

NORME
INTERNATIONALE

ISO
23655-2

Première édition
2022-09

**Qualité de l'eau — Nickel-59 et
nickel-63 —**

**Partie 2:
Méthode d'essai par ICP-MS**

Water quality — Nickel-59 and nickel-63 —

Part 2: Test method using ICP-MS

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 23655-2:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/803fd8b8-53a5-4a0a-8709-091ec7e933e5/iso-23655-2-2022>



Numéro de référence
ISO 23655-2:2022(F)

© ISO 2022

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 23655-2:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/803fd8b8-53a5-4a0a-8709-091ec7e933e5/iso-23655-2-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

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
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	2
3.1 Termes et définitions	2
3.2 Symboles	2
4 Principe	4
5 Réactifs	4
5.1 Solutions étalons	5
5.1.1 Étalons de ⁵⁹ Ni et ⁶³ Ni	5
5.1.2 Étalons de nickel stable	5
5.2 Entraîneur de rétention	5
5.3 Eau	5
5.4 Réactifs spécifiques pour la séparation chimique	5
6 Équipement	6
6.1 Équipement de laboratoire pour évaporation directe	6
6.2 Flacons pour spectrométrie de masse	6
6.3 Équipement de mesure: Spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif	6
7 Échantillonnage	6
8 Mise en place et étalonnage du spectromètre ICP-MS	6
8.1 Bruit de fond	6
8.2 Étalonnage	7
8.3 Biais de masse	7
8.4 Signal de bruit de fond	8
9 Mode opératoire	8
9.1 Préliminaire	8
9.1.1 Teneur en éléments interférents stables ^[12]	8
9.1.2 Séparation du fer et du nickel	8
9.2 Préparation de la solution de mesurage du nickel	9
10 Contrôle de la qualité	9
11 Expression des résultats	9
11.1 Rendement en nickel	9
11.2 Calcul de l'activité du ⁵⁹ Ni	10
11.3 Calcul de l'activité du ⁶³ Ni	10
11.4 Incertitudes et limites caractéristiques ^[14]	11
11.4.1 Mesurages du ⁵⁹ Ni	11
11.4.2 Mesurages du ⁶³ Ni	11
12 Rapport d'essai	12
Annexe A (normative) Séparation et purification du nickel	14
Bibliographie	16

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 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).

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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 147, *Qualité de l'eau*, sous-comité SC 3, *Mesurages de la radioactivité*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 23655 se trouve sur le site web de l'ISO.

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.

Introduction

La radioactivité provenant de diverses sources naturelles et anthropogènes est présente partout dans l'environnement. Par conséquent, les masses d'eau (par exemple, eaux de surface, eaux souterraines, eaux de mer) peuvent contenir des radionucléides d'origine naturelle ou artificielle (c'est-à-dire engendrée par l'homme), ou les deux:

- les radionucléides naturels, y compris ^{40}K , ^3H , ^{14}C , et ceux provenant des chaînes de désintégration du thorium et de l'uranium, notamment ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{234}U , ^{238}U , ^{210}Po et ^{210}Pb , peuvent se trouver dans l'eau pour des raisons naturelles (par exemple, désorption par le sol et lessivage par les eaux pluviales), ou ils peuvent être libérés par des processus technologiques impliquant des matériaux radioactifs existant à l'état naturel (par exemple, extraction minière et traitement de sables minéraux ou production et utilisation d'engrais phosphatés);
- les radionucléides engendrés par l'activité humaine, tels que les éléments transuraniens (américium, plutonium, neptunium, curium), le ^3H , le ^{14}C , le ^{90}Sr et certains radionucléides émetteurs gamma peuvent également être présents dans les eaux naturelles. De petites quantités de ces radionucléides sont déversées dans l'environnement par les installations concernant le cycle du combustible nucléaire en conséquence de leur libération périodique autorisée. Certains de ces radionucléides utilisés dans le cadre d'applications médicales et industrielles sont également libérés dans l'environnement après usage. Les radionucléides anthropogènes peuvent également se trouver dans les eaux du fait de contaminations par retombées d'éléments radioactifs rejetés dans l'atmosphère lors de l'explosion de dispositifs nucléaires ou lors d'accidents nucléaires, tels que ceux de Tchernobyl et de Fukushima.

L'activité volumique des radionucléides dans les masses d'eau est variable en fonction des caractéristiques géologiques et des conditions climatiques locales, et peut être renforcée localement et dans le temps par les rejets d'installations nucléaires dans des situations d'exposition planifiée, d'exposition d'urgence et d'exposition existante^[1]. L'eau potable peut alors contenir des radionucléides à des valeurs d'activité volumique représentant potentiellement un risque sanitaire pour l'homme.

Les radionucléides présents dans les effluents liquides sont habituellement contrôlés avant d'être déversés dans l'environnement^[2] et les masses d'eau. La radioactivité des eaux potables est surveillée conformément aux recommandations de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS)^[3], de manière que des actions appropriées puissent être conduites pour garantir l'absence d'effets indésirables sur la santé du public. Conformément à ces recommandations internationales, les législations nationales spécifient généralement des limites de concentration en radionucléides autorisées pour les effluents liquides déversés dans l'environnement ainsi que des limites indicatives concernant les teneurs en radionucléides dans les masses d'eau et les eaux potables dans les situations d'exposition planifiées, existantes et d'urgence. La conformité à ces limites peut être évaluée à partir des résultats de mesure et des incertitudes qui y sont associées, comme spécifié par le Guide 98-3 de l'ISO/IEC^[4] et l'ISO 5667-20^[5].

NOTE 1 La limite indicative (LI) correspond à l'activité volumique pour une consommation de 2 l·d⁻¹ d'eau potable pendant un an, aboutissant à une dose effective de 0,1 mSv·a⁻¹ pour un individu moyen. Cette dose effective présente un niveau de risque très faible qui ne devrait pas entraîner d'effets indésirables pour la santé détectables^[3].

NOTE 2 Les LIs du Codex s'appliquent aux radionucléides contenus dans des denrées alimentaires destinées à la consommation humaine et faisant l'objet d'un commerce international, qui ont été contaminées à la suite d'une urgence nucléaire ou radiologique. Ces limites indicatives s'appliquent aux aliments après reconstitution ou tels que préparés pour la consommation, c'est-à-dire des aliments non séchés ou concentrés, et sont fondées sur un niveau d'exemption d'intervention de 1 mSv en un an pour un individu moyen (nourrisson et adulte)^[6].

Ainsi, la méthode d'essai peut être adaptée de façon que les limites caractéristiques, le seuil de décision, la limite de détection et les incertitudes garantissent qu'il est possible de vérifier que les résultats d'essai relatifs à l'activité volumique des radionucléides sont inférieurs aux limites indicatives requises par une autorité nationale soit pour des situations existantes/planifiées, soit pour une situation d'urgence^[6],^[7].

En général, il est possible d'ajuster les méthodes d'essai pour mesurer l'activité volumique du ou des radionucléides, soit dans les eaux usées avant stockage, soit dans les effluents liquides avant qu'ils

ne soient déversés dans l'environnement. Les résultats d'essai permettront à l'opérateur de l'usine/ de l'installation de vérifier que les concentrations d'activité radioactive des eaux usées/des effluents liquides ne dépassent pas les limites autorisées, avant que ceux-ci ne soient rejetés.

La ou les méthodes d'essai décrites dans le présent document peuvent être utilisées dans des situations d'exposition planifiées, existantes et d'urgence ainsi que pour les eaux usées et les effluents liquides, avec des modifications spécifiques qui peuvent augmenter l'incertitude globale, la limite de détection et le seuil de décision.

La ou les méthodes d'essai peuvent être utilisées pour des échantillons d'eau après un échantillonnage, une manipulation et une préparation de l'échantillon pour essai adaptés (voir la partie pertinente de la série de normes ISO 5667).

Le présent document a été élaboré pour répondre aux besoins des laboratoires d'essai effectuant ces mesurages, parfois requis par les autorités nationales, car les laboratoires peuvent être dans l'obligation d'obtenir une accréditation spécifique pour le mesurage de radionucléides dans des échantillons d'eau potable.

Le présent document fait partie d'un ensemble de Normes internationales relatives aux méthodes d'essai qui traitent du mesurage de l'activité volumique des radionucléides dans des échantillons d'eau.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 23655-2:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/803fd8b8-53a5-4a0a-8709-091ec7e933e5/iso-23655-2-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/803fd8b8-53a5-4a0a-8709-091ec7e933e5/iso-23655-2-2022>

Qualité de l'eau — Nickel-59 et nickel-63 —

Partie 2: Méthode d'essai par ICP-MS

AVERTISSEMENT — Il convient que l'utilisateur du présent document connaisse bien les pratiques courantes de laboratoire. Le présent document n'a pas pour but de traiter tous les problèmes de sécurité qui sont, le cas échéant, liés à son utilisation. Il incombe à l'utilisateur d'établir des pratiques appropriées en matière de santé et de sécurité et de déterminer l'applicabilité de toute autre restriction éventuelle.

IMPORTANT — Il est absolument essentiel que les essais réalisés conformément au présent document soient effectués par du personnel qualifié.

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie la détermination de l'activité volumique du nickel-59 et du nickel-63 (^{59}Ni et ^{63}Ni) dans des échantillons de tous types d'eau, par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS).

Avec les spectromètres ICP-MS actuellement disponibles, cette méthode d'essai peut mesurer des activités volumiques de $300 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ pour le ^{59}Ni et des activités volumiques de $200 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ pour le ^{63}Ni . Ces valeurs peuvent être obtenues avec un volume d'échantillon de 1,0 l. Des activités volumiques supérieures peuvent être mesurées soit en diluant l'échantillon, soit en utilisant des aliquotes plus petites, soit les deux.

NOTE Ces indicateurs de performance dépendent entièrement des régimes de mesure de chaque laboratoire; plus particulièrement, la limite de détection est influencée par la quantité de nickel stable présent.

Le domaine d'application dépend de la quantité de matière dissoute dans l'eau et des caractéristiques de performance de l'équipement de mesure (taux de comptage du bruit de fond et rendement de comptage).

Il incombe au laboratoire de s'assurer de la pertinence de la présente méthode d'essai pour les échantillons d'eau soumis à essai.

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 3696, *Eau pour laboratoire à usage analytique — Spécification et méthodes d'essai*

ISO 5667-1, *Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 1: Recommandations relatives à la conception des programmes et des techniques d'échantillonnage*

ISO 5667-3, *Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 3: Conservation et manipulation des échantillons d'eau*

ISO 11885, *Qualité de l'eau — Dosage d'éléments choisis par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES)*

ISO 15586, *Qualité de l'eau — Dosage des éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

ISO 17294-2, *Qualité de l'eau — Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) — Partie 2: Dosage des éléments sélectionnés y compris les isotopes d'uranium*

ISO 80000-10, *Grandeurs et unités — Partie 10: Physique atomique et nucléaire*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 80000-10 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/>

3.2 Symboles

Les symboles utilisés dans le présent document sont expliqués dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Symboles et unités

Symbole	Description	Unité
b_{59}	Biais de masse pour ^{59}Ni (par rapport au ^{58}Ni)	—
b_{63}	Biais de masse pour ^{63}Ni (par rapport au ^{63}Ni)	—
c	Concentration	$\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$
$C_{A,59\text{Ni}}$	Activité volumique de ^{59}Ni	$\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$
$C_{A,63\text{Ni}}$	Activité volumique de ^{63}Ni	$\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$
$C_{S,59\text{Ni}}$	Activité volumique de la solution d'étalonnage du ^{59}Ni	$\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$
$C_{S,63\text{Ni}}$	Activité volumique de la solution d'étalonnage du ^{63}Ni	$\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$
$C_{c,\text{Ni}}$	Concentration en masse d'entraîneur de nickel stable	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
$C_{m,\text{Ni}}$	Concentration en masse du nickel stable dans la solution de mesurage	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
$C_{y,\text{Ni}}$	Concentration en masse du nickel stable dans la solution obtenue	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
$C_{g,\text{Ni}}$	Concentration en masse de nickel stable dans l'échantillon	$\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
$\varepsilon_{59\text{Ni}}$	Réponse du spectromètre ICP-MS au ^{59}Ni à $\frac{m}{z} = 59$	$\text{s}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$
$\varepsilon_{63\text{Ni}}$	Réponse du spectromètre ICP-MS au ^{63}Ni à $\frac{m}{z} = 63$	$\text{s}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$
I_{58}	Abondance isotopique du ^{58}Ni : 0,680 77 (abondance isotopique naturelle par hypothèse)	—
k	Facteur d'élargissement associé	—
L_A	Constante d'Avogadro: $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ atomes par mole (définie comme une grandeur exacte, avec une incertitude égale à zéro)	mol^{-1}
L_D	Limite de détection	—
L_Q	Limite de quantification	—
m	Masse d'un ion	—
$m_{a,59\text{Ni}}$	Masse atomique du ^{59}Ni 58,934 346 7	$\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
$m_{a,63\text{Ni}}$	Masse atomique du ^{63}Ni 62,929 669 4	$\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Tableau 1 (suite)

Symbole	Description	Unité
$m_{c, Ni}$	Masse d'entraîneur de nickel stable utilisé	g
$m_{s, 59Ni}$	Masse de la solution d'étalonnage du ^{59}Ni utilisée	g
$m_{s, 63Ni}$	Masse de la solution d'étalonnage du ^{63}Ni utilisée	g
$m_{Ni, 1}$	Masse de la solution de mesure	g
$m_{Ni, 2}$	Masse de la solution de mesure utilisée pour le mesure du rendement en nickel	g
$m_{Ni, 3}$	Masse de la solution de rendement en nickel	g
$m_{r, Ni}$	Masse de nickel récupérée	g
$m_{t, Ni}$	Quantité totale de nickel récupérée	g
$p_{b, 58}$	Signal du blanc à $\frac{m}{z} = 58$	s^{-1}
$p_{b, 59}$	Signal du blanc à $\frac{m}{z} = 59$	s^{-1}
$p_{b, 63}$	Signal du blanc à $\frac{m}{z} = 63$	s^{-1}
$r_{s, 58Ni}$	Taux de comptage brut de la solution stable de nickel $\frac{m}{z} = 58$	s^{-1}
$r_{s, 59Ni}$	Taux de comptage brut de la source de ^{59}Ni à $\frac{m}{z} = 59$	s^{-1}
$r_{s, 63Ni}$	Taux de comptage brut de la source de ^{63}Ni à $\frac{m}{z} = 63$	s^{-1}
r_{59}	Taux de comptage brut de la solution de mesure à $\frac{m}{z} = 59$	s^{-1}
r_{63}	Taux de comptage brut de la solution de mesure à $\frac{m}{z} = 63$	s^{-1}
$r_{net, 59}$	Taux de comptage net de la solution de mesure à $\frac{m}{z} = 59$	s^{-1}
$r_{net, 63}$	Taux de comptage net de la solution de mesure à $\frac{m}{z} = 63$	s^{-1}
$r_{net, 0, 59}$	Taux de comptage net de la solution de l'échantillon à blanc à $\frac{m}{z} = 59$	s^{-1}
$r_{net, 0, 63}$	Taux de comptage net de la solution de l'échantillon à blanc à $\frac{m}{z} = 63$	s^{-1}
R_{Ni}	Rendement en nickel	—
$S_{r0, 59}$	Écart-type du mesure d'un blanc $\frac{m}{z} = 59$	s^{-1}
$S_{r0, 63}$	Écart-type du mesure d'un blanc $\frac{m}{z} = 63$	s^{-1}
$S_{r0, 59, 10}$	Écart-type du mesure de 10 prises d'essai d'un échantillon à blanc à $\frac{m}{z} = 59$	s^{-1}
$S_{r0, 63, 10}$	Écart-type du mesure de 10 prises d'essai d'un échantillon à blanc à $\frac{m}{z} = 63$	s^{-1}
$T_{59, Ni}$	Demi-vie radioactive du ^{59}Ni	s
$T_{63, Ni}$	Demi-vie radioactive du ^{63}Ni	s
u	Incertitude non élargie	—
U	Incertitude élargie	—

Tableau 1 (suite)

Symbole	Description	Unité
u_{rel}	Incertitude relative NOTE $u_{\text{rel}}(x) = u(x)/x$.	—
V_{g}	Volume d'échantillon	l
$w_{\text{net},59}$	Réponse nette d'un système ICP-MS à une concentration en masse de ^{59}Ni définie	s^{-1}
$w_{\text{net},63}$	Réponse nette d'un système ICP-MS à une concentration en masse de ^{63}Ni définie	s^{-1}
w_{59}	Réponse globale d'un système ICP-MS à une concentration en masse de ^{59}Ni définie	s^{-1}
z	Charge électrique d'un ion	—

4 Principe

Le ^{59}Ni est un radionucléide anthropogène qui se désintègre en ^{59}Co par capture électronique, avec l'émission associée de rayonnements X du cobalt (K- et L-), aux énergies de 6,9 keV et 7,7 keV et une demi-vie de $(76\,000 \pm 5\,000)$ années[8]. Le ^{59}Ni est généré par capture neutronique de ^{58}Ni .

Le ^{63}Ni est un radionucléide anthropogène qui se désintègre en ^{63}Cu par émission de particules bêta avec une énergie bêta maximale de 67,0 keV et une demi-vie de $(98,7 \pm 2,4)$ années[9]. Le nickel 63 est généré par capture neutronique de ^{62}Ni .

Le nickel naturel fraîchement irradié peut présenter un rapport de masse $^{59}\text{Ni}/^{63}\text{Ni}$ d'environ 6,9, celui-ci passe à environ 7,7 après 20 ans, à environ 9,2 après 50 ans et à environ 14 après 100 ans. Toutefois, ces valeurs sont très dépendantes de l'historique d'irradiation et de tout traitement subséquent de la matière faisant l'objet du mesurage.

Les nickels ^{59}Ni et ^{63}Ni sont séparés à partir d'une aliquote de la matrice d'échantillon par précipitation, par chromatographie d'extraction ou par chromatographie d'échange d'ions, et leurs concentrations sont mesurées séparément par ICP-MS par rapport à des solutions d'étalonnage de ^{59}Ni et ^{63}Ni appropriées[10].

Pour les échantillons à forte activité volumique, une dilution de l'échantillon est nécessaire pour éviter respectivement la saturation de la résine et la saturation du spectromètre de masse pendant les étapes de séparation et de comptage.

La matière en suspension est retirée avant l'analyse par filtration à l'aide de filtres de 0,45 μm . L'analyse de la fraction insoluble requiert une étape de minéralisation non couverte par ce document.

NOTE Une étape de minéralisation appropriée est spécifiée dans l'ISO 18589-2[11].

Il est nécessaire de connaître la concentration en nickel stable dans l'échantillon afin de déterminer la masse des entraîneurs de fer et de nickel à ajouter et de calculer le rendement chimique pour la séparation du ^{59}Ni et du ^{63}Ni .

Lorsque les matières en suspension sont importantes, une étape de filtration est requise et les activités de ^{59}Ni et ^{63}Ni peuvent également être déterminées dans le dépôt du filtre.

5 Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique reconnue.

5.1 Solutions étalons

5.1.1 Étalons de ^{59}Ni et ^{63}Ni

Il convient de prévoir des étalons dont la conformité aux étalons de mesure nationaux ou internationaux peut être tracée et qui peuvent être obtenus auprès d'un certain nombre de fournisseurs commerciaux et d'instituts de mesure nationaux.

5.1.2 Étalons de nickel stable

Ceux-ci peuvent être obtenus auprès d'un certain nombre de fournisseurs commerciaux à différentes concentrations.

5.2 Entraîneur de rétention

Préparer une solution mélangée d'antimoine, de césium, de calcium, de cérium, de chrome, de cobalt, de fer, de manganèse, de ruthénium, d'argent, de strontium et de zinc, contenant environ 10 mg g^{-1} de chaque élément. Il n'est pas nécessaire d'étalonner cette solution.

5.3 Eau

Eau conforme à la qualité 3 de l'ISO 3696.

5.4 Réactifs spécifiques pour la séparation chimique

5.4.1 Solution de citrate d'ammonium, $c_{\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7} = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$

Dissoudre 22,62 g de citrate d'ammonium dans 80 ml d'eau et diluer à 100 ml avec de l'eau (5.3).

5.4.2 Solution de citrate d'ammonium, $c_{\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7} = 0,2 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$

Dissoudre 4,52 g de citrate d'ammonium dans 80 ml d'eau et diluer à 100 ml avec de l'eau (5.3).

5.4.3 Solution d'hydroxyde d'ammonium, $c_{\text{NH}_4\text{OH}} = 6 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$

Diluer 500 ml de solution d'ammoniaque concentrée à 1 l avec de l'eau (5.3).

5.4.4 Solution de diméthylglyoxime, 1 %, $c_{\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2} = 0,086 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$

Dissoudre 1 g de diméthylglyoxime ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$) dans 100 ml d'éthanol.

5.4.5 Solution d'acide chlorhydrique, $c_{\text{HCl}} = 6 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$

Diluer 500 ml d'acide chlorhydrique concentré à 1 l avec de l'eau (5.3).

5.4.6 Solution d'acide chlorhydrique, $c_{\text{HCl}} = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$

Diluer 83 ml d'acide chlorhydrique concentré à 1 l avec de l'eau (5.3).

5.4.7 Solution de chlorure de fer, $c_{\text{FeCl}_3} = 0,02 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$

Dissoudre 0,54 g de chlorure de fer(III) hexahydraté dans 100 ml d'acide chlorhydrique à $0,01 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ (5.4.6).

5.4.8 Solution d'acide nitrique, $c_{\text{HNO}_3} = 16 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$

Utiliser une solution d'acide nitrique concentré.