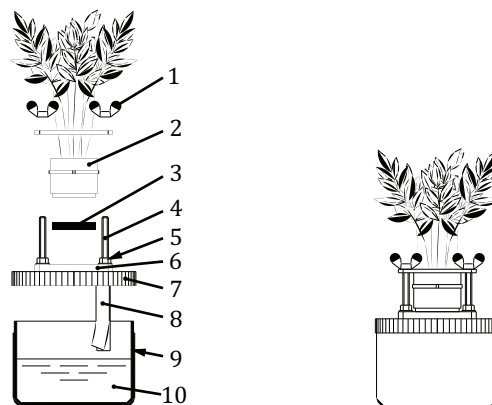
Légende

- 1 Bac
- 2 Plate-forme flottante perforée
- 3 Solution nutritive 1 ou 2
- 4 Diffuseur d'air
- 5 Air
- 6 Tube
- 7 Pompe à air

Figure 3 — Dispositif utilisé pour la période de préculture

iTeh STANDARD PREVIEW

Le dispositif utilisé pour la seconde étape, c'est-à-dire la période de culture test, est conçu pour permettre un contact étroit entre le tapis racinaire et la couche de sol. Il est constitué de deux parties et de trois mèches de papier filtre insérées entre elles: a) un dispositif de mise en contact qui appuie fermement le pot sur la couche de sol à l'aide de fixations et b) un récipient à couvercle vissé de 0,5 dm³ rempli de solution nutritive 3 (voir Figure 4). Ce dispositif permet (i) au tapis racinaire d'être maintenu en contact avec la surface entière de la couche de sol et (ii) aux mèches de papier filtre de rester complètement humidifiées pendant toute la durée de la période de culture test.



Légende

- 1 Écrou papillon
- 2 Pot
- 3 Couche de sol (6 mm d'épaisseur)
- 4 Vis
- 5 Écrou simple
- 6 Plaque réceptionnant le sol
- 7 Couvercle vissé
- 8 Mèches de papier filtre
- 9 Récipient à couvercle vissé
- 10 Solution nutritive 3

Figure 4 — Dispositif de mise en contact sol-plante utilisé pour la période de culture test

À l'exception de la pince réglable, des mèches de papier filtre et de la toile en polyamide, toutes les pièces du biotest sont réutilisables à condition d'être soumises à un lavage en deux étapes, tout d'abord dans de l'eau chaude pour éliminer le mucilage adhérent et les biofilms microbiens puis dans une fraction volumique de HNO₃ à 10 %, suivi d'un rinçage complet avec de l'eau distillée ou déminéralisée. Une liste complète des pièces ainsi que leur spécification est fournie dans le [Tableau 1](#) à titre d'information, tandis que les dessins industriels figurent à l'[Annexe B](#). L'utilisateur peut fabriquer le matériel par ses propres moyens à condition que la taille des différentes parties reste proportionnelle et que la spécification des composants soit similaire.

Tableau 1 — Composants du biotest (informatif)

	Pièce	N ^o a	Quantité b	Spécification
Pot	Cylindre	1	1	PVC, haute densité, température élevée, pour contact alimentaire
	Plaque supérieure	2	1	HDPE pour contact alimentaire
	Toile en polyamide	/	1	100 × 100 mm, 30 µm de diamètre de pores
	Pince réglable	/	1	180 mm × 2,4 mm
Période de pré-culture	Bac c	3	1	12 dm ³ , 400 mm×294 mm × 165 mm, plaque en HDPE opaque pour contact alimentaire
	Plate-forme flottante perforée	4	1	Plate-forme en polystyrène extrudé
	Pompe à air doubles sorties	/	1	Débit d'air de 100 à 200 dm ³ h ⁻¹ sortie ⁻¹
	Tube capillaire	/	2	PVC, diam. int. 4 mm env.
	Dérivation	/	1	Si nécessaire
Période de culture test	Diffuseur d'air	/	2	Diffuseur céramique, 100 × 10 mm
	Récipient à couvercle vissé	5	1	PP opaque et blanc pour contact alimentaire
	Mèche de papier filtre	/	3	Papier filtre sans cendres, durci
	Plaque réceptionnant le sol	6	1	HDPE pour contact alimentaire, 6 mm d'épaisseur
	Vis	/	4 d	HDPE
	Écrou simple	/	8 d	HDPE
	Écrou papillon	/	4 d	HDPE

a Numéro des pièces tel que référencé dans les dessins industriels présentés à l'[Annexe B](#).

b Pour un exemplaire de chacun des trois dispositifs du biotest (c'est-à-dire le pot et les dispositifs pour les périodes de préculture et de culture test).

c Adapté pour 12 pots par bac rempli avec 6 dm³ de solution nutritive.

d Il est possible de n'utiliser que deux vis pour réduire le temps de fixation, avec seulement quatre écrous simples et deux écrous papillons.

7.3 Composition des solutions nutritives

Trois solutions nutritives différentes doivent être préparées pour la mise en œuvre du biotest pour (i) la germination des semences, (ii) la précroissance des plantules en hydroponie [les étapes (i) et (ii) sont incluses dans la période de préculture] et (iii) la croissance des plantes pendant la période de culture test.