
**Nanotechnologies — Distribution
granulométrique et concentration
de nanoparticules inorganiques en
milieu aqueux par spectrométrie
de masse à plasma induit en mode
particule unique**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Nanotechnologies — Size distribution and concentration of inorganic
nanoparticles in aqueous media via single particle inductively coupled
plasma mass spectrometry*

[ISO/TS 19590:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-a98bdb3c241b/iso-ts-19590-2017)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-
a98bdb3c241b/iso-ts-19590-2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-a98bdb3c241b/iso-ts-19590-2017)



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 19590:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-a98bdb3c241b/iso-ts-19590-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

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
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Abréviations	2
5 Conformité	2
6 Mode opératoire	3
6.1 Principe.....	3
6.2 Appareillage et équipement.....	3
6.3 Produits chimiques, matériaux de référence et réactifs.....	3
6.3.1 Produits chimiques.....	3
6.3.2 Matériaux de référence.....	4
6.3.3 Réactifs.....	4
6.4 Échantillons.....	5
6.4.1 Quantité d'échantillon.....	5
6.4.2 Dilution de l'échantillon.....	5
6.5 Réglages instrumentaux et contrôle de performance.....	5
6.5.1 Réglages du système ICP-MS.....	5
6.5.2 Contrôle de performance du système ICP-MS.....	6
6.6 Détermination de l'efficacité du transport.....	6
6.6.1 Détermination de l'efficacité du transport sur la base de la fréquence mesurée des particules.....	6
6.6.2 Détermination de l'efficacité du transport sur la base de la taille mesurée des particules.....	7
6.7 Détermination de la linéarité de la réponse.....	8
6.8 Détermination du niveau de blanc.....	8
6.9 Analyse de la suspension aqueuse.....	8
6.10 Conversion des données.....	10
7 Résultats	10
7.1 Calculs.....	10
7.1.1 Calcul de l'efficacité du transport.....	10
7.1.2 Calcul de la réponse de l'ICP-MS.....	11
7.1.3 Calcul de la concentration et de la taille des particules.....	11
7.1.4 Calcul de la limite de détection de la concentration des particules.....	12
7.1.5 Calcul de la limite de détection de la taille des particules.....	13
7.1.6 Calcul de la concentration ionique.....	14
7.2 Critères de performance.....	14
7.2.1 Efficacité du transport.....	14
7.2.2 Linéarité de la courbe d'étalonnage.....	14
7.2.3 Échantillons témoins.....	14
7.2.4 Nombre de particules détectées.....	14
8 Rapport d'essai	14
Annexe A (informative) Tableur de calcul	16
Bibliographie	20

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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/foreword.html

Le présent document a été élaboré par l'ISO/TC 229, *Nanotechnologies*.

Introduction

Le présent document a été développé en réponse à la demande mondiale de méthodes appropriées pour la détection et la caractérisation de nanoparticules dans les produits alimentaires et de consommation. Des produits basés sur les nanotechnologies ou contenant des nanoparticules manufacturées sont déjà utilisés et commencent à avoir des effets sur les industries et marchés alimentaires associés. Par conséquent, la probabilité d'une exposition directe et indirecte des consommateurs aux nanoparticules manufacturées (outre les nanoparticules naturelles) augmente. La détection de nanoparticules manufacturées dans la nourriture, dans les échantillons toxicologiques et dans les études d'exposition devient ainsi essentielle pour la compréhension des avantages potentiels, ainsi que des risques potentiels, de l'utilisation des nanoparticules.

La spectrométrie de masse à plasma induit en mode particule unique (spICP-MS) est une méthode capable de détecter des nanoparticules uniques à des concentrations très faibles. L'échantillon aqueux est introduit en continu dans un système ICP-MS classique qui est défini de manière à acquérir des données selon une grande résolution temporelle (c.-à-d. une courte durée d'acquisition). Suite à la nébulisation, une fraction des nanoparticules entre dans le plasma où elles sont atomisées et où chaque atome est ionisé. Chaque particule atomisée donne un nuage d'ions. Ce nuage d'ions est échantillonné par le spectromètre de masse et comme la densité ionique dans ce nuage est élevée, l'impulsion du signal est élevée comparée au bruit de fond (ou de base) lorsqu'une résolution élevée est utilisée. Une durée de fonctionnement usuelle est comprise entre 30 s et 200 s et est appelée «balayage temporel». Le spectromètre de masse peut être réglé de façon à mesurer chaque élément spécifique mais en raison de la résolution temporelle élevée, une seule valeur de rapport masse/charge est généralement considérée pendant une séquence d'exécution (avec les instruments courants).

Le nombre d'impulsions détectées par seconde est directement proportionnel au nombre de nanoparticules dans la suspension aqueuse qui est mesurée. Afin de calculer les concentrations, l'efficacité du transport doit être déterminée en premier lieu à l'aide d'une nanoparticule de référence. L'intensité de l'impulsion et la zone d'impulsion sont directement proportionnelles à la masse de l'élément mesuré dans une nanoparticule, et donc au cube du diamètre de la nanoparticule (c.-à-d. en supposant une géométrie sphérique de la nanoparticule). Cela signifie que pour toute augmentation du diamètre d'une particule, la réponse est amplifiée à la puissance trois et par conséquent, une validation correcte de la réponse pour chaque plage de tailles de chaque composition de nanoparticule est exigée. La performance de l'étalonnage est meilleure lorsqu'un matériau de référence nanoparticulaire est utilisé; toutefois, ces matériaux ne sont pas souvent disponibles. L'étalonnage du présent mode opératoire est donc effectué au moyen de solutions ioniques normalisées de l'élément mesuré dans les mêmes conditions d'analyse.

Les données peuvent être traitées par un logiciel disponible commercialement ou peuvent être importées dans un programme de tableur personnalisé afin de calculer les concentrations numérique et massique, la taille (le diamètre équivalent sphérique) et la distribution granulométrique numérique correspondante des nanoparticules. De plus, ces mêmes données permettent de déterminer les concentrations massiques d'ions présents dans le même échantillon.

Le lecteur intéressé peut consulter les Références [1] à [4] pour plus d'informations.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 19590:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-a98bdb3c241b/iso-ts-19590-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-a98bdb3c241b/iso-ts-19590-2017>

Nanotechnologies — Distribution granulométrique et concentration de nanoparticules inorganiques en milieu aqueux par spectrométrie de masse à plasma induit en mode particule unique

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode de détection de nanoparticules dans des suspensions aqueuses et de caractérisation de la concentration numérique et massique des particules et de la distribution granulométrique numérique au moyen d'un ICP-MS en mode de résolution temporelle afin de déterminer la masse des nanoparticules individuelles et des concentrations ioniques.

La méthode est applicable à la détermination de la taille de nanoparticules inorganiques (par exemple les métaux et oxydes métalliques tels que Au, Ag, TiO₂, BVO₄, etc.), de tailles comprises entre 10 nm et 100 nm (et des particules de tailles plus grandes comprises entre 1 000 nm et 2 000 nm) dans des suspensions aqueuses. Les composés métalliques autres que les oxydes (par exemple sulfites, etc.), les composites métalliques ou les particules enrobées avec un noyau métallique peuvent être déterminés si la composition chimique et la densité sont connues. Les concentrations numériques de particules qui peuvent être déterminées dans les suspensions aqueuses sont comprises entre 10⁶ particules/L et 10⁹ particules/L, ce qui correspond à des concentrations massiques comprises environ entre 1 ng/L et 1 000 ng/L (pour des particules d'or de 60 nm). Les chiffres réels dépendent du type de spectromètre de masse utilisé et du type de nanoparticules analysées.

Outre les concentrations de particules, les concentrations ioniques dans la suspension peuvent également être déterminées. Les limites de détection sont comparables aux mesurages normalisés de l'ICP-MS. À noter que les nanoparticules de tailles inférieures à la limite de détection de taille de particules de la méthode spICP-MS peuvent être quantifiées comme étant ioniques.

La méthode proposée dans le présent document n'est pas applicable à la détection et la caractérisation de nanoparticules organiques ou à base de carbone comme les encapsulations, les fullerènes et les nanotubes de carbone (CNT). De plus elle n'est pas applicable aux éléments autres que le carbone et qui sont difficiles à déterminer par ICP-MS. La Référence [5] donne une description générale des éléments qui peuvent être détectés et des tailles de particules minimales qui peuvent être déterminées par spICP-MS.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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/TS 80004-1, *Nanotechnologies — Vocabulaire — Partie 1: Termes «coeur»*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO/TS 80004-1 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:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>;

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

3.1

nanoparticule

nano-objet dont les trois dimensions externes sont à l'échelle nanométrique

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, modifiée]

3.2

suspension aqueuse

suspension de particules dont la phase de suspension est composée d'eau

3.3

spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif

ICP-MS

technique d'analyse comprenant un système d'introduction d'échantillon, une source de plasma à couplage inductif pour l'ionisation des substances à analyser, une interface plasma/vide et un spectromètre de masse comprenant un système de concentration, de séparation et de détection d'ions

3.4

durée d'acquisition

durée pendant laquelle le détecteur de l'ICP-MS collecte et intègre les impulsions

Note 1 à l'article: À la suite de l'intégration, le nombre total compté par durée d'acquisition est enregistré sous la forme d'un point de données, exprimé en nombre ou nombre par seconde.

3.5

efficacité du transport

efficacité du transport de particules (standards.iteh.ai)

efficacité de la nébulisation

rapport entre le nombre de particules ou la masse de solution entrant dans le plasma et le nombre de particules ou la masse de solution aspiré(e) vers le nébuliseur

3.6

concentration numérique des particules

nombre de particules divisé par le volume d'une suspension, par exemple particules/L

3.7

concentration massique des particules

masse totale des particules divisée par le volume d'un échantillon, par exemple ng/L

3.8

distribution granulométrique numérique

liste de valeurs qui définit la quantité relative par le nombre de particules présentes en fonction de la taille

4 Abréviations

spICP-MS spectrométrie de masse à plasma induit en mode particule unique (pour la définition de l'ICP-MS, voir 3.3 l'ISO/TS 80004-6:2013, 4.22).

5 Conformité

La présente méthode est restreinte aux suspensions aqueuses de nanoparticules pures, aux extraits aqueux de matériaux ou de produits de consommation, aux condensés aqueux d'échantillons d'aliments ou de tissus, aux échantillons toxicologiques aqueux ou aux échantillons d'eau environnementale. Il convient que l'utilisateur évalue l'application de la méthode à ces échantillons. Les informations sur le traitement des échantillons non aqueux se trouvent dans la littérature. Les échantillons aqueux environnementaux sont filtrés et dilués[6], les échantillons alimentaires et toxicologiques sont digérés chimiquement ou par des enzymes et dilués[7][8]. Toutefois, pour relier les concentrations numériques

ou massiques des particules dans des suspensions aqueuses aux concentrations de l'échantillon original, des informations sur l'extraction, l'efficacité et les effets de matrice sont exigées. Une validation supplémentaire de la part de l'utilisateur est exigée.

6 Mode opératoire

6.1 Principe

Lorsque des nanoparticules sont introduites dans un système ICP-MS, elles produisent un panache d'ions à analyser. Les panaches correspondant à des nanoparticules individuelles peuvent être détectés en tant que signal de pointe dans le spectromètre de masse si une résolution temporelle élevée est utilisée. L'utilisation de durée d'acquisition ≤ 10 ms et une dilution appropriée de la suspension des nanoparticules permettent de détecter les nanoparticules individuelles, d'où le nom ICP-MS en mode «particule unique». La dilution est souvent exigée pour éviter le non-respect de la «règle de la particule unique» (c.-à-d. que plusieurs particules arrivent au détecteur pendant une durée d'acquisition). Par exemple, avec une durée d'acquisition de 3 ms, 20 000 particules au maximum peuvent être enregistrées par minute. Toutefois, pour satisfaire à la «règle de la particule unique», il convient que le nombre d'impulsions pendant le balayage temporel ne dépasse pas 1 200 par minute^[9] (à titre de préconisation, une suspension de particules d'or de 60 nm présentant une concentration massique de 200 ng/L à un débit d'entrée dans l'ICP-MS de 0,5 mL/min et une efficacité de transport de 3 % a pour résultat ce nombre d'impulsions).

6.2 Appareillage et équipement

6.2.1 Spectromètre de masse à plasma induit, capable de gérer des durées d'acquisition ≤ 10 ms.

6.2.2 Agitateur vortex

[ISO/TS 19590:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-870000000000/iso-ts-19590-2017)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/887901fd-5298-4c27-9863-870000000000/iso-ts-19590-2017)

6.2.3 Balance analytique, capable de peser à 1 mg près.

6.2.4 Bac à ultrasons

6.2.5 Verrerie de laboratoire normalisée

6.3 Produits chimiques, matériaux de référence et réactifs

6.3.1 Produits chimiques

6.3.1.1 Dodécylsulfate de sodium (SDS); $C_{12}H_{25}NaO_4S$.

6.3.1.2 Citrate de sodium; $C_6H_5Na_3O_7, 2H_2O$.

6.3.1.3 Acide nitrique, 70 %.

6.3.1.4 Eau ultrapure, eau présentant généralement une résistivité >18 $M\Omega \cdot cm^{-1}$ et <5 $\mu g/L$ de sels dissous.

6.3.1.5 Fluide de rinçage, constitué de 3 % d'acide nitrique préparé en diluant 40 mL d'acide nitrique concentré (6.3.1.3) dans 760 mL d'eau ultrapure dans un récipient en plastique de 1 L.

6.3.2 Matériaux de référence

6.3.2.1 Pour la détermination de l'efficacité du transport, un matériau de référence nanoparticulaire est utilisé, par exemple une suspension de nanoparticules d'or, de taille de particule nominale 60 nm, avec une concentration massique nominale de 50 mg/L stabilisée dans un tampon de citrate. En variante, une suspension de nanoparticules d'argent, de taille de particule nominale 60 nm, stabilisée dans un tampon de citrate, peut être utilisée si les matériaux sont suffisamment homogènes et stables^[10]. Les matériaux de référence nanoparticulaire étant utilisés uniquement pour déterminer l'efficacité du transport, disposer de la même composition chimique que la substance de nanoparticules à analyser ne constitue pas une exigence.

6.3.2.2 Pour la détermination de la taille, des solutions ioniques normalisées d'élément unique sont utilisées, c'est-à-dire des matériaux de référence certifiés destinés à être utilisés comme étalon mère principal pour la détermination quantitative d'un élément.

6.3.3 Réactifs

6.3.3.1 Étalon mère de nanoparticules d'or de taille nominale 60 nm (50 µg/L). Prélever 50 µL des nanoparticules d'or (6.3.2.1) à l'aide d'une pipette et les déposer avec 25 mL d'eau ultrapure dans une fiole jaugée en verre de 50 mL, compléter avec l'eau ultrapure jusqu'à la marque, ce qui a pour résultat une concentration massique finale de 50 µg/L. Mélanger soigneusement et conserver à température ambiante dans des fioles en verre ambré à cols vissés ou dans l'obscurité. Cet étalon intermédiaire est supposé être stable à température ambiante pendant au moins deux semaines. Cette stabilité doit être vérifiée. Avant l'utilisation, placer l'étalon dans un bac à ultrasons pendant 10 min.

NOTE Recalculer pour les suspensions d'étalon de particules présentant des compositions ou des concentrations différentes.

6.3.3.2 Étalon de travail de nanoparticules d'or de taille nominale 60 nm (50 ng/L). Prélever 50 µL de l'étalon mère (6.3.3.1) à l'aide d'une pipette et les déposer avec 25 mL d'eau ultrapure dans une fiole jaugée en verre de 50 mL, compléter avec l'eau ultrapure jusqu'à la marque, ce qui a pour résultat une concentration massique finale de 50 ng/L. Mélanger soigneusement et conserver à température ambiante dans des fioles en verre ambré à cols vissés. Bien que cet étalon soit stable pendant plusieurs jours, il est préparé quotidiennement.

6.3.3.3 Étalons mère de solutions ioniques de la composition élémentaire de la particule (100 µg/L). Si l'on suppose que la solution ionique normalisée (6.3.2.2) présente une concentration de 100 mg/L, prélever 50 µL de l'étalon à l'aide d'une pipette avec 25 mL d'eau ultrapure dans une fiole jaugée en verre de 50 mL et remplir d'eau ultrapure jusqu'à la marque, ce qui a pour résultat une concentration de 100 µg/L. Mélanger soigneusement et conserver cet étalon intermédiaire à température ambiante dans des fioles en verre ambré à cols vissés. Protégé de la lumière, cet étalon intermédiaire est supposé être stable à température ambiante pendant au moins deux semaines. Cette stabilité doit être vérifiée.

NOTE Recalculer pour les suspensions ioniques normalisées présentant des concentrations différentes.

6.3.3.4 Étalons de travail de solutions ioniques de la composition élémentaire de la nanoparticule à analyser (une plage comprise entre 0,2 µg/L et 5,0 µg/L peut être utilisée comme point de départ). Conformément au [Tableau 1](#), prélever à l'aide d'une pipette les volumes de l'étalon mère (6.3.3.3) et les déposer dans environ 25 mL d'eau ultrapure dans une fiole jaugée en verre de 50 mL et remplir d'eau ultrapure jusqu'à la marque. Mélanger soigneusement. Une courbe d'étalonnage est construite à partir des étalons de travail résultants du [Tableau 1](#). Conserver les étalons de travail à température ambiante

dans des flacons en verre. Protégés de la lumière, ces étalons intermédiaires sont stables à température ambiante pour la période indiquée au [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Volumes de préparation des étalons de travail de la solution ionique mère

Volume de l'étalon mère (6.3.3.3) dilué dans 50 mL d'eau ultrapure en mL	Concentration ionique de l'étalon de travail (6.3.3.4) en µg/L	Stabilité de l'étalon de travail ionique dans le verre
2,5	5,0	2 semaines
1,0	2,0	2 semaines
0,50	1,0	2 semaines
0,25	0,5	1 semaine
0,10	0,2	1 semaine

6.4 Échantillons

6.4.1 Quantité d'échantillon

Le volume minimal d'échantillon exigé dépend de l'instrument d'ICP-MS utilisé, mais un volume de 5 mL est généralement suffisant.

6.4.2 Dilution de l'échantillon

De manière générale, le nombre d'impulsions détectées dans un balayage temporel ne doit pas dépasser un nombre maximal d'impulsions basé sur la durée d'acquisition (6.1). Pour les réglages instrumentaux utilisés pour ce mode opératoire (6.5.1), une concentration numérique des particules dans la plage comprise entre 2×10^6 particules/L et 2×10^8 particules/L donne des données de mesurage utiles. Le [Tableau 2](#) donne les concentrations massiques correspondantes pour différents types et tailles de particules comme préconisations.

Tableau 2 — Plages de concentration massique de différents types de nanoparticules à des concentrations numériques comprises entre 2×10^6 particules/L et 2×10^8 particules/L

Composition de la particule	Taille de particule nominale (diamètre équivalent sphérique)		
	30 nm	60 nm	100 nm
Or (Au)	1 ng/L à 100 ng/L	5 ng/L à 500 ng/L	20 ng/L à 2 000 ng/L
Argent (Ag)	0,5 ng/L à 50 ng/L	2 ng/L à 200 ng/L	10 ng/L à 1 000 ng/L
Oxyde de cérium (CeO ₂)			
Dioxyde de titane (TiO ₂)			
Oxyde de fer (Fe ₂ O ₃)	0,2 ng/L à 20 ng/L	1 ng/L à 100 ng/L	5 ng/L à 500 ng/L
Oxyde de zinc (ZnO)			

Lorsqu'aucune information n'est disponible sur la concentration de nanoparticules dans un échantillon ou une suspension aqueuse, une dilution de 10 000 fois est recommandée comme point de départ. Sur la base du nombre d'impulsions observé lors de l'analyse de l'échantillon dilué, la dilution peut ensuite être adaptée. Les dilutions ont lieu dans de l'eau ultrapure ou, si une stabilisation est exigée, dans 5 mM de citrate de sodium ou de dodécylsulfate de sodium (SDS) dans de l'eau ultrapure.

6.5 Réglages instrumentaux et contrôle de performance

6.5.1 Réglages du système ICP-MS

La configuration de l'instrument de spICP-MS n'est pas différente de celle de l'ICP-MS de base. Par conséquent, les réglages instrumentaux optimaux tels qu'établis par le fournisseur sont utilisés.