

Guide pour la mise au point des méthodes de prélèvement et d'analyse des polluants inorganiques dans l'air des lieux de travail

Introduction

Ce guide décrit un protocole pour la mise au point et la validation des méthodes de prélèvement et d'analyse de substances inorganiques sous forme de gaz, vapeurs ou particules qui est utilisé pour les méthodes MétroPol et qui peut être appliqué par tout laboratoire souhaitant mettre au point ses propres méthodes. Il est conforme aux exigences normatives sur le sujet.

Objectifs	3
Domaine d'application	3
Exigences et méthodes d'essais	3
Pompes de prélèvement.....	4
Sélection de la technique analytique.....	4
Sélection du support de collecte.....	5
<i>Mesure de la perte de charge (cas des gaz et vapeurs)</i>	<i>5</i>
<i>Préparation:.....</i>	<i>6</i>
<i>Validation de la technique analytique.....</i>	<i>6</i>
<i>Répétabilité analytique</i>	<i>6</i>
<i>Limite de détection instrumentale (LDi).....</i>	<i>6</i>
<i>Limite de quantification analytique (LQ) ou limite de quantification de la méthode (LQ_m)</i>	<i>6</i>
<i>Réponse de la méthode.....</i>	<i>7</i>
<i>Rendement (ou taux de récupération)</i>	<i>7</i>
<i>Cas des gaz et vapeurs.....</i>	<i>7</i>
<i>Cas des composés solubles.....</i>	<i>8</i>
<i>Cas des particules avec mise en solution.....</i>	<i>8</i>
<i>Calculs et exigences pour les rendements (ou taux) de récupération.....</i>	<i>9</i>
<i>Vérification de l'efficacité de piégeage pour la substance à mesurer (cas des gaz et vapeurs).....</i>	<i>10</i>
<i>Conservation après prélèvement</i>	<i>10</i>
<i>Domaine d'application de la méthode</i>	<i>11</i>
<i>Calcul de l'incertitude élargie</i>	<i>12</i>
<i>Rapport de mise au point.....</i>	<i>12</i>
<i>Résumé des paramètres/objectifs.....</i>	<i>13</i>
Bibliographie.....	13
Auteurs.....	14
Historique.....	14
Annexe 1	15
<i>Protocole d'essais.....</i>	<i>15</i>
<i>Préparation des supports.....</i>	<i>15</i>
<i>Analyse.....</i>	<i>16</i>
<i>Résultats.....</i>	<i>17</i>

OBJECTIFS

Ce protocole répond à plusieurs objectifs :

- ▶ permettre à tout laboratoire d'effectuer lui-même la mise au point d'une méthode, dans le respect des procédures normalisées, selon des critères communs, bien définis et validés ;
- ▶ informer les utilisateurs des méthodes MétroPol des conditions dans lesquelles elles ont été mises au point, à charge pour eux de la valider dans les conditions réelles de mesurage ;
- ▶ donner au préleveur les éléments lui permettant d'élaborer sa stratégie expérimentale, en fonction des paramètres d'exposition ;
- ▶ assurer la validation des méthodes publiées dans le recueil MétroPol pour qu'elles soient mieux exportables et choisies comme méthodes de référence dans le cadre de la métrologie adaptée aux VLEP, au niveau national ou européen

DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document est applicable au mesurage des polluants inorganiques dans l'air des lieux de travail. Le prélèvement est effectué par pompage de l'air au travers d'un dispositif constitué d'un support de collecte sur lequel le polluant est retenu. Après mise en solution, l'analyse quantitative du polluant est réalisée, la plupart du temps, par chromatographie ionique, ICP/OES, ICP/MS, SAA vapeur froide....

Un grand nombre de paramètres sont susceptibles d'interférer à la fois avec le prélèvement et l'analyse : la présence de co-polluants, la température, le degré hygrométrique de l'air prélevé, la concentration du polluant lui-même etc...Les effets de ces facteurs ne sont pas toujours additifs et des interactions peuvent également exister. Une réelle anticipation des conditions de terrain lors des mises au point en laboratoire est impossible et l'étude exhaustive de tous les facteurs apparaîtrait vite complexe et longue à mettre en œuvre, nécessitant l'utilisation d'un système dynamique pour générer une atmosphère de concentration connue de la substance d'essai dans l'air. Une mise au point est donc la plupart du temps effectuée pour une seule substance chimique et chaque méthode doit être vérifiée pour l'étude des expositions réelles, en particulier dans les cas d'atmosphères complexes, de très faibles niveaux de concentration, d'hygrométrie ou de température extrême

Dans le document ci-après,

- **le dispositif de prélèvement** désigne un dispositif conçu pour collecter les gaz, vapeurs et/ou particules en suspension dans l'air sur un substrat permettant de séparer les agents chimiques et/ou biologiques de l'air qui les renferme. Le dispositif peut être constitué par exemple d'un tube (ou d'une cartouche) rempli d'adsorbant ou d'un tronçon de mousse polyuréthane, d'une cassette contenant un filtre ou encore d'un ensemble associant un tube et un filtre en cassette.
- **le support de collecte** désigne le substrat, matériau adsorbant ou le filtre, sur lequel sont collectés les agents chimiques et/ou biologiques en suspension dans l'air en vue d'une analyse ultérieure.

EXIGENCES ET METHODES D'ESSAIS

La méthode d'essais et ses exigences sont fonction des dispositifs de prélèvement utilisés.

Trois types de dispositifs peuvent être utilisés :

- a. Les dispositifs de type A (définis dans la norme NF EN ISO 22065 : 2020) ont recours à l'adsorption sur un

solide ou sur un support imprégné de réactif, à la désorption avec un solvant, puis à l'analyse du désorbat (vapeurs de Hg, NH₃...)

- b. Les dispositifs de prélèvement pour les particules en suspension dans l'air sont conçus pour recueillir une fraction granulométrique appropriée de ces particules (définie dans la norme NF EN 481) selon la ou les fractions applicables aux limites d'exposition.
- c. Les dispositifs de prélèvement pour les mélanges de phase lorsqu'un agent chimique peut être présent dans l'air sous forme particulaire et gazeuse (par exemple HF, HCl, HNO₃, Hg...).

Les essais à mener lors d'une mise au point visent alors à déterminer :

- les paramètres du prélèvement,
- les conditions de l'analyse instrumentale et ses caractéristiques (répétabilité, limite de détection, limite de quantification ...),
- le rendement de récupération de la substance pour un support de collecte donné,
- dans le cas de l'utilisation de dispositifs de type A, la capacité du support de collecte à piéger une quantité de substance donnée et à la retenir sur une période de référence (15 minutes ou 8 heures),
- les conditions et le rendement de conservation de la substance dans le dispositif de prélèvement ou sur le support de collecte,
- les données de fidélité analytique (reproductibilité) et l'incertitude élargie.

Nota : Si, pour une substance particulière, une modification de la VLEP devait être arrêtée par le pouvoir législatif, ou si le dispositif de prélèvement ne devait plus être adapté aux situations industrielles à contrôler, la validation de la méthode proposée devrait être complétée après sa publication par des essais dont la nature et le nombre seraient à considérer au cas par cas. Par exemple : extension du domaine de validation de la méthode pour des quantités plus faibles, vérification de la capacité du support de collecte pour permettre des prélèvements sur des plages de support plus petites, vérification de la capacité du dispositif de prélèvement sur 8 heures, etc...

Dans les **cas où seule une VLEP-courte durée (ou VLEP-CT) existe**, les essais décrits dans le guide sont à réaliser pour une période de référence de 15 minutes

POMPES DE PRELEVEMENT

Pour le prélèvement de particules en suspension dans l'air, les dispositifs de prélèvement seront choisis pour réaliser les prélèvements des fractions granulométriques appropriées (fraction inhalable, thoracique ou alvéolaire).

Les pompes de prélèvement utilisées, aussi bien pour les essais de mise au point en laboratoire décrits ci-après que lors des mesurages sur les lieux de travail, devront satisfaire aux dispositions de la norme NF EN 1232. Toute caractéristique supplémentaire requise concernant les pompes de prélèvement sera définie dans le rapport de mise au point, établi sous la forme par exemple d'une fiche MétroPol publiée.

SELECTION DE LA TECHNIQUE ANALYTIQUE

La recherche bibliographique, la connaissance des propriétés physico-chimiques de la substance à analyser et de sa mise en solution ainsi que l'expérience du laboratoire permettent de définir les éléments suivants les plus adaptés :

- ◆ la/les techniques d'analyse à utiliser
- ◆ les conditions analytiques,
- ◆ éventuellement, l'étalon interne.

SELECTION DU SUPPORT DE COLLECTE

En l'absence d'indications précises dans la littérature, tester systématiquement et simultanément plusieurs types de supports :

- ◆ un filtre ou une membrane,
- ◆ éventuellement un support imprégné,
- ◆ le charbon actif ou un adsorbant plus spécifique.
 - ▶ Préparer les dispositifs avec le support à tester.
 - ▶ Déposer des quantités connues de la substance chimique pour laquelle la méthode doit être validée (génération d'atmosphère contrôlée, dépôt de particules en suspension liquide, dépôt d'une solution,...)
 - ▶ Préparer la solution d'essai à partir des dispositifs dopés (désorption, extraction, minéralisation,...)
 - ▶ Réaliser l'analyse à l'aide d'une technique adaptée.
 - ▶ Contrôler qu'aucune interférence ne gêne l'analyse

La valeur des blancs de laboratoire (cf. définition dans NF EN 1540:2021) pourra également être prise en compte pour le type de support choisi, soit en adoptant la valeur fournie par le fabricant du dispositif de prélèvement, soit en vérifiant cette valeur sur chaque lot de supports/dispositifs.

Dans ce cas, déterminer le blanc sur 6 supports de collecte/dispositifs de prélèvement inutilisés et calculer la moyenne et l'écart-type.

Exigences pour les gaz et vapeurs:

La valeur du blanc de laboratoire doit être inférieure à un dixième de la masse calculée recueillie par le dispositif de prélèvement pendant la durée de prélèvement recommandée, au débit d'air recommandé et à la concentration de :

0,1 VLEP pour les substances avec une valeur limite VLEP 8h,

0,5 VLEP pour les substances avec une valeur limite VLEP-CT,

Exigences pour les métaux et métalloïdes sur filtres en fibres de quartz :

S'assurer de l'homogénéité des lots de filtres utilisés.

MESURE DE LA PERTE DE CHARGE (CAS DES GAZ ET VAPEURS)

L'état des connaissances sur le dispositif choisi et sur la substance permettra d'orienter le choix du débit de prélèvement.

Préparation:

Préparer au moins 20 dispositifs de prélèvement. Chaque dispositif est testé sur un banc de contrôle équipé d'un calibre de pompes de prélèvement avec débitmètre indicatif de perte de charge.

Les essais de perte de charge sont réalisés au débit maximal recommandé.

Exigences :

Les résultats obtenus doivent répondre aux exigences de la norme NF EN ISO 22065 rappelées ci-dessous.

La perte de charge introduite par un prélèvement au débit préconisé, vérifiée sur au moins 20 dispositifs, ne doit pas dépasser 10 kPa* pour 95% d'entre eux.

** Nota : l'unité de pression usuellement utilisée pour les faibles pertes de charge est le pouce d'eau (") avec 10 kPa = 40 pouces d'eau (40").*

VALIDATION DE LA TECHNIQUE ANALYTIQUE

Répétabilité analytique

S'assurer que l'écart-type de répétabilité analytique déterminée sur au moins 6 dosages d'une même solution, est inférieure à 5% (ou 10 % si l'analyse comprend une étape de dérivation pré- ou post-injection). Cette répétabilité analytique peut également être déterminée sur au moins 6 blancs de laboratoire, dopés et analysés tels que décrit dans le paragraphe 2.6, en calculant le coefficient de variation.

Surveiller une dérive éventuelle de l'instrument et procéder au réétalonnage si nécessaire.

Limite de détection instrumentale (LDi)

A déterminer selon la technique habituelle du laboratoire, en précisant cette technique (par exemple, 3 fois la concentration équivalente au bruit de fond mesuré lors de l'analyse d'une solution de la substance à doser), dans les conditions de l'appareillage permettant d'atteindre la plus basse LDi.

Pour les métaux et métalloïdes, analyser 10 fois la solution de blanc d'étalonnage ou une solution de concentration proche de la limite de détection anticipée, calculer la limite de détection comme égale à 3 fois l'écart-type.

La LDi permet de vérifier le bon fonctionnement de l'instrument de dosage.

Limite de quantification analytique (LQ) ou limite de quantification de la méthode (LQ_m)

Pour l'analyse des métaux et métalloïdes par ICP-OES, l'[annexe 1](#) donne des ordres de grandeurs de limites de quantification et de niveaux de blancs pour 26 éléments et différents supports de collectes.

Préparation :

- ◆ Soit : Préparer au moins 10 solutions d'essai à partir des supports servant de blancs de laboratoire (pour la majorité des dosages de métaux et métalloïdes, si la réponse obtenue est mesurable).
- ◆ Soit : Doper (par dépôt à la micropipette ou génération) au moins 10 dispositifs de prélèvement neufs avec des masses appropriées de la substance à doser, de telle manière que les solutions d'essai produites aient des concentrations massiques proches de la limite de quantification anticipée.
- ◆ Effectuer le traitement et l'analyse des solutions d'essai dans les conditions définies dans la méthode.

Calculs et exigences

Calculer la moyenne Q_m , l'écart-type σ et le coefficient de variation (σ/Q_m) à partir des résultats de dosage

- ▶ Estimer la limite de quantification (LQ ou LQ_m) pour la substance à doser, égale à dix fois l'écart-type du résultat moyen.
- ▶ Vérifier qu'à cette valeur de LQ, la justesse du résultat moyen et le coefficient de variation est bien inférieur à 31%. Pour ce faire, doper les supports de collecte avec une quantité équivalente à la LQ et calculer le rendement et le CV.

Comparer avec l'exigence suivante [1] et [4] :

La limite de quantification doit être inférieure ou égale à la masse calculée de constituant à doser qui serait recueillie pour le volume d'air prélevé minimal spécifié dans la procédure de mesurage aux concentrations suivantes :

- 0,1 VLEP pour les substances avec une valeur limite d'exposition professionnelle à long terme ;
- 0,5 VLEP pour les substances avec une valeur limite d'exposition professionnelle à court terme.

NB : le décret du 15 décembre 2009 ne fait pas de distinction entre VLEP-8h et VLEP-CT. Dans le cadre de l'évaluation d'une exposition, il faut donc être capable de doser le 1/10^{ème} de la VLEP, y compris la VLEP-CT.

Réponse de la méthode

- ◆ Préparer au moins 4 solutions de la substance, dont les concentrations seront comprises entre la limite de quantification et la quantité maximale à doser.
- ◆ Effectuer l'analyse de ces solutions et vérifier la réponse du détecteur.

Différents essais doivent être réalisés pour mesurer l'influence de la matrice sur l'étalonnage.

Remarque : Lorsque la méthode le permet, les essais seront réalisés dans une gamme d'étalonnage linéaire.

RENDEMENT (OU TAUX DE RECUPERATION)

Cas des gaz et vapeurs

Préparation :

Doper 6 dispositifs de prélèvement à l'aide de la substance sous phase vapeur, à chacun des trois niveaux de concentration. Pour ce faire, une quantité q de produit pur ou dilué dans un solvant approprié (solvant généralement utilisé pour la désorption) est entraînée vers le support par prélèvement pendant environ 4 heures à l'aide d'une pompe.

Mettre les échantillons mis en solution et les doser selon la méthode retenue.

Exigences pour la préparation :

Cette quantité q doit correspondre, sauf impossibilité technique, à la quantité de polluant qui permettrait de couvrir au moins l'étendue de mesure de 0,1 VLEP à 2 VLEP, en incluant un point intermédiaire souvent proche d'une VLEP.

Les photographies 1 et 2 illustrent des exemples de montage pour le dopage de tubes.



Photographie 1 : Exemple de montage pour le dopage des tubes Hg : génération de vapeur froide de mercure vers une cellule de mélange équipée de six points de prélèvement



Photographie 2 : Exemple de montage pour le dopage de cassettes NH₃ : dépôt d'une solution de NH₃ sur un préfiltre amont et aspiration d'air à travers ce préfiltre vers les filtres imprégnés en aval pour collecter les vapeurs de NH₃ générées par évaporation de la solution.

Cas des composés solubles

Par définition, le taux de récupération est de 100%. Cependant, des problèmes de compatibilité chimique entre le composé recherché et le support de collecte peuvent influencer le taux de récupération.

Préparation

Doper 6 dispositifs de prélèvement servant de blancs de laboratoire à l'aide d'une micropipette ou en utilisant un système de génération de la substance pure ou d'une solution de la substance ;

Vérifier visuellement qu'aucune trace de liquide ne subsiste sur le support puis extraire les composés solubles avec le solvant approprié ;

Doser les solutions selon la méthode retenue.

Exigences pour la préparation

Cette quantité de dopage (q) doit correspondre, sauf impossibilité technique, à la quantité de polluant qui permettrait de couvrir au moins l'étendue de mesure de 0,1 VLEP à 2 VLEP, en incluant un point intermédiaire souvent proche d'une VLEP.

Cas des particules avec mise en solution

Le taux de récupération analytique peut être déterminé selon trois procédures de mesurage :

- ▶ A l'aide de composés purs ;
- ▶ En utilisant des matériaux de référence (matériaux certifiés ou matériaux caractérisés par une comparaison inter-laboratoire) ;
- ▶ Au moyen d'échantillons d'air de référence.

Préparation

L'efficacité du support sera déterminée par la mise en solution et le dosage d'échantillons de référence (composés purs, matériaux de références certifiés ou matériaux caractérisés par exemple par des circuits inter-laboratoire) dans les mêmes conditions.

Doper 6 supports de collecte/dispositifs de prélèvement par dépôt d'une quantité q d'échantillons de référence, soit par pesée, soit à l'aide d'un système de génération, soit par dépôt de suspension.

Mettre les échantillons en solution et les doser selon la méthode retenue.

Exigences pour la préparation

Toutes les pesées doivent être réalisées avec une exactitude $\leq 1\%$.

Il est préférable d'utiliser la plus petite quantité que l'on peut peser et d'adapter les volumes de mise en solution de sorte que l'expérience soit la plus représentative possible de l'analyse d'échantillons d'air des lieux de travail.

Calculs et exigences pour les rendements (ou taux) de récupération

Calculs :

Pour chaque dispositif, calculer le rendement de récupération :

$$R_i(\%) = \frac{qt_i}{qt} \times 100$$

avec :

- R_i : rendement de récupération pour chaque dispositif
- qt_i : quantité de substance dosée
- qt : quantité de substance déposée.

Pour chaque niveau de concentration, calculer :

- ▶ le rendement de récupération moyen sur les n valeurs R_i : \bar{R} (%),
 - l'écart-type sur les n valeurs R_i ,
 - le coefficient de variation CV sur les n valeurs R_i : $\frac{\sigma}{\bar{R}} \times 100$ (%)

Exigences pour les rendements :

- **Métaux et métalloïdes** : La récupération est considérée comme complète si, pour chaque niveau de concentration, le rendement \bar{R} est supérieur ou égal à 90% avec $CV \leq 5\%$.
- **Gaz et vapeur** : La norme NF EN ISO 22065 fixe comme exigence un rendement \bar{R} supérieur ou égal à 75% avec $CV \leq 10\%$. Dans ce guide, il est recommandé un rendement \bar{R} supérieur ou égal à 90% avec $CV \leq 10\%$, pour chaque niveau de concentration.

Si le rendement de récupération moyen est conforme aux exigences, la correction du résultat final n'est alors pas effectuée (sauf si c'est l'usage dans le laboratoire).

Si le rendement de récupération moyen est inférieur à 90%, il faudra prendre si possible des mesures correctives (par exemple modifier le traitement des échantillons ou le support de collecte) et renouveler les essais de récupération.

VERIFICATION DE L'EFFICACITE DE PIEGEAGE POUR LA SUBSTANCE A MESURER (CAS DES GAZ ET VAPEURS)

Cet essai permet d'estimer si l'efficacité de piégeage du dispositif de prélèvement ne peut pas être dépassée pour 8 heures de prélèvement dans un contexte de mono-pollution.

Préparation :

Les dispositifs de prélèvement sont dopés à l'aide de la substance sous phase vapeur en utilisant une procédure de dopage identique à celle décrite précédemment.

Pour les dispositifs de prélèvement sans section secondaire, utiliser deux dispositifs de prélèvement en série.

Réalisation de l'essai :

Doper 3 dispositifs avec une quantité équivalente à un prélèvement de 8h à 2VLEP 8h.

Pomper de l'air au travers des dispositifs pendant 8h.

Doser la substance retenue sur les dispositifs.

Calculs :

Pour chaque dispositif, calculer le rendement de récupération :

$$R_i (\%) = \frac{qt_i}{qt} \times 100$$

avec : R_i : rendement de récupération pour chaque dispositif

qt_i : quantité de substance dosée

qt : quantité de substance déposée.

Exigences :

La quantité de substance récupérée dans la section principale du dispositif de prélèvement (ou sur le 1^{er} dispositif) doit être supérieure à 95 % de la quantité totale récupérée.

Dans le cas contraire, effectuer à nouveau l'essai, pour déterminer le volume de claquage à l'aide d'un dispositif de prélèvement qui sera remplacé à intervalle régulier et analysé. La détermination du volume de claquage permettra de définir si besoin de nouvelles recommandations pour le prélèvement

CONSERVATION APRES PRELEVEMENT

Les métaux et métalloïdes, ainsi que leurs composés inorganiques sont généralement stables dans le temps. Cependant, il peut s'avérer nécessaire dans certains cas de contrôler la conservation des échantillons en utilisant des dispositifs de prélèvement préparés par dopage (cas de prélèvement sur supports imprégnés...).

Cet essai permet de vérifier l'absence de perte significative de substance (au regard de l'incertitude attendue sur les résultats des mesures dans les conditions de l'analyse).

Les essais suivants sont à réaliser pour 2 niveaux de concentration (0.1 VLEP, 2 VLEP) et au moins 3 échantillons par essai et par niveau de concentration.

Préparation

- ◆ Préparer au moins 9 échantillons comme pour les déterminations des taux de récupération
- ◆ Mettre les supports de collecte en solution et les analyser (selon la méthode retenue) à différentes périodes après la préparation :
 - ▶ - Au moins 3 dispositifs sont traités et analysés à j₀ ou j₊₁.
 - ▶ - Les autres dispositifs (au moins 3 par série) seront traités et analysés aux délais choisis (en général j₊₈ et j₊₁₅).

Calculs

Calculer la quantité déposée au temps t₀ et vérifier cette quantité déposée par l'analyse à j₀ ou j₊₁.

Après l'analyse des dispositifs de prélèvement (en général à j₊₈ et j₊₁₅), calculer le rendement de conservation :

$$R_{ci} = \frac{qt_x}{qt_0} \cdot 100(\%)$$

- avec
- R_{ci} = rendement de conservation
 - qt_{xi} = quantité de substance dosée à t₀ + x jours,
 - qt₀ = quantité de substance calculée pour t₀ = q x R (pour le niveau de concentration)

Exigences (si les délais choisis sont j₊₈ et j₊₁₅)

- ◆ Si à j₊₈, R_{C1} ≥ 90 %, procéder à la suite des essais,
 - ▶ Si à j₊₁₅ R_{C2} ≥ 90 % : la récupération est satisfaisante, aucune correction des résultats de dosage n'est nécessaire. Les essais de conservation peuvent être poursuivis de la même façon jusqu'au délai souhaité en calculant R_{C3}...
 - ▶ Si à j₊₁₅ R_{C2} < 90 % (mais > 75%) : préconiser une analyse des dispositifs prélevés dans un délai de 8 jours maximum
- ◆ Si à j₊₈ R_{C1} < 90 %, refaire un test de conservation à 4°C à partir du 1^{er} jour :
- ◆ Si à j₊₈ R_{C1(4°)} ≥ 90 %, procéder à la suite des essais :
 - ▶ Si à j₊₁₅ R_{C2(4°)} ≥ 90 % : préconiser une conservation des dispositifs prélevés à 4 °C (dès le prélèvement), et poursuivre les essais de conservation jusqu'au délai souhaité.
 - ▶ Si à j₊₁₅ R_{C2(4°)} < 90 % : préconiser une conservation des dispositifs prélevés à 4 °C (dès le prélèvement) et une analyse dans un délai de 8 jours maximum.
- ◆ Si à j₊₈ R_{C1(4°)} < 90 %, préconiser une désorption et une analyse extemporanées ou revoir le choix du support de collecte s'il s'avérait qu'un des rendements de conservation reste inférieur à 75%.

Nota : Le laboratoire devra également vérifier la stabilité des solutions de dosage sur la durée totale d'une analyse, par exemple en injectant périodiquement un même étalon au cours de l'analyse.

DOMAINE D'APPLICATION DE LA METHODE

La méthode est proposée pour des quantités dosées sur le dispositif de prélèvement correspondant à un domaine de concentrations compris entre **0,1 VLEP et 2 VLEP, pour un prélèvement maximum de 8 h au débit préconisé**, sauf exceptions justifiées.

CALCUL DE L'INCERTITUDE ELARGIE

L'utilisateur de la méthode, en connaissance des paramètres influents, devra effectuer la détermination de l'incertitude sur ses propres résultats dans les conditions réelles de son intervention.

Cette estimation comprendra par exemple :

- **pour le prélèvement** : les incertitudes associées au volume d'air prélevé (mesure et stabilité du débit de la pompe, durée du prélèvement), à la conservation de l'échantillon, au transport de l'échantillon ;
- **pour l'analyse** : les incertitudes associées au taux de récupération, à la variabilité de la méthode et à l'étalonnage.

Une aide pour le calcul d'incertitude est disponible dans les normes NF EN ISO 21832 (partie 8.3) et NF EN ISO 22065 (partie 8.4). Par ailleurs, l'incertitude élargie de la méthode déterminée à partir des essais décrits dans le présent document doit satisfaire aux exigences données dans la norme NF EN 482.

RAPPORT DE MISE AU POINT

Le rapport de mise au point, établi sous la forme par exemple d'une fiche MétroPol publiée, devra contenir les éléments suivants :

- ◆ les références aux normes européennes utilisées,
- ◆ le principe sur lequel est basée la méthode de prélèvement et d'analyse proposée,
- ◆ le domaine d'application de la méthode,
- ◆ une description détaillée de la procédure de mesurage proposée,
- ◆ les caractéristiques requises concernant les pompes de prélèvement,
- ◆ toutes les données de validation obtenues dans les essais 2.5 à 2.8,
- ◆ l'identification et l'étude des interférences,
- ◆ des informations sur les matériaux de référence éventuellement utilisés.

Pourront être également fournis :

- ◆ des informations sur les effets de la température et de l'humidité relative (détermination du taux de récupération et de la fidélité de la méthode, cas des gaz et des vapeurs [1]),
- ◆ des informations sur les supports déconseillés,
- ◆ des informations et résultats sur les co-polluants connus (et qui pourraient interférer avec le prélèvement et/ou l'analyse de la substance),
- ◆ un exemple du calcul d'incertitude de la méthode et de l'analyse statistique des résultats d'essai.

Remarque : Pour les aérosols mixtes, les essais de mise au point seront à réaliser pour les deux phases et le calcul d'incertitudes sera basé sur celui décrit dans la norme EN actuellement en enquête pour les aérosols mixtes.

RESUME DES PARAMETRES/OBJECTIFS

Paramètres à étudier	Objectifs
Domaine d'application	couvrir de 0.1 à 2 VLEP-8h ou de 0.5 à 2 VLEP-CT
Prélèvement	
Fraction granulométrique applicable aux valeurs limites	fraction inhalable, thoracique ou alvéolaire
Perte de charge (cas des gaz et vapeurs)	$\Delta P \leq 10\text{kPa}$
Analyse	
Valeur des blancs de laboratoire (cas des gaz et vapeurs) LDi LQm	< 0.01 VLEP-8h < 0.05 VLEP-CT
	vérifier le bon fonctionnement de l'instrument gaz et vapeurs : $LQ \leq 0,1$ VLEP-8h ou $LQ \leq 0,5$ VLEP-CT
	métaux et métalloïdes : $LQ \leq 0,1$ VLEP
Répétabilité analytique	< 5% (ou < 10% si dérivation)
Réponse de la méthode	courbe d'étalonnage linéaire ou non, effet de matrice
Rendement de récupération	gaz et vapeurs : $\geq 90\%$ CV $\leq 10\%$ (exigence NF EN ISO 22065 : $\geq 75\%$) métaux et métalloïdes : $\geq 90\%$ CV $\leq 5\%$
Capacité de piégeage	quantité sur 1 ^{ère} section $\geq 95\%$ de quantité totale récupérée
Conservation	écart récupération (t_0-t) < 10%
Incertitude élargie	50% de 0,5 à 2 VLEP-CT 50% de 0,1 à < 0,5 VLEP-8h 30% de 0,5 à 2 VLEP-8h

D'autres paramètres pourront être étudiés, cette liste n'est pas exhaustive, comme défini dans le paragraphe sur le rapport de mise au point.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] NF EN ISO 22065 : 2020 (X43-286) - Air des lieux de travail - Gaz et vapeur - Exigences pour l'évaluation des procédures de mesure à l'aide de dispositifs de prélèvement par pompage.
- [2] NF EN 482 : mars 2021 (X43-277). Exposition sur les lieux de travail – Procédures pour déterminer la concentration d'agents chimiques - Exigences élémentaires relatives aux performances.
- [3] HARPER M. Evaluation of solid sorbent sampling methods by breakthrough volume studies. Ann. Occup. Hyg., 1993, 37(1), pp. 65-88.
- [4] NF EN ISO 21832 : Avril 2020 (X43-249). Air des lieux de travail – Métaux et métalloïdes dans les particules en suspension dans l'air – Exigences relative à l'évaluation des procédures de mesure.
- [5] NF EN 1540 : décembre 2021. Exposition sur les lieux de travail - Terminologie

AUTEURS

N. Carabin

INRS, Métrologie des Polluants (metropol@inrs.fr)

HISTORIQUE

Version	Date	Modification(s) faisant l'objet de la nouvelle version
F2/V01.01	02/04/2013	Création de la fiche F2
1	Octobre 2015	Création de la fiche
V2	Janvier 2016	Complément d'information pour la vérification de l'efficacité de piégeage.
V3	Mars 2023	Ajout ANNEXE 1 : Synthèse LQ et niveaux de blancs Mise à jour des références normatives

ANNEXE 1

Synthèse des limites de quantification pour différents supports de collecte Analyse par ICP-OES de 26 éléments (métaux et métalloïdes)

Période des essais : octobre à décembre 2020

Préambule :

Le présent document précise des ordres de grandeur en matière de limites de quantification.

Les données reflètent les informations obtenues en fonction des conditions opératoires (matériel et consommables) à la date des essais, et ne se veulent en aucun cas des valeurs analytiques de référence.

CONFIGURATION DES ESSAIS

Les limites de quantification (LQ), exprimées en µg par support, sont déterminées par :

- ◆ Support : membranes en polychlorure de vinyle (PVC) 37 mm (membranes lavées ou non au Triton X 100, Cf. Guide MétroPol de préparation des supports), membranes en ester de cellulose (MEC) 37 mm, filtres en fibres de quartz (FQ) 37 mm, compresses et lingettes.
- ◆ Élément : 26 métaux/métalloïdes analysés (Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb*, Se, Sr, Ti, Tl, V, Zn)

(* non analysé sur support MEC.

Plusieurs fournisseurs et différents lots ont été utilisés :

- ◆ 3 fournisseurs différents pour PVC (Zefon, Millipore et SKC), 2 pour MEC (Zefon et Millipore), 2 pour FQ (SKC et Whatmann), 1 seul fournisseur pour les compresses (Mercurochrome) et les lingettes (Ghostwipes),
- ◆ 3 lots par fournisseur pour les supports PVC et FQ, 2 lots pour les supports MEC et les compresses, un seul lot pour les lingettes.

Les données obtenues en fonction de ces paramètres (fournisseurs et lots) ont été regroupées et moyennées.

PREPARATION DES SUPPORTS

Pour chaque configuration, 6 supports distincts ont été mis en solution, selon les protocoles décrits ci-dessous, avant d'être analysés. Les analyses de ces 6 supports renvoient à une valeur de LQ et à un niveau de blanc.

Tableau A1 : Protocoles de mise en solution des différents supports

	PVC	MEC	FQ	Lingettes	Compresses
Méthode MétroPol	M-433 et M-437	M-124	M-122	M-434 et M-435	M-434 et M-435
Mode de mise en solution	A chaud UltraWave	A froid	A froid / Ultrasons	A chaud UltraWave	A chaud UltraWave
Programme de chauffe UltraWave (UW) le cas échéant	Puissance 1500 W Rampe à 260°C (10 min) Palier à 260°C (10 min)	-	-	Puissance 1000 W Rampe à 120°C (11 min) Rampe à 220°C (8 min) Palier à 220°C (7 min)	
Acides utilisés (nature et volume)	5 mL HNO ₃	0,5 mL HClO ₄ 1,5 mL HNO ₃ 0,5 mL HCl	3 mL HF 2 mL HNO ₃	6 mL HNO ₃	6 mL HNO ₃
Volume final	15 mL	15 mL	15 mL	20 mL	20 mL

ANALYSE

Les analyses ont été effectuées sur un ICP-OES Agilent 5110 dans les conditions suivantes, fonction du kit d'introduction utilisé :

Tableau A2 : Conditions analytiques en fonction des supports traités

Supports traités	PVC-MEC-Lingettes-Compresses	FQ
Kit d'introduction	Quartz	Inerte
Type de nébuliseur	Seaspray	Oneneb / Duramist (*)
Temps de lecture (s)	10	10 / 5
Puissance RF (kW)	1,2	1,2
Hauteur de visée radiale (mm)	11	11 / 10
Débit du nébuliseur (L/min)	0,7	0,7
Débit du plasma (L/min)	12	12
Débit auxiliaire (L/min)	14	14
Vitesse de pompe	14	14
Réplicas	5	5 / 4

(*) : pour le Kit inerte dédié à l'analyse des FQ, 2 nébuliseurs ont été testés (les données obtenues ont été moyennées dans le tableau de résultats).

L'étalonnage a été réalisé à partir d'une solution multiélémentaire à 100 mg/L complétée par des solutions standards monoélémentaire à 1 g/L des 5 éléments non présents dans la solution multiélémentaire (Al, B, Ba, Bi, Na).

7 étalons (concentrations de 0 ; 0,2 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2,5 et 4 mg/L) ont été préparés, à la fois dans la matrice et dans HNO₃ 2%.

Pour chaque élément, 3 longueurs d'onde ont été analysées en mode axial et radial.

Pour chaque configuration, les 6 supports (blancs) préparés de manière indépendante ont été analysés consécutivement afin de déterminer :

- ◆ Les LQ (10 x écart type des concentrations de l'analyte pour le support considéré) en se référant à **l'étalonnage dans la matrice**,
- ◆ Les « niveaux de blancs » (moyenne des concentrations de l'analyte pour le support considéré) en utilisant **l'étalonnage dans HNO₃**.

RESULTATS

Les résultats obtenus pour les 5 types de support, pour les 26 éléments et pour les 3 longueurs d'onde sont présentés dans les tableaux suivants (Tableaux A3 et A4 en mode axial et Tableaux A5 et A6 en mode radial).

« N » renvoi au nombre d'essais réalisés pour déterminer les LQ/niveaux de blancs.

Ainsi :

- ◆ Une LQ (N=1) est calculée de la manière suivante : $10 \times$ écart type de l'analyse de 6 supports préparés de manière indépendante et pour une même configuration avec un étalonnage dans la matrice.
- ◆ Un niveau de blanc (N=1) est calculé de la manière suivante : concentration moyenne de l'analyse de 6 supports préparés de manière indépendante et pour une même configuration avec un étalonnage dans HNO_3 .

Pour les supports PVC, une analyse statistique a montré que le lavage des membranes au Triton X100 n'avait pas d'influence sur les valeurs de LQ. De ce fait les résultats pour les membranes PVC non traitées et lavées Triton ont été regroupés dans les tableaux ci-dessous.

Les valeurs en gras de « N » correspondent au nombre total d'analyse pour l'élément considéré ; les valeurs en gras de « LQ » ou « Niveau de blanc moyen » renvoient à la moyenne des valeurs obtenues pour les trois longueurs d'onde.

Tableau A3 : LQ en fonction des supports, des éléments et des longueurs d'onde, en mode axial (conditions analytiques, cf. tableau A2)

ELEMENT	FQ			MEC			PVC			COMPRESSE			LINGETTE		
	N	LQ (µg)	Écart-type (µg)	N	LQ (µg)	Écart-type (µg)									
Al	28	12		12	5,9		42	7,2		8	35		4	28	
Al - 167,019 nm	2	16	0,90	N/A	N/A	N/A	6	7,6	2,9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Al - 308,215 nm	13	12	11	6	11	17	18	7,1	8,1	4	37	5,4	2	28	0,27
Al - 396,152 nm	13	12	11	6	0,53	0,52	18	7,1	9,2	4	34	4,9	2	28	0,74
As	42	1,3		18	0,78		54	0,66		12	0,77		6	0,70	
As - 188,980 nm	14	1,0	0,49	6	0,62	0,31	18	0,41	0,17	4	0,43	0,11	2	0,42	0,28
As - 193,696 nm	14	1,0	0,52	6	0,58	0,33	18	0,43	0,12	4	0,54	0,13	2	0,47	0,06
As - 197,198 nm	14	1,9	1,5	6	1,1	0,60	18	1,15	0,50	4	1,4	0,20	2	1,2	0,34
B	42	40		18	3,2		54	11		12	37		6	57	
B - 208,956 nm	14	38	113	6	3,1	4,1	18	11	16	4	37	5,0	2	53	0,04
B - 249,678 nm	14	41	121	6	3,2	4,3	18	11	16	4	38	5,2	2	59	5,5
B - 249,772 nm	14	40	121	6	3,2	4,3	18	11	16	4	37	4,8	2	59	4,1
Ba	42	0,82		18	0,02		54	0,03		12	0,10		6	0,10	
Ba - 233,527 nm	14	0,85	0,84	6	0,03	0,02	18	0,03	0,02	4	0,10	0,03	2	0,10	0,01
Ba - 455,403 nm	14	0,82	0,80	6	0,02	0,03	18	0,03	0,03	4	0,09	0,03	2	0,10	<
Ba - 493,408 nm	14	0,81	0,79	6	0,02	0,03	18	0,03	0,02	4	0,09	0,03	2	0,10	<
Be	42	0,28		18	0,09		54	0,04		12	0,06		6	0,06	
Be - 234,861 nm	14	0,01	<	6	<		18	<		4	<		2	<	
Be - 249,473 nm	14	0,75	0,57	6	0,13	0,04	18	0,11	0,06	4	0,10	0,03	2	0,06	0,02
Be - 313,042 nm	14	0,08	0,04	6	0,15	0,19	18	0,02	0,03	4	0,08	0,06	2	0,11	0,12
Bi	26	59		12	54		36	6,3		8	4,4		4	4,2	
Bi - 179,124 nm	14	22	19	6	4,0	2,6	18	2,8	1,3	4	2,8	0,57	2	3,1	0,24
Bi - 306,771 nm	12	102	118	6	104	157	18	9,8	11	4	6,0	0,88	2	5,4	0,62
Bi - 339,722 nm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A									
Ca	32	13		18	10		54	17		12	21		4	55	
Ca - 393,366 nm	12	21	31	6	11	12	18	19	16	4	21	5,2	2	61	3,3
Ca - 396,847 nm	8	2,6	0,49	6	11	12	18	18	16	4	21	5,1	N/A	N/A	N/A
Ca - 422,673 nm	12	13	19	6	9	10	18	16	15	4	22	5,9	2	49	1,8
Cd	42	0,18		18	0,04		54	0,07		12	0,03		6	0,03	
Cd - 214,439 nm	14	0,16	0,18	6	0,04	0,03	18	0,07	0,09	4	0,03	0,01	2	0,03	0,01
Cd - 226,502 nm	14	0,17	0,09	6	0,02	0,01	18	0,06	0,08	4	0,02	0,01	2	0,02	<
Cd - 228,802 nm	14	0,22	0,22	6	0,05	0,02	18	0,08	0,09	4	0,05	0,02	2	0,04	<
Co	42	0,36		18	0,08		54	0,05		12	0,05		6	0,05	
Co - 228,615 nm	14	0,24	0,23	6	0,08	0,06	18	0,04	0,01	4	0,05	0,02	2	0,05	0,02
Co - 230,786 nm	14	0,73	1,43	6	0,09	0,06	18	0,05	0,02	4	0,06	0,02	2	0,06	0,01
Co - 238,892 nm	14	0,10	0,11	6	0,07	0,02	18	0,04	0,02	4	0,04	0,01	2	0,04	0,01
Cr	42	0,28		18	0,63		54	0,73		12	0,27		6	0,15	
Cr - 205,560 nm	14	0,26	0,43	6	0,47	0,35	18	0,69	1,0	4	0,13	0,05	2	0,10	0,02
Cr - 267,716 nm	14	0,26	0,44	6	0,46	0,38	18	0,69	1,0	4	0,13	0,05	2	0,10	0,01
Cr - 283,563 nm	14	0,33	0,35	6	0,96	0,60	18	0,83	0,88	4	0,55	0,19	2	0,26	0,09
Cu	42	0,26		18	0,33		54	0,24		12	0,93		6	0,25	
Cu - 213,598 nm	14	0,46	0,61	6	0,13	0,04	18	0,25	0,33	4	0,87	0,78	2	0,25	0,15
Cu - 324,754 nm	14	0,24	0,48	6	0,77	1,02	18	0,22	0,38	4	0,97	0,83	2	0,26	0,20
Cu - 327,395 nm	14	0,08	0,07	6	0,10	0,04	18	0,25	0,37	4	0,96	0,82	2	0,24	0,21
Fe	42	3,9		18	1,7		54	0,95		12	5,3		6	2,2	
Fe - 234,350 nm	14	3,9	6,7	6	1,7	1,5	18	1,0	0,99	4	5,2	2,4	2	2,1	0,17
Fe - 238,204 nm	14	3,8	6,5	6	1,7	1,5	18	0,93	0,83	4	5,3	2,2	2	2,2	0,26
Fe - 259,940 nm	14	3,8	6,5	6	1,7	1,5	18	0,93	0,85	4	5,4	2,2	2	2,2	0,12
Li	42	0,40		16	1,6		54	0,88		12	0,54		6	0,58	
Li - 460,289 nm	14	1,1	0,72	6	4,1	3,0	18	2,5	1,6	4	1,6	0,34	2	1,7	0,54
Li - 610,365 nm	14	0,03	0,01	4	0,05	0,03	18	0,05	0,02	4	0,03	<	2	0,02	0,01
Li - 670,783 nm	14	0,03	0,05	6	0,12	0,09	18	0,07	0,08	4	0,01	<	2	0,02	<

ELEMENT	FQ			MEC			PVC			COMPRESSE			LINGETTE		
	N	LQ (µg)	Écart- type (µg)	N	LQ (µg)	Écart- type (µg)									
Mg	42	64		18	0,40		54	0,89		10	17		6	15	
Mg - 279,553 nm	14	72	202	6	0,41	0,49	18	0,92	1,1	2	10	0,60	2	16	2,3
Mg - 280,270 nm	14	65	182	6	0,41	0,50	18	0,90	1,1	4	18	13	2	16	2,6
Mg - 285,213 nm	14	55	159	6	0,39	0,46	18	0,85	1,0	4	19	10	2	13	0,62
Mn	42	0,13		18	0,04		54	0,02		12	0,17		6	0,14	
Mn - 257,610 nm	14	0,13	0,29	6	0,03	0,03	18	0,02	0,01	4	0,17	0,03	2	0,14	0,01
Mn - 259,372 nm	14	0,13	0,29	6	0,03	0,03	18	0,01	0,01	4	0,17	0,04	2	0,13	<
Mn - 260,568 nm	14	0,13	0,29	6	0,05	0,04	18	0,03	0,01	4	0,18	0,02	2	0,14	0,01
Mo	42	2,2		18	0,14		54	0,12		12	0,13		6	0,10	
Mo - 202,032 nm	14	2,2	4,6	6	0,10	0,06	18	0,07	0,02	4	0,06	0,03	2	0,06	0,01
Mo - 203,846 nm	14	2,2	4,8	6	0,17	0,07	18	0,15	0,13	4	0,17	0,03	2	0,12	0,01
Mo - 204,598 nm	14	2,1	4,4	6	0,17	0,13	18	0,13	0,08	4	0,15	0,04	2	0,13	0,05
Na	26	11		4	1,1		34	106		10	35		2	84	
Na - 568,821 nm	6	8,9	5,3	N/A	N/A	N/A	4	238	133	2	55	10	N/A	N/A	N/A
Na - 588,995 nm	10	12	20	N/A	N/A	N/A	12	114	107	4	33	4,5	N/A	N/A	N/A
Na - 589,592 nm	10	10	17	4	1,1	1,1	18	72	80	4	26	4,3	2	84	32
Ni	30	4,4		18	0,18		54	0,17		12	1,2		6	2,11	
Ni - 216,555 nm	14	0,44	0,58	6	0,13	0,05	18	0,08	0,03	4	0,38	0,09	2	0,22	0,03
Ni - 221,648 nm	2	59	13	6	0,23	0,08	18	0,31	0,31	4	2,8	0,5	2	5,8	0,43
Ni - 231,604 nm	14	0,57	0,96	6	0,18	0,09	18	0,12	0,06	4	0,39	0,05	2	0,32	0,01
Pb	40	1,1		18	0,68		54	0,54		12	0,63		6	0,62	
Pb - 220,353 nm	12	1,6	1,2	6	0,41	0,13	18	0,31	0,15	4	0,50	0,20	2	0,44	0,22
Pb - 283,305 nm	14	1,0	0,45	6	0,79	0,60	18	0,83	0,45	4	0,88	0,30	2	0,80	0,35
Pb - 405,781 nm	14	0,80	0,55	6	0,83	0,49	18	0,48	0,20	4	0,52	0,14	2	0,60	0,30
Sb	38	3,55		/	/	/	54	1,9		12	1,9		6	2,0	
Sb - 187,052 nm	14	2,1	1,9	/	/	/	18	1,7	1,0	4	1,9	0,64	2	1,8	0,23
Sb - 204,957 nm	10	9,1	4,0	/	/	/	18	3,6	2,9	4	3,3	1,8	2	3,7	0,31
Sb - 206,834 nm	14	1,0	1,2	/	/	/	18	0,36	0,12	4	0,63	0,40	2	0,38	0,07
Se	42	4,2		18	2,3		54	2,0		12	2,1		6	1,9	
Se - 196,026 nm	14	1,3	1,6	6	0,78	0,29	18	0,61	0,29	4	0,81	0,22	2	0,83	0,22
Se - 203,985 nm	14	1,6	0,9	6	1,5	1,3	18	0,78	0,33	4	0,82	0,55	2	1,5	0,11
Se - 206,279 nm	14	9,6	6,6	6	4,7	2,9	18	4,5	1,8	4	4,7	1,4	2	3,4	0,63
Sr	42	0,19		18	0,05		54	0,05		12	0,14		6	0,08	
Sr - 216,596 nm	14	0,33	0,48	6	0,07	0,03	18	0,05	0,04	4	0,13	0,05	2	0,09	0,03
Sr - 407,771 nm	14	0,12	0,29	6	0,01	0,01	18	0,02	0,02	4	0,14	0,07	2	0,07	<
Sr - 460,733 nm	14	0,11	0,25	6	0,08	0,02	18	0,06	0,04	4	0,15	0,04	2	0,07	0,01
Ti	42	0,54		18	0,05		54	0,20		12	0,31		6	0,12	
Ti - 334,941 nm	14	0,54	1,1	6	0,02	0,01	18	0,19	0,25	4	0,31	0,18	2	0,11	0,05
Ti - 336,122 nm	14	0,53	1,1	6	0,08	0,08	18	0,21	0,27	4	0,32	0,17	2	0,13	0,05
Ti - 337,280 nm	14	0,55	1,2	6	0,06	0,05	18	0,20	0,26	4	0,31	0,18	2	0,11	0,05
Tl	42	0,98		18	1,7		54	0,76		12	0,66		6	0,64	
Tl - 276,789 nm	14	1,9	1,3	6	2,1	1,5	18	0,92	0,45	4	0,69	0,15	2	0,89	0,40
Tl - 351,923 nm	14	0,53	0,30	6	1,6	0,93	18	0,80	0,33	4	0,54	0,15	2	0,55	0,39
Tl - 377,572 nm	14	0,55	0,42	6	1,3	0,55	18	0,56	0,21	4	0,74	0,16	2	0,48	0,26
V	42	0,12		18	0,23		54	0,05		12	0,07		6	0,04	
V - 268,796 nm	14	0,27	0,55	6	0,08	0,04	18	0,04	0,02	4	0,05	0,02	2	0,07	0,03
V - 309,310 nm	14	0,08	0,05	6	0,57	0,48	18	0,09	0,08	4	0,12	0,06	2	0,04	0,03
V - 311,837 nm	14	0,02	0,03	6	0,03	0,02	18	0,03	0,02	4	0,04	0,01	2	0,03	0,01
Zn	42	0,62		18	0,43		54	2,3		12	1,6		6	4,6	
Zn - 202,548 nm	14	0,60	0,40	6	0,41	0,32	18	2,3	2,4	4	1,6	0,22	2	4,7	0,36
Zn - 206,200 nm	14	0,60	0,33	6	0,46	0,29	18	2,3	2,4	4	1,6	0,19	2	4,7	0,06
Zn - 213,857 nm	14	0,64	0,51	6	0,43	0,35	18	2,3	2,4	4	1,6	0,26	2	4,2	0,07

« N/A » : non déterminés (R^2 étalonnage < 0,995) ; « / » : non analysés ; « < » : valeurs strictement inférieures à 0,005 µg

Tableau A4 : Niveaux de blanc en fonction des supports, des éléments et des longueurs d'onde, en mode axial (conditions analytiques, cf. tableau A2)

ELEMENT	FQ			MEC			PVC			COMPRESSE			LINGETTE		
	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)
Al	28	44		4	0,69		30	4,4		8	31		4	36	
Al - 167,019 nm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	5,0	1,6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Al - 308,215 nm	14	42	30	2	0,67	0,06	12	3,9	1,1	4	31	1,0	2	35	0,22
Al - 396,152 nm	14	45	33	2	0,71	0,03	12	4,5	1,1	4	32	0,84	2	37	0,25
As	42	0,35		6	<		36	<		12	<		6	<	
As - 188,980 nm	14	0,10	0,13	2	<		12	<		4	<		2	<	
As - 193,696 nm	14	0,13	0,09	2	<		12	<		4	<		2	<	
As - 197,198 nm	14	0,83	0,10	2	<		12	0,05	0,05	4	<		2	<	
B	42	24		6	1,7		36	6,8		12	24		6	194	
B - 208,956 nm	14	23	27	2	1,6		12	6,5	1,1	4	23	1,9	2	188	0,5
B - 249,678 nm	14	25	29	2	1,7		12	6,9	1,2	4	24	2,1	2	197	0,3
B - 249,772 nm	14	25	29	2	1,7		12	6,9	1,2	4	24	2,0	2	197	0,2
Ba	42	0,39		6	<		36	<		12	0,14		6	0,24	
Ba - 233,527 nm	14	0,44	0,16	2	<		12	<		4	0,16	0,10	2	0,24	<
Ba - 455,403 nm	14	0,33	0,21	2	<		12	<		4	0,11	0,10	2	0,20	<
Ba - 493,408 nm	14	0,39	0,18	2	<		12	<		4	0,15	0,11	2	0,29	<
Be	42	<		6	<		36	<		12	<		6	<	
Be - 234,861 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Be - 249,473 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Be - 313,042 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Bi	28	3,1		4	0,8		24	<		8	<		4	<	
Bi - 179,124 nm	14	1,0	0,75	2	<		12	0,03	0,15	4	0,07	0,06	2	<	
Bi - 306,771 nm	14	5,1	6,6	2	1,9	<	12	<		4	<		2	<	
Bi - 339,722 nm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ca	36	59		6	1,5		36	2,5		12	102		4	251	
Ca - 393,366 nm	14	70	74	2	1,0	1,0	12	2,4	1,2	4	104	18	2	227	1,9
Ca - 396,847 nm	8	8,7	1,2	2	1,4	1,0	12	2,6	1,2	4	106	19	N/A	N/A	N/A
Ca - 422,673 nm	14	77	83	2	2,3	0,8	12	2,6	0,9	4	97	15	2	275	2,8
Cd	42	<		6	<		36	<		12	<		6	<	
Cd - 214,439 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Cd - 226,502 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Cd - 228,802 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Co	42	0,10		6	<		36	<		12	<		6	<	
Co - 228,615 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Co - 230,786 nm	14	0,63	0,08	2	<		12	<		4	<		2	<	
Co - 238,892 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Cr	42	0,03		6	<		36	0,14		12	<		6	<	
Cr - 205,560 nm	14	0,02	0,08	2	<		12	0,17	0,10	4	<		2	<	
Cr - 267,716 nm	14	0,05	0,08	2	<		12	0,15	0,10	4	<		2	<	
Cr - 283,563 nm	14	0,01	0,14	2	<		12	0,11	0,14	4	<		2	<	
Cu	42	<		6	<		36	<		12	<		6	<	
Cu - 213,598 nm	14	0,11	0,08	2	<		12	<		4	<		2	<	
Cu - 324,754 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	0,11	0,01
Cu - 327,395 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	0,06	0,01
Fe	42	2,8		6	<		36	0,2		12	12		6	3,9	
Fe - 234,350 nm	14	2,9	0,32	2	<		12	0,2	0,1	4	12	0,32	2	3,9	0,08
Fe - 238,204 nm	14	2,7	0,32	2	<		12	0,1	0,1	4	12	0,31	2	3,9	0,07
Fe - 259,940 nm	14	2,7	0,32	2	<		12	0,1	0,1	4	12	0,33	2	3,9	0,08
Li	42	0,78		6	1,5		36	0,9		12	1,1		6	1,2	
Li - 460,289 nm	14	0,56	0,26	2	1,8	<	12	1,1	0,2	4	1,1	0,10	2	1,3	<
Li - 610,365 nm	14	0,99	0,12	2	1,5	<	12	0,94	0,05	4	1,2	0,01	2	1,2	<
Li - 670,783 nm	14	0,79	0,14	2	1,2	<	12	0,81	0,08	4	1,1	0,01	2	1,1	<

ELEMENT	FQ			MEC			PVC			COMPRESSE			LINGETTE		
	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)
Mg	42	39		6	<		36	0,12		10	90		6	88	
Mg - 279,553 nm	14	39	44	2	<		12	<		4	99	41	2	88	0,45
Mg - 280,270 nm	14	41	46	2	0,20	0,02	12	0,05	0,08	4	94	40	2	89	0,43
Mg - 285,213 nm	14	38	42	2	<		12	0,42	0,05	2	63	0,11	2	87	0,40
Mn	42	<		6	<		36	<		12	0,22		6	0,28	
Mn - 257,610 nm	14	<		2	<		12	<		4	0,18	0,19	2	0,28	0,01
Mn - 259,372 nm	14	<		2	<		12	<		4	0,24	0,17	2	0,29	0,01
Mn - 260,568 nm	14	<		2	<		12	<		4	0,23	0,17	2	0,27	0,01
Mo	42	3,0		6	<		36	<		12	<		6	<	
Mo - 202,032 nm	14	2,9	1,4	2	<		12	<		4	<		2	<	
Mo - 203,846 nm	14	3,1	1,4	2	<		12	<		4	<		2	<	
Mo - 204,598 nm	14	2,8	1,4	2	<		12	<		4	<		2	<	
Na	42	211		4	1,5		26	52,3		10	201		2	1156	
Na - 568,821 nm	14	250	298	N/A	N/A	N/A	2	57,51	0,76	2	326	1,7	N/A	N/A	N/A
Na - 588,995 nm	14	205	236	2	0,69	0,96	12	58,48	6,53	4	188	140	N/A	N/A	N/A
Na - 589,592 nm	14	177	205	2	2,4	0,1	12	45,4	5,7	4	151	115	2	1156	12
Ni	28	0,24		6	<		36	<		12	<		6	<	
Ni - 216,555 nm	14	0,10	0,07	2	<		12	<		4	<		2	<	
Ni - 221,648 nm	N/A	N/A	N/A	2	<		12	<		4	<		2	<	
Ni - 231,604 nm	14	0,38	0,11	2	<		12	<		4	<		2	<	
Pb	42	0,44		6	0,13		36	0,21		12	0,22		6	0,28	
Pb - 220,353 nm	14	0,94	0,40	2	<		12	<		4	<		2	<	
Pb - 283,305 nm	14	0,29	0,61	2	0,02	0,01	12	0,20	0,06	4	0,08	0,03	2	0,17	0,03
Pb - 405,781 nm	14	0,10	0,35	2	0,85	0,01	12	0,61	0,06	4	0,86	0,06	2	0,98	0,01
Sb	42	0,70		/	/	/	36	0,40		12	0,26		6	0,09	
Sb - 187,052 nm	14	<		/	/	/	12	0,22	0,09	4	0,05	0,05	2	<	
Sb - 204,957 nm	14	1,7	0,27	/	/	/	12	1	0,09	4	0,81	0,12	2	0,36	0,03
Sb - 206,834 nm	14	0,58	0,10	/	/	/	12	<		4	<		2	<	
Se	42	1,5		6	<		36	0,0		12	<		6	<	
Se - 196,026 nm	14	0,59	0,11	2	<		12	<		4	<		2	<	
Se - 203,985 nm	14	0,47	0,13	2	<		12	<		4	0,02	0,01	2	<	
Se - 206,279 nm	14	3,3	0,33	2	0,21	0,14	12	0,1	0,2	4	<		2	0,12	0,07
Sr	42	0,09		6	<		36	<		12	0,87		6	0,34	
Sr - 216,596 nm	14	0,03	0,12	2	<		12	<		4	0,64	0,34	2	0,02	0,01
Sr - 407,771 nm	14	<		2	<		12	<		4	0,36	0,37	2	<	
Sr - 460,733 nm	14	0,64	0,24	2	0,89	<	12	0,59	0,02	4	1,6	0,27	2	1,2	<
Ti	42	0,40		6	<		36	<		12	0,30		6	0,15	
Ti - 334,941 nm	14	0,37	0,44	2	<		12	<		4	0,27	0,11	2	0,14	0,02
Ti - 336,122 nm	14	0,39	0,43	2	<		12	<		4	0,30	0,11	2	0,14	0,02
Ti - 337,280 nm	14	0,45	0,47	2	<		12	<		4	0,32	0,11	2	0,16	0,02
Tl	42	0,28		6	0,23		36	0,2		12	0,23		6	0,23	
Tl - 276,789 nm	14	0,50	0,11	2	0,04	<	12	0,1	<	4	0,11	0,08	2	0,14	0,02
Tl - 351,923 nm	14	0,12	0,09	2	0,26	0,06	12	0,2	0,06	4	0,15	0,06	2	0,14	0,02
Tl - 377,572 nm	14	0,22	0,13	2	0,39	0,05	12	0,3	<	4	0,43	0,02	2	0,43	0,03
V	42	0,02		6	<		36	<		12	<		6	<	
V - 268,796 nm	14	0,20	0,19	2	<		12	<		4	<		2	<	
V - 309,310 nm	14	<		2	<		12	0,08	0,07	4	<		2	0,05	<
V - 311,837 nm	14	<		2	<		12	<		4	<		2	<	
Zn	42	<		6	<		36	<		12	0,75		6	18	
Zn - 202,548 nm	14	<		2	<		12	<		4	0,66	0,37	2	18	0,07
Zn - 206,200 nm	14	<		2	<		12	<		4	0,80	0,38	2	18	0,05
Zn - 213,857 nm	14	<		2	<		12	<		4	0,78	0,36	2	18	0,09

« N/A » : non déterminés (R^2 étalonnage < 0,995) ; « / » : non analysés ; « < » : valeurs strictement inférieures à 0,005 µg

Tableau A5 : LQ en fonction des supports, des éléments et des longueurs d'onde, en mode radial (conditions analytiques, cf. tableau A2)

ELEMENT	FQ			MEC			PVC			COMPRESSE			LINGETTE		
	N	LQ (µg)	Écart-type (µg)	N	LQ (µg)	Écart-type (µg)									
Al	30	3,9		12	2,1		36	7,9		8	35		4	27	
Al - 167,019 nm	2	12	0,18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Al - 308,215 nm	14	3,4	3,8	6	2,7	1,5	18	8,0	9,3	4	35	5,8	2	28	2,1
Al - 396,152 nm	14	3,2	3,8	6	1,5	1,2	18	7,7	9,4	4	35	5,7	2	26	0,65
As	42	2,2		18	2,9		54	1,6		12	1,5		6	1,9	
As - 188,980 nm	14	1,6	0,77	6	2,2	1,3	18	1,3	0,52	4	1,1	0,48	2	1,2	0,85
As - 193,696 nm	14	1,9	1,3	6	2,7	1,5	18	1,3	0,45	4	1,8	0,45	2	1,6	0,03
As - 197,198 nm	14	3,0	1,7	6	3,8	1,2	18	2,1	0,88	4	1,7	0,67	2	3,0	0,15
B	42	44		18	4,4		54	12		12	35		6	48	
B - 208,956 nm	14	43	131	6	4,7	6,1	18	12	16	4	35	5,4	2	45	8,9
B - 249,678 nm	14	44	137	6	4,4	6,4	18	12	17	4	35	5,5	2	48	4,3
B - 249,772 nm	14	46	141	6	4,3	6,4	18	12	17	4	35	5,5	2	50	5,0
Ba	42	0,82		18	0,05		54	0,03		12	0,09		6	0,10	
Ba - 233,527 nm	14	0,82	0,80	6	0,07	0,06	18	0,04	0,02	4	0,11	0,03	2	0,10	0,02
Ba - 455,403 nm	14	0,82	0,82	6	0,03	0,05	18	0,03	0,03	4	0,09	0,02	2	0,10	<
Ba - 493,408 nm	14	0,83	0,82	6	0,04	0,05	18	0,03	0,02	4	0,09	0,02	2	0,10	0,02
Be	42	0,09		18	0,17		54	0,08		12	0,11		6	0,09	
Be - 234,861 nm	14	0,01	<	6	0,01	0,01	18	0,01	<	4	0,01	<	2	0,01	<
Be - 249,473 nm	14	0,25	0,13	6	0,48	0,32	18	0,22	0,09	4	0,32	0,08	2	0,26	0,04
Be - 313,042 nm	14	0,01	0,01	6	0,02	0,01	18	0,01	0,01	4	0,01	0,01	2	0,01	0,01
Bi	16	4,3		6	20		18	3,6		4	2,4		2	1,4	
Bi - 179,124 nm	2	8,7	3,2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Bi - 306,771 nm	14	3,7	6,8	6	20	28	18	3,6	4,1	4	2,4	0,73	2	1,4	0,98
Bi - 339,722 nm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A									
Ca	30	8,1		18	8,9		54	18		12	20		6	58	
Ca - 393,366 nm	10	8,1	11	6	9,0	10	18	18	16	4	20	5,7	2	64	31
Ca - 396,847 nm	10	9,3	15	6	9,0	10	18	18	16	4	20	5,7	2	54	6,0
Ca - 422,673 nm	10	6,9	9,6	6	8,8	10	18	18	16	4	20	5,9	2	54	4,6
Cd	42	0,07		18	0,11		54	0,10		12	0,09		6	0,06	
Cd - 214,439 nm	14	0,07	0,04	6	0,09	0,03	18	0,09	0,08	4	0,09	0,02	2	0,06	<
Cd - 226,502 nm	14	0,05	0,02	6	0,07	0,04	18	0,08	0,07	4	0,06	0,01	2	0,05	<
Cd - 228,802 nm	14	0,10	0,05	6	0,17	0,09	18	0,12	0,07	4	0,12	0,04	2	0,07	0,01
Co	42	0,20		18	0,31		54	0,20		12	0,24		6	0,22	
Co - 228,615 nm	14	0,21	0,11	6	0,29	0,12	18	0,18	0,07	4	0,31	0,08	2	0,14	0,02
Co - 230,786 nm	14	0,20	0,11	6	0,32	0,15	18	0,24	0,07	4	0,24	0,02	2	0,35	0,25
Co - 238,892 nm	14	0,20	0,12	6	0,32	0,21	18	0,20	0,12	4	0,16	0,06	2	0,17	0,06
Cr	42	0,26		18	0,67		54	0,74		12	0,19		6	0,17	
Cr - 205,560 nm	14	0,28	0,38	6	0,65	0,55	18	0,73	0,98	4	0,27	0,04	2	0,13	0,07
Cr - 267,716 nm	14	0,25	0,39	6	0,68	0,69	18	0,72	1,0	4	0,15	0,07	2	0,15	0,03
Cr - 283,563 nm	14	0,25	0,39	6	0,68	0,70	18	0,76	1,0	4	0,16	0,08	2	0,22	0,13
Cu	42	0,21	0,14	18	0,43		54	0,37		12	1,0		6	0,32	
Cu - 213,598 nm	14	0,27	0,14	6	0,48	0,26	18	0,36	0,31	4	1,1	0,68	2	0,28	0,15
Cu - 324,754 nm	14	0,21	0,16	6	0,54	0,28	18	0,42	0,31	4	1,0	0,79	2	0,34	0,01
Cu - 327,395 nm	14	0,15	0,08	6	0,26	0,10	18	0,32	0,32	4	0,95	0,63	2	0,33	0,19
Fe	42	3,9		18	1,9		54	0,93		12	5,3		6	2,1	
Fe - 234,350 nm	14	3,8	6,8	6	1,9	1,7	18	0,94	0,83	4	5,3	2,2	2	2,1	0,13
Fe - 238,204 nm	14	3,9	6,9	6	1,8	1,5	18	0,94	0,85	4	5,3	1,9	2	2,1	0,18
Fe - 259,940 nm	14	3,9	6,9	6	1,9	1,6	18	0,92	0,82	4	5,1	2,1	2	2,2	0,17
Li	38	2,9		10	1,4		36	0,68		8	0,32		4	0,27	
Li - 460,289 nm	10	9,9	2,7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Li - 610,365 nm	14	0,23	0,19	4	0,59	0,30	18	0,32	0,19	4	0,34	0,08	2	0,34	0,15
Li - 670,783 nm	14	0,55	0,68	6	1,9	1,5	18	1,0	1,1	4	0,30	0,19	2	0,19	0,06

ELEMENT	FQ			MEC			PVC			COMPRESSE			LINGETTE		
	N	LQ (µg)	Écart- type (µg)	N	LQ (µg)	Écart- type (µg)									
Mg	38	3,8		18	0,53		54	0,92		12	16		6	14	
Mg - 279,553 nm	14	0,56	0,56	6	0,54	0,77	18	0,92	1,1	4	17	10	2	16	6,5
Mg - 280,270 nm	12	0,37	0,51	6	0,54	0,77	18	0,91	1,1	4	16	9,7	2	13	0,30
Mg - 285,213 nm	12	11	19	6	0,53	0,72	18	0,92	1,1	4	16	8,9	2	14	2,2
Mn	42	0,14		18	0,08		54	0,04		12	0,17		6	0,15	
Mn - 257,610 nm	14	0,12	0,27	6	0,05	0,05	18	0,02	0,01	4	0,15	0,05	2	0,12	0,02
Mn - 259,372 nm	14	0,14	0,30	6	0,05	0,05	18	0,03	0,02	4	0,18	0,05	2	0,13	0,01
Mn - 260,568 nm	14	0,17	0,30	6	0,13	0,06	18	0,08	0,04	4	0,18	0,06	2	0,20	<
Mo	42	2,2		18	0,52		54	0,30		12	0,32		6	0,43	
Mo - 202,032 nm	14	2,2	5,0	6	0,30	0,21	18	0,17	0,06	4	0,20	0,11	2	0,23	0,01
Mo - 203,846 nm	14	2,3	4,9	6	0,76	0,42	18	0,38	0,13	4	0,35	0,14	2	0,53	0,10
Mo - 204,598 nm	14	2,2	4,9	6	0,51	0,18	18	0,35	0,14	4	0,40	0,18	2	0,55	0,09
Na	22	64		6	9,3		30	101		8	36		2	84	32
Na - 568,821 nm	2	584	90	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Na - 588,995 nm	10	13	20	N/A	N/A	N/A	12	144	127	4	45	10	N/A	N/A	N/A
Na - 589,592 nm	10	10	17	6	9,3	15	18	72	80	4	26	4,3	2	84	32
Ni	30	11		18	0,64		54	0,39		12	1,5		6	1,6	
Ni - 216,555 nm	14	0,33	0,25	6	0,38	0,18	18	0,31	0,13	4	0,46	0,19	2	0,25	0,09
Ni - 221,648 nm	2	163	149	6	1,0	0,53	18	0,54	0,24	4	3,5	1,0	2	4,2	1,2
Ni - 231,604 nm	14	0,43	0,22	6	0,53	0,31	18	0,33	0,14	4	0,59	0,15	2	0,48	0,10
Pb	40	2,4		18	4,4		54	2,4		12	3,0		6	3,4	
Pb - 220,353 nm	14	1,0	0,40	6	1,4	0,75	18	0,89	0,43	4	1,4	0,47	2	1,4	0,19
Pb - 283,305 nm	12	3,8	1,6	6	6,6	2,6	18	3,6	1,6	4	5,6	2,4	2	5,2	0,40
Pb - 405,781 nm	14	2,6	1,7	6	5,1	2,7	18	2,9	1,3	4	2,1	0,44	2	3,5	0,08
Sb	38	6,1		/	/		54	5,5		12	6,3		6	5,3	
Sb - 187,052 nm	14	7,4	4,4	/	/	/	18	6,7	3,0	4	6,5	1,9	2	6,0	2,7
Sb - 204,957 nm	10	11	5,8	/	/	/	18	8,8	2,4	4	11	3,2	2	8,6	0,58
Sb - 206,834 nm	14	1,2	0,79	/	/	/	18	1,1	0,32	4	1,7	0,26	2	1,1	0,48
Se	42	6,3		18	9,0		54	4,5		12	7,2		6	8,4	
Se - 196,026 nm	14	1,6	0,89	6	2,1	0,84	18	1,3	0,38	4	1,4	0,51	2	2,4	1,3
Se - 203,985 nm	14	2,7	1,0	6	3,8	1,5	18	2,1	0,81	4	2,9	1,5	2	3,1	0,76
Se - 206,279 nm	14	15	7,3	6	21	3,2	18	10	5,8	4	17	3,8	2	20	8,6
Sr	42	0,29		18	0,35		54	0,19		12	0,32		6	0,33	
Sr - 216,596 nm	14	0,24	0,24	6	0,29	0,17	18	0,14	0,06	4	0,32	0,15	2	0,28	0,05
Sr - 407,771 nm	14	0,12	0,28	6	0,02	0,02	18	0,02	0,02	4	0,12	0,03	2	0,06	0,01
Sr - 460,733 nm	14	0,53	0,43	6	0,74	0,28	18	0,42	0,12	4	0,51	0,14	2	0,65	0,03
Ti	42	0,54		18	0,12		54	0,22		12	0,31		6	0,13	
Ti - 334,941 nm	14	0,54	1,1	6	0,06	0,04	18	0,21	0,24	4	0,34	0,19	2	0,13	0,06
Ti - 336,122 nm	14	0,54	1,1	6	0,16	0,05	18	0,22	0,22	4	0,30	0,18	2	0,11	0,03
Ti - 337,280 nm	14	0,54	1,1	6	0,13	0,10	18	0,23	0,21	4	0,29	0,11	2	0,15	0,04
Tl	42	3,7		18	7,5		54	3,8		12	3,6		6	3,4	
Tl - 276,789 nm	14	4,3	2,1	6	7,0	4,3	18	4,0	1,9	4	3,5	1,2	2	3,5	4,3
Tl - 351,923 nm	14	3,1	1,5	6	7,9	3,0	18	3,5	1,3	4	3,0	0,88	2	2,9	0,63
Tl - 377,572 nm	14	3,9	2,5	6	7,7	3,4	18	3,9	1,8	4	4,3	1,2	2	3,7	0,37
V	42	0,17		18	0,14		54	0,10		12	0,18		6	0,12	
V - 268,796 nm	14	0,34	0,55	6	0,20	0,09	18	0,16	0,05	4	0,20	0,09	2	0,15	0,06
V - 309,310 nm	14	0,10	0,11	6	0,09	0,06	18	0,06	0,02	4	0,23	0,28	2	0,11	0,07
V - 311,837 nm	14	0,07	0,02	6	0,12	0,05	18	0,07	0,03	4	0,11	0,01	2	0,09	0,03
Zn	42	0,64		18	0,53		54	2,3		12	1,6		6	4,1	
Zn - 202,548 nm	14	0,59	0,42	6	0,42	0,32	18	2,3	2,4	4	1,6	0,23	2	4,0	0,85
Zn - 206,200 nm	14	0,70	0,46	6	0,74	0,63	18	2,3	2,4	4	1,7	0,12	2	3,9	0,61
Zn - 213,857 nm	14	0,61	0,44	6	0,42	0,34	18	2,3	2,4	4	1,6	0,25	2	4,3	1,5

« N/A » : non déterminés (R^2 étalonnage < 0,995) ; « / » : non analysés ; « < » : valeurs strictement inférieures à 0,005 µg

Tableau A6 : Niveaux de blancs en fonction des supports, des éléments et des longueurs d'onde, en mode radial (conditions analytiques, cf. tableau A2)

ELEMENT	FQ			MEC			PVC			COMPRESSE			LINGETTE		
	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)
Al	28	8,0		4	0,20		32	3,6		8	33		4	36	
Al - 167,019 nm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Al - 308,215 nm	14	8,7	11	2	0,15	0,03	16	3,6	1,5	4	33	1,2	2	36	0,09
Al - 396,152 nm	14	7,2	12	2	0,25	0,01	16	3,6	1,2	4	33	1,3	2	35	0,08
As	42	0,04		6	<		48	<		12	<		6	<	
As - 188,980 nm	14	0,03	0,07	2	<		16	<		4	<		2	<	
As - 193,696 nm	14	<		2	0,02	0,06	16	<		4	<		2	<	
As - 197,198 nm	14	0,10	0,12	2	<		16	<		4	<		2	<	
B	42	29		6	1,9		48	5,9		12	25		6	207	
B - 208,956 nm	14	28	34	2	1,9	0,05	16	5,7	6,1	4	25	2,0	2	202	0,6
B - 249,678 nm	14	29	35	2	1,9	0,02	16	5,9	6,4	4	26	2,0	2	209	1,4
B - 249,772 nm	14	29	35	2	1,9	0,01	16	5,9	6,4	4	26	2,1	2	210	1,0
Ba	42	0,48		6	<		48	<		12	0,22		6	0,28	
Ba - 233,527 nm	14	0,45	0,19	2	<		16	<		4	0,20	0,09	2	0,25	<
Ba - 455,403 nm	14	0,51	0,21	2	<		16	<		4	0,23	0,09	2	0,27	<
Ba - 493,408 nm	14	0,48	0,21	2	0,01	<	16	<		4	0,23	0,08	2	0,31	<
Be	42	<		6	<		48	<		12	<		6	<	
Be - 234,861 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Be - 249,473 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Be - 313,042 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Bi	14	<		2	0,22		16	<		4	<		2	<	
Bi - 179,124 nm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Bi - 306,771 nm	14	<		2	0,22	0,03	16	<		4	<		2	<	
Bi - 339,722 nm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ca	42	87		6	1,8		48	2,8		12	108		6	275	
Ca - 393,366 nm	14	88	95	2	1,8	1,0	16	2,8	10	4	108	20	2	274	1,2
Ca - 396,847 nm	14	89	96	2	1,9	1,0	16	2,8	10	4	108	20	2	276	2,6
Ca - 422,673 nm	14	85	92	2	1,9	1,0	16	2,8	10	4	108	20	2	275	1,7
Cd	42	<		6	<		48	<		12	<		6	<	
Cd - 214,439 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Cd - 226,502 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Cd - 228,802 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Co	42	<		6	<		48	<		12	<		6	<	
Co - 228,615 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Co - 230,786 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Co - 238,892 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Cr	42	0,09		6	<		48	0,21		12	<		6	<	
Cr - 205,560 nm	14	0,11	0,11	2	<		16	0,21	0,55	4	<		2	<	
Cr - 267,716 nm	14	0,08	0,08	2	<		16	0,23	0,69	4	<		2	<	
Cr - 283,563 nm	14	0,07	0,08	2	<		16	0,20	0,70	4	<		2	<	
Cu	42	<		6	<		48	<		12	<		6	<	
Cu - 213,598 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Cu - 324,754 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Cu - 327,395 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Fe	42	3,0		6	<		48	0,57		12	12		6	4,1	
Fe - 234,350 nm	14	3,0	0,32	2	<		16	0,56	1,7	4	12	0,41	2	4,1	0,05
Fe - 238,204 nm	14	3,0	0,33	2	<		16	0,58	1,5	4	12	0,42	2	4,1	0,07
Fe - 259,940 nm	14	3,0	0,32	2	<		16	0,57	1,6	4	12	0,44	2	4,1	0,06
Li	28	0,76		6	2,9		34	1,4		8	0,95		4	0,99	
Li - 460,289 nm	N/A	N/A	N/A	2	5,9	1,33	2	5,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Li - 610,365 nm	14	1,7	0,46	2	3,3	0,02	16	2,6	0,30	4	2,5	0,01	2	2,5	0,01
Li - 670,783 nm	14	<	0,10	2	<		16	<		4	<		2	<	

ELEMENT	FQ			MEC			PVC			COMPRESSE			LINGETTE		
	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)	N	Niveau de blanc (µg)	Écart-type (µg)
Mg	42	15		6	<		48	0,17		12	100		6	91	
Mg - 279,553 nm	14	1,4	1,9	2	<		16	0,15	0,77	4	100	42	2	90	0,27
Mg - 280,270 nm	14	0,78	1,5	2	<		16	0,14	0,77	4	100	43	2	91	0,67
Mg - 285,213 nm	14	43	48	2	<		16	0,22	0,72	4	99	43	2	91	0,57
Mn	42	<		6	<		48	<		12	0,33		6	0,40	
Mn - 257,610 nm	14	<		2	<		16	<		4	0,32	0,16	2	0,36	<
Mn - 259,372 nm	14	<		2	<		16	<		4	0,34	0,17	2	0,39	<
Mn - 260,568 nm	14	<		2	<		16	<		4	0,34	0,15	2	0,44	<
Mo	42	3,2		6	<		48	<		12	<		6	<	
Mo - 202,032 nm	14	3,2	1,4	2	<		16	<		4	<		2	<	
Mo - 203,846 nm	14	3,2	1,4	2	<		16	<		4	<		2	<	
Mo - 204,598 nm	14	3,2	1,4	2	<		16	<		4	<		2	<	
Na	28	191		2	<		28	48		8	175		2	1156	12
Na - 568,821 nm	14	205	239	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Na - 588,995 nm	14	177	205	N/A	N/A	N/A	12	65	N/A	4	200	147	N/A	N/A	N/A
Na - 589,592 nm	28	<		2	<		16	36	15	4	151	115	2	1156	12
Ni	14	<		6	<		48	<		12	<		6	<	
Ni - 216,555 nm	N/A	N/A	N/A	2	<		16	<		4	<		2	<	
Ni - 221,648 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Ni - 231,604 nm	42	0,35	0,74	2	<		16	<		4	<		2	<	
Pb	14	<		6	0,46		48	0,51		12	0,42		6	0,33	
Pb - 220,353 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Pb - 283,305 nm	14	1,3	0,40	2	<		16	<		4	<		2	<	
Pb - 405,781 nm	42	0,30	0,53	2	2,0	0,1	16	1,9	2,7	4	2,0	0,13	2	2,2	0,02
Sb	14	0,13		/	/		48	0,06		12	0,08		6	<	
Sb - 187,052 nm	14	0,81	0,51	/	/	/	16	0,04	<	4	0,07	0,48	2	0,08	0,38
Sb - 204,957 nm	14	<		/	/	/	16	0,15	<	4	0,32	0,71	2	<	
Sb - 206,834 nm	42	0,41	0,59	/	/	/	16	<		4	<		2	0,02	0,07
Se	14	<		6	0,14		48	0,15		12	0,06		6	0,36	
Se - 196,026 nm	14	0,23	0,13	2	<		16	<		4	<		2	<	
Se - 203,985 nm	14	1,1	0,55	2	<		16	0,19	1,5	4	<		2	0,21	0,09
Se - 206,279 nm	42	<		2	0,66	<	16	0,34	3,2	4	0,43	0,48	2	1,0	0,62
Sr	14	<		6	<		48	<		12	0,71		6	0,10	
Sr - 216,596 nm	14	<		2	<		16	<		4	0,76	0,28	2	0,11	<
Sr - 407,771 nm	14	<		2	<		16	<		4	0,72	0,31	2	0,05	<
Sr - 460,733 nm	42	0,46	0,44	2	<		16	<		4	0,66	0,32	2	0,15	0,02
Ti	14	0,46		6	<		48	<		12	0,35		6	0,22	
Ti - 334,941 nm	14	0,47	0,44	2	<		16	<		4	0,37	0,12	2	0,23	0,03
Ti - 336,122 nm	14	0,46	0,45	2	<		16	0,03	0,05	4	0,35	0,12	2	0,23	0,02
Ti - 337,280 nm	42	<		2	<		16	<		4	0,34	0,12	2	0,20	0,02
Tl	14	0,13		6	<		48	0,06		12	<		6	0,02	
Tl - 276,789 nm	14	0,05	0,22	2	0,08	0,2	16	0,14	4,3	4	<		2	0,26	0,04
Tl - 351,923 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
Tl - 377,572 nm	42	0,04	0,23	2	0,42	0,4	16	0,11	3,4	4	<		2	0,07	0,04
V	14	0,31		6	<		48	<		12	<		6	<	
V - 268,796 nm	14	<		2	<		16	<		4	<		2	<	
V - 309,310 nm	14	<		2	<		16	0,06	0,06	4	<		2	0,03	<
V - 311,837 nm	42	0,06	0,14	2	<		16	<		4	<		2	<	
Zn	14	0,06		6	<		48	0,08		12	0,95		6	19	
Zn - 202,548 nm	14	0,07	0,15	2	<		16	0,08	0,32	4	0,93	0,36	2	19	0,06
Zn - 206,200 nm	14	0,06	0,15	2	<		16	0,07	0,63	4	0,95	0,40	2	19	0,01
Zn - 213,857 nm	N/A	N/A	N/A	2	<		16	0,09	0,34	4	0,96	0,36	2	19	0,06

« N/A » : non déterminés (R^2 étalonnage < 0,995) ; « / » : non analysés ; « < » : valeurs strictement inférieures à 0,005 µg