

---

---

**Qualité du sol — Détermination de la  
capacité d'échange cationique (CEC)  
effective et des cations échangeables à  
l'aide d'une solution de trichlorure de  
cobaltihexammine**

*Soil quality — Determination of effective cation exchange capacity  
(CEC) and exchangeable cations using a hexamminecobalt trichloride  
solution*  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 23470:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d9e409-c8b1-4262-a5c2-5c5e65f70a2d/iso-23470-2007>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 23470:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d9e409-c8b1-4262-a5c2-5c5e65f70a2d/iso-23470-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d9e409-c8b1-4262-a5c2-5c5e65f70a2d/iso-23470-2007>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2007

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](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>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Principe</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Réactifs</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b> <b>Appareillage</b> .....	<b>2</b>
<b>6</b> <b>Mode opératoire</b> .....	<b>3</b>
<b>7</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>8</b>
<b>8</b> <b>Validation</b> .....	<b>8</b>
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Comparaison de différentes méthodes permettant de déterminer la CEC effective</b> .....	<b>9</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Résultats de la comparaison interlaboratoires</b> .....	<b>14</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>16</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 23470:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d9e409-c8b1-4262-a5c2-5c5e65f70a2d/iso-23470-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d9e409-c8b1-4262-a5c2-5c5e65f70a2d/iso-23470-2007>

## 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 23470 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 190, *Qualité du sol*, sous-comité SC 3, *Méthodes chimiques et caractéristiques du sol*.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**  
ISO 23470:2007  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d9e409-c8b1-4262-a5c2-5c5e65f70a2d/iso-23470-2007>

# Qualité du sol — Détermination de la capacité d'échange cationique (CEC) effective et des cations échangeables à l'aide d'une solution de trichlorure de cobaltihexammine

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode de détermination de la capacité d'échange cationique (CEC) et de la teneur en cations échangeables ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) dans le sol à l'aide d'une solution de trichlorure de cobaltihexammine utilisée comme réactif d'extraction.

NOTE Étant donné que le pH de la suspension de sol dans la solution de trichlorure de cobaltihexammine est voisin du pH de la suspension dans l'eau, on considère que la présente méthode détermine la CEC effective, c'est-à-dire la CEC au pH du sol.

La présente Norme internationale est applicable à tous les types d'échantillons de sol séchés à l'air qui ont été préparés conformément à l'ISO 11464.

L'Annexe A donne les références et les résultats de la comparaison effectuée avec d'autres méthodes (chlorure de baryum, acétate d'ammonium).

## 2 Références normatives

ISO 23470:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d9e409-c8b1-4262-a5c2-3c051762a805/iso-23470-2007>

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 11464, *Qualité du sol — Prétraitement des échantillons pour analyses physico-chimiques*

## 3 Principe

Les cations retenus par un échantillon de sol sont échangés avec les ions cobaltihexammine d'une solution aqueuse, sous agitation pendant  $(60 \pm 5)$  min à une température de  $(20 \pm 2)$  °C. La CEC est obtenue par différence entre la quantité initiale de cobaltihexammine dans la solution et la quantité résiduelle mesurée dans l'extrait après la réaction d'échange. La détermination de la concentration en cobaltihexammine dans l'extrait peut être effectuée par mesurage spectrophotométrique direct, par dosage de l'azote ammoniacal total ou par dosage des concentrations du cobalt total en solution.

Les quantités de cations échangés sont déterminées sur le même extrait par des méthodes spectrométriques telles que la spectrométrie d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-AES).

NOTE 1 L'acidité échangeable peut également être mesurée dans l'extrait de cobaltihexammine.

NOTE 2 Lorsque les cations échangeables sont retenus dans des micropores accessibles aux ions ammonium mais pas aux ions cobaltihexammine, la CEC et les valeurs des cations échangeables déterminées par la présente méthode peuvent être inférieures à celles déterminées par la méthode utilisant l'acétate d'ammonium. Cela a été observé dans certains sols contenant des allophanes et des imogolites, tels que les sols formés sur des roches volcaniques.

## 4 Réactifs

Utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue.

**4.1 Eau distillée ou déminéralisée**, exempte des éléments analysés et ayant une conductivité inférieure à 0,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**4.2 Trichlorure de cobaltihexammine**  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3]$ , solution à 0,016 6 mol/l.

Dissoudre, au milligramme près, 4,458 g de trichlorure de cobaltihexammine dans une fiole jaugée contenant 700 ml d'eau distillée (4.1). Ajuster au volume et homogénéiser.

NOTE On peut se procurer du trichlorure de cobaltihexammine auprès de Sigma-Aldrich ou Fluka <sup>1)</sup>.

**4.3 Régulateur d'ébullition** (par exemple pierre ponce en grains ou billes de verre).

**4.4 Acide borique** (solution à 40 g/l).

**4.5 Indicateur de Tashiro.**

Dissoudre 2,0 g de rouge de méthyle et 1,0 g de bleu de méthylène dans 1 000 ml d'éthanol à 95°.

**4.6 Phénolphtaléine.**

Dissoudre 1 g de phénolphtaléine dans 1 000 ml d'éthanol à 95°.

**4.7 Solution d'hydroxyde de sodium**, à 33 % (rapport de la masse au volume).

**4.8 Acide sulfurique** ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), solution titrée à 0,025 mol/l.

**4.9 Sulfate d'ammonium pour analyses**, <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d9e409-c8b1-4262-a5c2-5c5e65f70a2d/iso-23470-2007>

**4.10 Solutions mères** de  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , à 1,000 g/l.

Ces solutions sont fournies avec une composition certifiée par une source réputée et font l'objet de contrôles réguliers.

## 5 Appareillage

Verrerie et matériel courant de laboratoire, et notamment:

**5.1 Balance analytique**, dont le domaine d'incertitude de la pesée n'excédera pas  $\pm 0,1$  % de la masse de la prise d'essai.

**5.2 Récipients pour l'agitation**, fermés hermétiquement, à parois rigides ou non, de volume compris entre 75 ml et 100 ml.

**5.3 Distributeur de 50 ml**, réglé à  $\pm 0,25$  ml du volume délivré.

**5.4 Agitateur culbuteur**, permettant la mise en suspension permanente du mélange sol/solution d'extraction, placé dans un air ambiant à  $(20 \pm 2)$  °C.

---

1) Sigma-Aldrich et Fluka sont des exemples de produits disponibles dans le commerce. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.

**5.5 Filtres de papier à filtration lente**, permettant de vérifier le niveau d'adsorption des ions cobaltihexammine par le filtre; s'il ne peut pas être négligé par rapport aux valeurs de CEC mesurées, il convient d'en tenir compte (voir 6.3).

**5.6 Centrifugeuse et flacons à centrifuger appropriés**, dont la vitesse et la durée de centrifugation dépendent du type de la centrifugeuse et sont choisies en vue d'obtenir un surnageant limpide. 4 000 r/min pendant 20 min suffisent généralement mais des précautions particulières doivent être prises en raison de la forte teneur en ions cobaltihexammine fixés sur les particules colloïdales.

**5.7 Appareillage de distillation**, dont les différentes parties doivent être assemblées en assurant l'étanchéité afin d'éviter toute perte d'ammoniac ou entraînement d'hydroxyde de sodium.

**5.8 Microburette.**

**5.9 Spectrophotomètre**, permettant de réaliser des mesurages à 380 nm et à 475 nm, muni d'une cuve de 10 mm de trajet optique.

**5.10 Spectromètre d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-AES) ou spectromètre d'absorption atomique par flamme.**

## 6 Mode opératoire

### 6.1 Prise d'essai

Prétraiter le sol conformément à l'ISO 11464.

Si  $Q$  est le nombre de centimoles de charges positives apportées par un volume donné de solution de cobaltihexammine, les centimoles de charges positives apportées par la prise d'essai doivent être comprises entre  $Q/10$  et  $Q/3$  inclus, voir Tableau 1.

Tableau 1 — Prises d'essai (dans 50 ml de la solution décrite en 4.2)

CEC mesurée, cmol <sup>+</sup> /kg	< 2,5	2,5 à 5	5 à 10	10 à 32	32 à 64
Prise d'essai, g	10	10	5	2,5	1,25

Peser à 0,1 % près la masse choisie de la prise d'essai (voir l'ISO 11464) et la transférer dans un récipient pour agitation (5.2).

### 6.2 Réaction d'échange

Ajouter 50 ml de la solution de trichlorure de cobaltihexammine (4.2) et agiter pendant  $(60 \pm 5)$  min au moyen de l'agitateur (5.4). Filtrer aussitôt sur le filtre (5.5) ou centrifuger (5.6). Recueillir le surnageant ou le filtrat limpide. Effectuer les dosages dans les 24 h après l'extraction au plus tard, sinon s'assurer de la neutralité des conditions de conservation.

Réaliser une solution de «blanc» dans les mêmes conditions mais sans la prise d'essai.

### 6.3 Détermination de la CEC

#### 6.3.1 Dosage de l'azote ammoniacal par distillation

##### 6.3.1.1 Mode opératoire

À l'aide d'une pipette, prélever 10 ml de l'extrait (6.2) et les introduire dans le ballon de l'appareil à distiller. Compléter au volume avec de l'eau (4.1) jusqu'à environ 200 ml. Ajouter le régulateur d'ébullition (4.3).

Dans le récipient de récupération du distillat, ajouter 40 ml de la solution d'acide borique (4.4) et quelques gouttes d'indicateur de Tashiro (4.5). Plonger l'extrémité placée en sortie du réfrigérant sur une profondeur

d'au moins 1 cm dans le liquide de récupération. Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine (4.6) dans le ballon à distiller.

Assembler l'appareillage en veillant à assurer son étanchéité.

Ajouter environ 10 ml de la solution d'hydroxyde de sodium (4.7) et chauffer progressivement le ballon de façon à distiller environ 150 ml de liquide en 30 min. Au terme de cette durée, vérifier la neutralité du distillat qui s'écoule de l'extrémité du réfrigérant au moyen de papier à la phénolphtaléine. Si la réaction est alcaline, poursuivre la distillation.

Procéder au titrage de l'ammoniac par la solution titrée d'acide sulfurique (4.8).

Effectuer un titrage à blanc avec de l'eau en utilisant les mêmes réactifs. Le volume d'acide versé dans ce cas n'excédera pas 0,1 ml.

Procéder à une vérification périodique de l'efficacité de l'appareillage en distillant un échantillon synthétique contenant 5 mg d'azote apportés sous forme de sulfate d'ammonium (4.9). Le volume versé, corrigé du blanc, doit être compris entre 6,95 ml et 7,35 ml inclus (pour une valeur théorique de 7,15).

Prélever ensuite 10 ml du blanc d'extraction et doser l'ammoniac de la même manière. En l'absence d'absorption de la cobaltihexammine par le filtre notamment, utiliser la solution (4.2) pour réaliser cet essai.

### 6.3.1.2 Calcul de la CEC

La valeur de la capacité d'échange cationique, exprimée en centimoles de charges positives par kilogramme, est donnée par l'équation suivante:

$$T = \frac{(V_2 - V_1) \times 2 \times c \times 50 \times 100}{2 \times V \times m} \quad (1)$$

où

- $V_2$  est le volume de la solution d'acide sulfurique versé pour l'essai à blanc, exprimé en millilitres;
- $V_1$  est le volume de la solution d'acide sulfurique versé pour l'essai, exprimé en millilitres;
- $c$  est la concentration de la solution d'acide sulfurique, exprimée en moles par litre;
- $V$  est le volume d'extrait et de blanc distillé, exprimé en millilitres;
- $m$  est la masse de la prise d'essai, exprimée en grammes.

Procéder à une vérification périodique de l'efficacité de l'appareillage en distillant

- 10 ml de la solution de cobaltihexammine (4.2),
- 5 ml de cette même solution.

La différence entre les deux volumes d'acide sulfurique (4.8) versés lors du titrage doit être comprise entre 9,7 ml et 10,3 ml inclus (pour une valeur théorique de 10,0).

### 6.3.2 Dosage spectrophotométrique

#### 6.3.2.1 Étalonnage et mesurage

Le dosage spectrophotométrique de la cobaltihexammine en solution est réalisé à une longueur d'onde de 475 nm sans aucun prétraitement de la solution analysée. La fonction d'étalonnage doit être linéaire, notamment dans la plus haute plage de concentrations. Le vérifier régulièrement à l'aide des solutions suivantes: eau, solution 4.2, solution 4.2 diluée avec de l'eau aux 1/5, 2/5, 3/5, 4/5.

Si tel est le cas, pour une série de mesurages, calculer les coefficients de la droite d'étalonnage à l'aide de deux solutions étalons: eau (4.1) et solution de trichlorure de cobaltihexammine (4.2).

Transférer la solution d'essai dans le spectrophotomètre et noter la valeur de la densité optique; déduire la quantité d'ions cobaltihexammine en solution. Soustraire cette concentration de celle contenue dans la solution 4.2 pour obtenir la quantité fixée,  $q$ , en moles par litre (mol/l).

### 6.3.2.2 Correction de l'adsorption par le filtre

Transférer le blanc d'extraction dans le spectrophotomètre et noter la valeur de la densité optique; déduire la quantité d'ions cobaltihexammine en solution. Soustraire cette concentration de celle contenue dans la solution 4.2 pour obtenir la quantité fixée par le filtre,  $q_b$ , en moles par litre (mol/l).

### 6.3.2.3 Correction de l'influence de la matière organique soluble

En colorant l'extrait, la matière organique solubilisée durant l'extraction absorbe les radiations à 475 nm. Lorsque les quantités solubilisées sont importantes, le mesurage de la CEC est affecté par ce phénomène. On peut corriger cette interférence en procédant d'abord à un mesurage à 475 nm, puis à un autre à 380 nm. Le rapport entre les densités optiques (DO) des solutions de cobaltihexammine pure, mesurées aux deux longueurs d'onde précédentes, est de  $R_1 = [DO(475)/DO(380)] = 8,13$ .

Le rapport entre les densités optiques des solutions contenant de la matière organique soluble, mesurées aux deux longueurs d'ondes précédentes, est de  $R_2 = [DO(475)/DO(380)] = 0,2$ . Cette valeur a été estimée en procédant à des extractions de sols contenant des teneurs en matière organique variables en présence d'une solution de chlorure d'ammonium à 0,05 mol/l.

Considérant  $X_1$  et  $X_2$  comme étant les densités optiques de la solution d'essai, mesurées respectivement à 475 nm et à 380 nm, la densité optique spécifique de la cobaltihexammine à 475 nm est donnée par :

$$DO = (X_1 - R_2 X_2)R_1 / (R_1 - R_2) \quad (2)$$

Une fois cette valeur obtenue, déduire la quantité réelle d'ions cobaltihexammine restant par rapport au coefficient déterminé lors de l'étalonnage. Soustraire cette concentration de celle contenue dans la solution 4.2 pour obtenir la quantité échangée,  $q'$ , en moles par litre (mol/l).

### 6.3.2.4 Calcul de la CEC

Si  $m$  est la masse de la prise d'essai en grammes et  $V$  est le volume de solution de cobaltihexammine utilisé en millilitres, on a

$$CEC = (300qV)/m, \text{ en cmol}^+/kg \quad (3)$$

Lorsqu'une correction de matière organique soluble est nécessaire:

$$CEC = (300q'V)/m, \text{ en cmol}^+/kg \quad (4)$$

Lorsque la quantité d'ions cobaltihexammine adsorbée par le filtre n'est pas négligeable:

$$CEC = [300(q - q_b)V]/m, \text{ en cmol}^+/kg \quad (5)$$

ou

$$CEC = [300(q' - q_b)V]/m, \text{ en cmol}^+/kg \quad (6)$$

## 6.3.3 Dosage spectrométrique du cobalt

### 6.3.3.1 Généralités

Les concentrations de cobalt sont considérées comme étant quantitativement liées aux concentrations de cobaltihexammine. La CEC est obtenue par différence entre la teneur en cobaltihexammine de la solution d'extraction initiale et la teneur en cobaltihexammine restant dans l'extrait après la réaction d'échange avec le sol.

**6.3.3.2 Conditions expérimentales**

Voir les détails donnés en 6.4.5.

**6.3.3.3 Calcul de la CEC**

En premier lieu, les concentrations,  $c$ , de cobalt doivent être converties en moles par litre (mol/l) de cobaltihexammine,  $c'$ , par exemple si  $c$  est donnée en mg/l:  $c' = c/58\ 933$ .

Si  $c'_0$  est la concentration en cobaltihexammine, en mol/l, de la solution d'extraction initiale, la quantité échangée est donnée par:

$$q = (c'_0 - c') \tag{7}$$

Si  $c'_b$  est la concentration en cobaltihexammine, en mol/l, du blanc d'extraction (voir 6.3.2.1), la quantité piégée par le filtre est donnée par:

$$q_b = (c'_0 - c'_b) \tag{8}$$

Si  $m$  est la masse de la prise d'essai, en grammes, et  $V$  est le volume de solution de cobaltihexammine utilisé en millilitres, voir les Équations (3) et (5).

**6.4 Dosage du cobalt et détermination des cations échangeables**

**6.4.1 Généralités**

Les conditions suivantes qui permettent de déterminer les cations  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  et  $Na^+$  par spectrométrie d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-AES) dans les extraits de cobaltihexammine sont indiquées à titre d'exemple.

Étant donné la grande variété d'instruments disponibles sur le marché et la sensibilité des signaux de mesure aux conditions opératoires, chaque adaptation du présent exemple doit tenir compte des instructions fournies par le fabricant, de la plage de linéarité et de la possibilité d'être confronté à des interférences d'origines spectrales et non spectrales.

**6.4.2 Solutions étalons pour les cations échangeables**

La solution (4.2) est la solution de blanc (étalon 0) pour la détermination des cations échangeables. Noter que, pour la détermination de la CEC par mesurage de la teneur en cobalt, cette solution constitue le point d'étalonnage le plus élevé (voir 6.4.3).

Pour chaque élément, transférer les volumes de la solution mère (4.10) indiqués dans le Tableau 2 dans une fiole jaugée de 500 ml. Ajouter et dissoudre 2,229 g de trichlorure de cobaltihexammine, ajuster le volume jusqu'au trait de jauge avec de l'eau (4.1) et homogénéiser. Cette solution constitue le point d'étalonnage le plus élevé pour la détermination des cations échangeables (Tableau 2, étalon 3).

**Tableau 2 — Solutions étalons pour les cations échangeables (étalon 3)**

Élément	Volume de solution mère (4.10) ml	Concentration finale mg/l	Concentration finale cmol <sup>+</sup> /kg
Al <sup>3+</sup>	20	40	8,895
Ca <sup>2+</sup>	200	400	39,94
Fe <sup>2+</sup>	10	20	1,432
K <sup>+</sup>	20	40	2,046
Mg <sup>2+</sup>	10	20	3,292
Mn <sup>2+</sup>	10	20	1,456
Na <sup>+</sup>	20	40	3,480

NOTE 1 Les concentrations finales, en  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ , sont calculées pour un rapport solution d'extraction/sol ( $V/m$ ) de 20.

NOTE 2 Une plage de fortes concentrations en calcium se révèle utile lorsqu'on analyse à la fois des sols acides et des sols calcaires. Si l'étude ne porte que sur des sols acides, le niveau de concentration le plus élevé peut être réduit.

Transférer 50 ml de l'étalon 3 dans une fiole jaugée de 100 ml, ajuster au trait de jauge à l'aide de l'étalon 0, homogénéiser de façon à obtenir l'étalon 2.

Transférer 25 ml de l'étalon 3 dans une fiole jaugée de 100 ml, ajuster au trait de jauge à l'aide de l'étalon 0, homogénéiser de façon à obtenir l'étalon 1.

### 6.4.3 Solutions étalons de cobalt

La détermination de la CEC est fondée sur la différence des concentrations de cobalt de l'étalon 0 et de la solution d'échantillon pour essai. La plage de concentration utile peut être réduite à la moitié supérieure de la plage totale.

Dissoudre dans l'eau (4.1) les quantités indiquées dans le Tableau 3, dans des fioles jaugées de 1 000 ml.

Tableau 3 — Solutions étalons de cobalt

Étalon	Trichlorure de cobaltihexammine g	Concentration finale $\text{cmol}^+/\text{kg}$
0	4,458	100,00
1	3,789	85,00
2	2,898	65,00
3	2,229	50,00

NOTE Les concentrations finales en  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  sont exprimées ici en termes de CEC pour le cas théorique d'une adsorption totale par le sol sur la base d'un rapport de 20 (2,5 g de sol dans 50 ml de solution d'extraction).

### 6.4.4 Détermination spectrométrique des cations échangeables

Les étalons de référence (étalons de 0 à 3), le blanc d'extraction et les extraits d'échantillon d'essai peuvent être injectés après ou sans étape de dilution. La dilution réduit le risque de non-linéarité et les effets perturbateurs dus aux interférences non spectrales, mais augmente les limites de détection et de quantification, ce dernier effet pouvant être d'une certaine importance pour le dosage du  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$ . Quelle que soit l'option envisagée, la linéarité et l'absence d'interférences spectrales et non spectrales doivent être contrôlées et des corrections de fond apportées, si nécessaire.

Le Tableau 4 indique les longueurs d'onde de quelques raies spectrales appropriées.

Tableau 4 — Détermination spectrométrique des cations échangeables

Élément	Longueur d'onde nm
$\text{Al}^{3+}$	396,152
$\text{Ca}^{2+}$	184,006 à 422,673
$\text{Fe}^{2+}$	259,940
$\text{K}^+$	766,490
$\text{Mg}^{2+}$	285,213
$\text{Mn}^{2+}$	259,373
$\text{Na}^+$	588,995