

# Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Simon Aubin<sup>1</sup>, Ousmane Bangoura<sup>1</sup>, Corina Tue<sup>1</sup>

QR-1234-fr





## NOS RECHERCHES travaillent pour vous !

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

### Pour en savoir plus

Visitez notre dépôt institutionnel PhareSST! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.

[www.pharesst.irsst.qc.ca](http://www.pharesst.irsst.qc.ca)

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CNESST ([preventionautravail.com](http://preventionautravail.com))
- au bulletin électronique [InfoIRSST](#)

### Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2025  
ISBN 978-2-89797-338-4 (PDF)

<https://doi.org/10.70010/WROP3978>

Divulcation de l'utilisation de  
l'intelligence artificielle générative (IAG)



© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé  
et en sécurité du travail, 2025

Ce document est sous une licence Creative Commons.  
[Attribution - Utilisation non commerciale - Pas d'œuvre dérivée 4.0 International](#). Cette licence autorise l'utilisation et le partage du document, à condition que l'IRSST soit cité en tant que source, que le contenu est diffusé sans modification et qu'il est utilisé à des fins non commerciales. Si vous souhaitez modifier son contenu ou l'utiliser à des fins commerciales, veuillez contacter :  
[publications@irsst.qc.ca](mailto:publications@irsst.qc.ca)



IRSST — Service des communications et des relations publiques  
505, boul. De Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec) H3A 3C2  
Téléphone : 514 288-1551  
[publications@irsst.qc.ca](mailto:publications@irsst.qc.ca)  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

### Note au lecteur

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs. Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document n'ont pas fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

### Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information. Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle. Cette publication est disponible en version PDF sur le dépôt institutionnel de l'IRSST (PhareSST).

# Cadre de référence pour la recherche en SST



Prévention des atteintes à l'intégrité physique et psychique



Réadaptation, retour et maintien au travail



Surveillance et prospection des données en SST



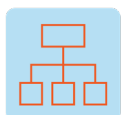
Identification des dangers, estimation et évaluation des risques



Élimination des dangers et maîtrise des risques



Métrologie appliquée à la SST



Organisation du travail



Santé mentale et psychologique



Population, société et SST

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Sabrina Gravel de l'IRSST pour son aide au niveau de l'analyse statistique.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1. OBJECTIFS DE RECHERCHE</b> .....	<b>2</b>
<b>2. MÉTHODOLOGIE</b> .....	<b>3</b>
2.1 Génération des condensats de bitume.....	3
2.2 Caractérisation des condensats de bitume .....	4
2.3 Méthode IRSST 381 (résumé) .....	5
2.3.1 Prélèvement .....	5
2.3.2 Analyse .....	5
2.4 Étude de l'efficacité d'extraction.....	6
2.4.1 Filtre .....	6
2.4.2 Tube adsorbant .....	7
2.5 Traitement des données .....	8
2.5.1 Efficacité d'extraction.....	8
2.5.2 Facteurs de correction.....	9
<b>3. RÉSULTATS, DISCUSSION ET CONCLUSION</b> .....	<b>11</b>
3.1 Génération et caractérisation des condensats de bitume.....	11
3.2 Détermination du coefficient d'extraction k.....	12
3.3 Détermination du facteur de correction K.....	13
3.4 Conclusion.....	14
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>15</b>
<b>ANNEXE A</b> .....	<b>16</b>
A.I Profils chromatographiques des trois condensats .....	16
<b>ANNEXE B</b> .....	<b>17</b>
B.I Profils chromatographiques d'un condensat et d'un étalon d'hydrocarbures aliphatiques C9 à C34.....	17
<b>ANNEXE C</b> .....	<b>18</b>
C.I Profils chromatographiques d'un condensat et d'un échantillon réel de fumées d'asphalte .....	18
<b>IRSST</b> ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible	

<b>ANNEXE D</b> .....	<b>19</b>
D.1 Tableaux des résultats de l'étude d'efficacité d'extraction .....	19

## LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1. Description de bitumes utilisés et concentration de leur condensat dans l'extrait final généré.....	3
Tableau 2. Combinaisons bitume-solvant-média collecteur décrivant la préparation des échantillons pour effectuer l'étude de l'efficacité d'extraction .....	8
Tableau 3. Description de bitumes utilisés et concentration de leur condensat dans l'extrait final généré.....	11
Tableau 4. Coefficients d'extraction k moyen pour chaque bitume en fonction du solvant utilisé pour le média collecteur filtre .....	12
Tableau 5. Coefficients d'extraction k moyen pour chaque bitume en fonction du solvant utilisé pour le média collecteur tube .....	12
Tableau 6. Facteurs de correction K calculés pour rendre la méthode IRSST 381 équivalente à l'expression de la nouvelle VEMP pour les fumées d'asphalte.....	13

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma du banc de génération de condensat de bitume en laboratoire .....	4
Figure 2. Dispositif de prélèvement (code IRSST 937) utilisé pour le prélèvement des fumées d'asphalte par la méthode IRSST 381 .....	5

## ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

---

Acronyme	Définition
FID	Détecteur à ionisation de flamme
GC	Chromatographie en phase gazeuse
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
MS	Spectrométrie de masse
MTMD	Ministère des Transports et de la Mobilité durable
PTFE	Polytétrafluoroéthylène
VEMP	Valeur d'exposition moyenne pondérée

---

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

## INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, la valeur d'exposition admissible consiste en une valeur d'exposition moyenne pondérée (VEMP) des fumées d'asphalte est de 5 mg/m<sup>3</sup>, prélevée en fraction « particules totales », pour laquelle une mesure gravimétrique non spécifique est préconisée (*Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c. S-2.1, r. 13 [RSST]). Une nouvelle VEMP entre en vigueur en mars 2026 avec la valeur et l'expression suivante : 1,5 mg/m<sup>3</sup> [particules et vapeur exprimée en fraction soluble dans le benzène ou son équivalent] prélevé en fraction « particules totales » (Pt). La méthode préconisée pour soutenir cette VEMP est la méthode IRSST 381, qui est une adaptation directe de la méthode MétroPol M-2 (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail [IRSST], 2026; Institut national de recherche et de sécurité [INRS], 2016). Cette méthode utilise un dispositif de prélèvement à deux médias collecteurs placés en série qui échantillonnent les fumées d'asphalte dans les deux phases spécifiées par l'expression de la VEMP : un filtre (phase particulaire) et un tube adsorbant (phase vapeur). Les deux médias collecteurs sont analysés séparément au laboratoire pour ensuite combiner leur résultat pour comparaison à la VEMP.

La méthode IRSST 381 utilise toutefois le n-heptane pour l'extraction des échantillons en laboratoire. Afin de simplifier la lecture, heptane est utilisé pour la suite du texte pour désigner n-heptane. Puisque l'expression de la nouvelle VEMP implique que le solvant d'extraction doit être le benzène ou son équivalent, il importe de s'assurer que l'heptane est équivalent au benzène en termes d'efficacité d'extraction. Il était d'emblée exclu que le benzène soit utilisé comme solvant dans la méthode préconisée en raison de sa toxicité, le benzène étant un cancérogène avéré selon le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2018). Une validation exhaustive de l'heptane comme étant une alternative équivalente au benzène est donc primordiale. L'étude réalisée par Sutter, Ravera, *et al.* (2016) constituait un point de départ en établissant que l'heptane était la meilleure alternative au benzène pour cette application, mais des données supplémentaires doivent être générées dans un contexte spécifiquement québécois pour confirmer que l'heptane est équivalent au benzène au sens de la VEMP décrite ci-haut.

- IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

## 1. OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif de cette étude est de déterminer si l'heptane produit des résultats équivalents au benzène, en tant que solvant d'extraction, pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en appliquant la méthode IRSST 381. Pour atteindre cet objectif, l'étude s'est déclinée en objectifs spécifiques suivants :

- Générer trois condensats de bitume représentatifs de ceux utilisés au Québec.
- Déterminer l'efficacité d'extraction relative de l'heptane par rapport au benzène des fumées d'asphalte en utilisant les trois condensats de bitume générés.
- Calculer le facteur de correction à apporter, le cas échéant, à la méthode IRSST 381 pour la rendre équivalente à l'utilisation du benzène prévue par l'expression de la nouvelle VEMP.

## 2. MÉTHODOLOGIE

### 2.1 Génération des condensats de bitume

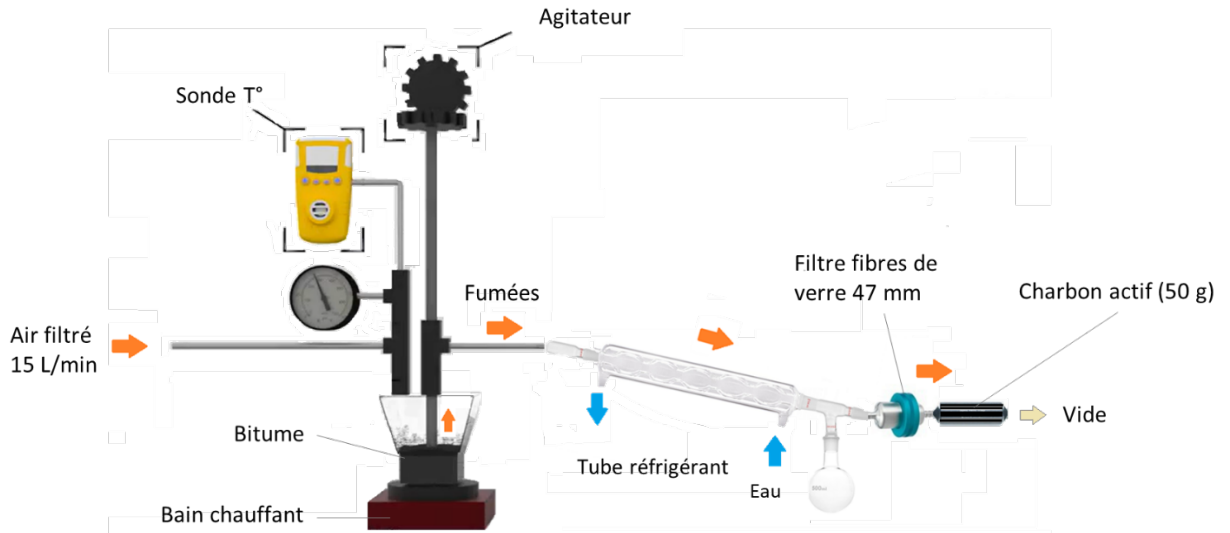
Trois bitumes ont été sélectionnés en fonction de la fréquence de leur utilisation par le ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD) (Aubin *et al.*, 2019). Cette sélection avait pour but d'assurer la représentativité des bitumes étudiés dans le contexte d'application québécois de la réglementation en santé et sécurité du travail. Les données générées dans cette étude seront ultimement utilisées pour corriger les résultats d'analyse de laboratoire générés lors d'évaluations environnementales en hygiène du travail; à ce titre, elles doivent représenter fidèlement la réalité des procédés industriels du Québec. Un bref descriptif de ces bitumes est présenté au tableau 1. On souligne que depuis 2019 le MTMD utilise une autre nomenclature que celle figurant (Grade PG) au tableau 1.

**Tableau 1. Description de bitumes utilisés**

Bitume	Grade PG*	Utilisation MTMD (%)
1	70-28	10
2	58-34	42
3	64-34	38

\* Performance Grade (ancien système de classement de performance)

Les condensats de bitume ont été générés en adaptant l'approche de Sutter, Pelletier, *et al.* (2016). Le principe repose sur le chauffage d'un bitume dans un réacteur dans lequel un débit d'air entraîne les fumées générées. Celles-ci sont ensuite refroidies et captées par un collecteur composé d'un filtre et d'une cartouche d'adsorbant, configurées pour être capables de capter une quantité importante de fumées de bitume sur une longue période et à un débit beaucoup plus élevé que celui habituellement employé en hygiène du travail. Le schéma du banc de génération est présenté à la figure 1. Le système de génération fonctionne en continu et la pression interne du système est ajustée par un vide connecté en aval du collecteur de fumées. Pour chaque bitume, une quantité suffisante de condensat est obtenue au bout d'une trentaine d'heures d'opération du banc, soit après environ cinq jours de travail.



**Figure 1. Schéma du banc de génération de condensat de bitume en laboratoire**

Une extraction au dichlorométhane a été effectuée sur l'ensemble des composants du système exposés aux fumées (lignes de transfert, ballon de verre et porte-filtre), en plus des deux supports de collecte (filtre de fibres de verre et charbon actif). Les différentes fractions d'extrait de dichlorométhane contenant les fumées de bitume ont ensuite été combinées. Le dichlorométhane de l'extrait final a été évaporé sous jet d'azote jusqu'à l'obtention d'un volume de quelques millilitres, puis ramené à un volume précis d'extrait final de 10 mL avec du cyclohexane. Ce solvant a été choisi pour sa compatibilité avec les supports de collecte utilisés par la méthode 381, dans le cadre des procédures décrites plus bas.

## 2.2 Caractérisation des condensats de bitume

L'extrait final des trois condensats de bitume ainsi générés a été analysé par chromatographie en phase gazeuse (GC) couplée à un détecteur à ionisation de flamme (GC-FID) en appliquant la quantification en équivalent hexadécane de la méthode IRSST 381. Leur profil chromatographique a également été comparé entre eux ainsi qu'avec un mélange d'étalonnage d'hydrocarbures Connecticut ETPH (Restek, États-Unis) afin d'obtenir plus d'informations sur la composition des hydrocarbures présents dans les condensats. Ceux-ci ont aussi été analysés qualitativement par GC couplée à la spectrométrie de masse (MS) pour identifier les principales familles chimiques des substances les composant. Pour ce faire, une instruction de travail de laboratoire a été adaptée en diluant l'extrait final de condensat dans du disulfure de carbone (IRSST, 2023). Le profil chromatographique des condensats a aussi été comparé à celui d'un échantillon prélevé lors d'opérations de pavage en contexte réel, dans le cadre du service analytique des laboratoires de l'IRSST. Cette comparaison visait à évaluer dans quelle

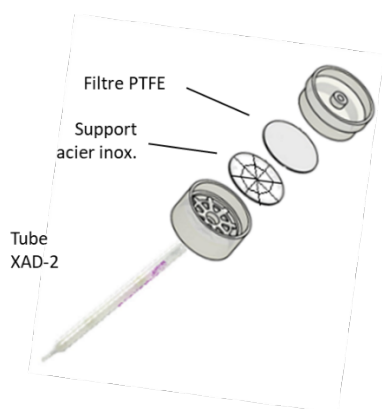
- IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

mesure les condensats obtenus pouvaient être représentatifs des fumées retrouvées dans des échantillons réels, plus précisément comment les fumées étaient réparties au sein des deux milieux collecteurs (filtre ou tube).

## 2.3 Méthode IRSST 381 (résumé)

### 2.3.1 Prélèvement

Les deux milieux collecteurs utilisés par la méthode 381 sont un filtre 37 mm de polytétrafluoroéthylène (PTFE) prépesé, inséré dans une cassette fermée de polystyrène, relié par un tube flexible d'environ 3 cm de longueur à un tube adsorbant Orbo-42L (100 mg/50 mg Amberlite™ XAD® -2). L'échantillonnage se fait à un débit de 1 L/min. La figure 2 présente le dispositif de prélèvement.



**Figure 2. Dispositif de prélèvement (code IRSST 937) utilisé pour le prélèvement des fumées d'asphalte par la méthode IRSST 381**

### 2.3.2 Analyse

L'analyse de laboratoire débute par une extraction séparée des deux milieux collecteurs, préalablement transférés dans une jarre de 20 mL (filtre) et un vial de 4 mL (tube). Les deux plages de 100 mg et 50 mg sont traitées séparément. Dans ces contenants, respectivement, sont ajoutés 2,0 mL et 1,0 mL d'heptane. Il est à noter que pour atteindre l'objectif de l'étude, le benzène a remplacé l'heptane pour certaines séries d'échantillons comme décrit ci-dessous.

Les extraits sont analysés par GC-FID et la quantification se base sur un étalonnage effectué en hexadécane (C16). L'ensemble du signal produit au FID par les substances présentes dans l'échantillon est pris en compte pour déterminer une quantité de fumées d'asphalte exprimée en équivalent C16.

- IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

## 2.4 Étude de l'efficacité d'extraction

L'efficacité d'extraction se définit comme la mesure, exprimée en pourcentage ou fraction, de la quantité d'un analyte (substance à analyser, ici les fumées d'asphalte) mesurée dans un échantillon par une méthode d'analyse donnée par rapport à la quantité connue ajoutée initialement.

La stratégie appliquée ici pour déterminer l'efficacité d'extraction repose sur la connaissance exacte et précise de la quantité de fumées de bitume captée sur les supports de collecte (filtre et adsorbant). Les condensats obtenus en laboratoire reproduisent les fumées d'asphalte, et leur dépôt sur les supports de collecte par voie liquide imite la collecte des fumées aéroportées. La voie liquide permet d'avoir un haut niveau de contrôle sur la quantité d'analyte ajoutée aux supports de collecte. Cette stratégie permet ainsi d'obtenir de façon simple la quantité voulue d'analyte sur le support et de minimiser la variabilité entre les répliques découlant de la méthodologie employée.

L'approche générale, décrite en détails ci-dessous, consiste à préparer des échantillons simulés en ajoutant une quantité de fumées d'asphalte directement sur le support de collecte (filtre ou adsorbant). Ces échantillons sont appelés « avec média collecteur ». En parallèle, d'autres échantillons sont préparés en ajoutant exactement la même quantité de fumées d'asphalte, mais sans support de collecte. Ces échantillons sont appelés « sans média collecteur ». La quantité de fumées mesurée dans les échantillons « sans média collecteur » constitue la quantité connue d'analyte. L'efficacité d'extraction s'obtient donc en divisant la quantité mesurée dans l'échantillon « avec média collecteur » par celle mesurée dans l'échantillon « sans média collecteur ». Le pourcentage (ou la fraction) obtenu représente ainsi la proportion des fumées d'asphalte effectivement extraites et analysées par la méthode, par rapport à la quantité initialement ajoutée.

Les sections suivantes présentent les procédures appliquées en laboratoire ainsi que les équations utilisées pour calculer l'efficacité d'extraction et le facteur de correction qui en découle. Le tableau 2 présente l'ensemble des combinaisons bitume — solvant — média collecteur sur lequel a porté l'étude de l'efficacité d'extraction.

### 2.4.1 Filtre

Des solutions de transfert ont été préparées en diluant l'extrait de condensat produit en laboratoire, tel que décrit précédemment. La concentration en condensat (fumées d'asphalte) dans les solutions de transfert varie selon la quantité requise à déposer sur le filtre, en fixant l'intervalle de volumes de transfert entre 10 µL et 100 µL pour des considérations pratiques de laboratoire.

Les échantillons « avec média collecteur » analysés ont été préparés en transférant un volume variable, mais précis des solutions de transfert sur un filtre PTFE préalablement

transféré dans une jarre de 20 mL. Un volume de deux millilitres de solvant d'extraction (heptane ou benzène) est ensuite ajouté dans la jarre contenant le filtre. Cinq séries d'échantillons ont été préparées pour couvrir le domaine d'étalonnage de la méthode allant de 8 à 200 µg/mL, avec six répliques par niveau de concentration. L'ensemble de ses manipulations a été effectué pour les trois bitumes étudiés.

Les échantillons « sans média collecteur » analysés ont été préparés en transférant un volume variable, mais précis, des solutions de transfert directement dans une jarre de 20 mL, en l'absence de filtre PTFE. Un volume de deux millilitres de solvant d'extraction (heptane ou benzène) est ensuite ajouté dans la jarre. Les niveaux de concentration et le nombre de répliques de ces échantillons sont exactement les mêmes que ceux mentionnés au paragraphe précédent. L'ensemble de ces manipulations a été effectué pour les trois bitumes étudiés.

#### **2.4.2 Tube adsorbant**

La même procédure que celle décrite pour les filtres aux paragraphes précédents a été appliquée.

Les échantillons « avec média collecteur » analysés ont été préparés en transférant un volume variable, mais précis, des solutions de transfert sur 100 mg d'adsorbant (l'équivalent de la première plage du tube Orbo 42L) préalablement transféré dans un vial de 4 mL. Un volume d'un millilitre de solvant d'extraction (heptane ou benzène) est ensuite ajouté dans le vial contenant l'adsorbant. Cinq séries d'échantillons ont été préparées pour couvrir le domaine d'étalonnage de la méthode, allant de 15 à 400 µg/mL, avec six répliques par niveau de concentration. L'ensemble de ces manipulations a été effectué pour les trois bitumes étudiés.

Les échantillons « sans média collecteur » analysés ont été préparés en transférant un volume variable, mais précis, des solutions de transfert directement dans un vial de 4 mL, en l'absence d'adsorbant. Un volume d'un millilitre de solvant d'extraction (heptane ou benzène) est ensuite ajouté dans le vial. Les niveaux de concentration et le nombre de répliques de ces échantillons sont exactement les mêmes que ceux mentionnés au paragraphe précédent. L'ensemble de ces manipulations a été effectué pour les trois bitumes étudiés.

Étant donné que la stratégie fondée sur l'utilisation de condensats pour générer les données servant au calcul de l'efficacité d'extraction impliquait la mise en contact du média collecteur tube avec une quantité importante de composés à très faible volatilité (p. ex. C18 et plus), qui ne sont pas susceptibles, en condition réelle, de se retrouver sur ce média collecteur, un sous-ensemble des résultats a fait l'objet d'une analyse distincte. Cette approche visait à vérifier la possibilité que l'efficacité d'extraction puisse différer lorsque seuls les composés présentant une volatilité suffisante pour être collectés sur le

tube adsorbant sont pris en compte. À cette fin, le coefficient d'extraction de l'heptane pour le média collecteur tube a été recalculé à partir des résultats obtenus avec le bitume 3, en ne considérant que le signal FID associé aux composés C18 ou moins pour la quantification, sur la base de la caractérisation présentée précédemment.

**Tableau 2. Combinaisons bitume-solvant-média collecteur décrivant la préparation des échantillons pour effectuer l'étude de l'efficacité d'extraction**

Bitume	Solvant	Filtre		Tube		
		Avec média collecteur	Sans média collecteur	Avec média collecteur	Sans média collecteur	
1	Heptane	5 conc. x 6 rép. = 30*	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	
	Benzène	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	
2	Heptane	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	
	Benzène	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	
3	Heptane	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	
	Benzène	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	5 conc. x 6 rép. = 30	
Total						
Nbre éch. préparés et analysés		180	180	180	180	720

\* Cinq niveaux de concentration, six répliques, pour un total de 30 échantillons

## 2.5 Traitement des données

### 2.5.1 Efficacité d'extraction

Un coefficient d'extraction a été calculé pour l'heptane et le benzène à chacun des niveaux de concentration étudiés. L'équation 1 décrit le calcul effectué pour obtenir ce coefficient d'extraction pour un média collecteur et un bitume donné.

$$1. \quad k_{sj} = C_{s m moy j} / C_{s moy j}$$

Où

$k_{sj}$  est le coefficient d'extraction des fumées d'asphalte pour un solvant  $s$  (heptane ou benzène) et un niveau de concentration  $j$ .

$C_{s m moy j}$  est la concentration moyenne de fumées, en  $\mu\text{g/mL}$ , mesurée dans l'extrait de solvant s « avec média » du réplica  $i$  de niveau de concentration  $j$ .

$C_{s moy j}$  est la concentration moyenne de fumées, en  $\mu\text{g/mL}$ , mesurée dans les extraits de solvant s « sans média » du niveau de concentration  $j$ .

L'équation 2 décrit le calcul du coefficient d'extraction moyen pour un média collecteur et un bitume donné.

$$2. k_{s moy} = (\sum k_{s j}) / n_j$$

Où

$k_{s moy}$  est le coefficient d'extraction moyen des fumées d'asphalte pour un solvant s.

$k_{s j}$  est le coefficient d'extraction des fumées d'asphalte pour un solvant s et un niveau de concentration  $j$ .

$n_j$  est le nombre de niveaux de concentration étudiés, qui est égal à 5.

### 2.5.2 Facteurs de correction

Le facteur de correction se définit comme étant le facteur à appliquer aux résultats produits par la méthode IRSST 381 (extraction à l'heptane) afin de les rendre équivalents à l'expression de la VEMP, c'est-à-dire équivalents à ceux obtenus sila méthode IRSST 381 utilisait le benzène comme solvant d'extraction. Les équations 3 et 4 décrivent le calcul de ce facteur de correction.

$$3. K_{F \text{ ou } T, b} = k_{\text{benz}, F \text{ ou } T, b} / k_{\text{hept}, F \text{ ou } T, b}$$

Où

$K_{F \text{ ou } T, b}$  est le facteur de correction pour corriger les résultats obtenus sur un média collecteur filtre (F) ou tube (T) pour un bitume b.

$k_{\text{benz}, F \text{ ou } T, b}$  est le coefficient d'extraction du benzène pour un média collecteur filtre (F) ou tube (T) pour un bitume b.

$K_{\text{hept, F ou T, b}}$  est le coefficient d'extraction de l'heptane pour un média collecteur filtre (F) ou tube (T) pour un bitume b.

$$4. \quad K_{\text{F ou T}} = \sum K_{\text{F ou T, b}} / n_b$$

$K_{\text{F ou T}}$  est le facteur de correction pour corriger les résultats obtenus sur un média collecteur filtre (F) ou tube (T).

$K_{\text{F ou T, b}}$  est le facteur de correction pour corriger les résultats obtenus sur un média collecteur filtre (F) ou tube (T) pour un bitume b.

$n_b$  est le nombre de bitumes étudiés, qui est égal à 3.

Les calculs ont été effectués avec le logiciel Excel (Microsoft, États-Unis). Les régressions linéaires univariées, effectuées pour déterminer l'intervalle de confiance 95 % du coefficient de correction  $K_{\text{F ou T}}$ , ont été déterminées à l'aide du logiciel STATA version 15.1 (StataCorp LLC, États-Unis).

### 3. RÉSULTATS, DISCUSSION ET CONCLUSION

#### 3.1 Génération et caractérisation des condensats de bitume

Trois condensats de bitume ont été générés, et le tableau 3 décrit leur concentration dans l'extrait final telle que mesurée par la méthode IRSST 381. On y constate que la concentration en condensat du bitume 1 est approximativement la moitié de celle des deux autres. Le bitume 1 génèrerait donc moins de fumées que les deux autres, étant donné que la durée de génération des trois condensats était similaire.

**Tableau 3. Concentration des condensats dans l'extrait final généré**

Bitume	Conc. (mg/mL) équivalent C16
1	47,8
2	78,3
3	80,3

La comparaison des profils chromatographiques des condensats entre eux (Annexe A) a démontré qu'ils présentaient une composition similaire en matière de profil de volatilité, bien que le bitume 3 démontrait une proportion plus grande de composés volatils.

L'analyse GC-MS a révélé que les condensats étaient principalement composés d'hydrocarbures aliphatiques cycliques et non cycliques. Les hydrocarbures présents comptaient entre 10 et 30 atomes de carbone, ce qui a été confirmé par la comparaison avec l'étalon C9 à C34 (Annexe B). En moindre importance, des hydrocarbures soufrés ont également été identifiés.

La comparaison des profils chromatographiques des condensats avec celui d'un échantillon réel de fumées d'asphalte (filtre + tube) (Annexe C) a permis de constater que les condensats étaient constitués d'hydrocarbures peu volatils susceptibles d'être retenus par le filtre, ainsi que d'hydrocarbures plus volatils susceptibles d'être retenus dans le tube adsorbant. Ces observations démontrent que les condensats générés avaient des profils de volatilité compatibles avec une capture par le filtre et/ou par le tube.

L'ensemble des données générées par la caractérisation des condensats générés suggère qu'ils seraient adéquats, en termes de représentativité des fumées d'asphalte provenant de situations réelles, pour être utilisés comme matériau de base afin de simuler des échantillons servant à déterminer l'efficacité d'extraction, comme présenté à la section suivante.

### 3.2 Détermination du coefficient d'extraction k

Les coefficients d'extraction moyens pour chaque bitume, en fonction du solvant utilisé (équations 1 et 2) sont présentés aux tableaux 4 (filtre) et 5 (tube). La moyenne des valeurs de coefficient couvre l'ensemble des concentrations du domaine d'applicabilité de la méthode. L'ensemble des données obtenues pour chaque combinaison bitume-solvant-média collecteur est présenté en l'Annexe D.

**Tableau 4. Coefficients d'extraction k moyen pour chaque bitume en fonction du solvant utilisé pour le média collecteur filtre**

Bitume	k heptane (é.t.)*	k benzène (é.t.)*
1	1,03 (0,03)	1,01 (0,03)
2	1,05 (0,04)	1,02 (0,02)
3	1,02 (0,01)	1,04 (0,05)

\* é.t. : écart-type (n = 30)

**Tableau 5. Coefficients d'extraction k moyen pour chaque bitume en fonction du solvant utilisé pour le média collecteur tube**

Bitume	k heptane (é.t.)*	k benzène (é.t.)*
1	0,91 (0,05)	1,05 (0,03)
2	0,90 (0,06)	1,03 (0,02)
3	0,94 (0,03)	1,03 (0,02)

\* é.t. : écart-type (n = 30)

Les coefficients d'extraction obtenus pour le filtre (tableau 4) pour les deux solvants sont similaires, ce qui suggère que l'heptane et le benzène offrent une efficacité d'extraction

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

équivalente pour les fumées d'asphalte collectées sur le filtre en PTFE utilisé dans la méthode IRSST 381. Cette observation s'explique vraisemblablement par le caractère chimiquement inerte du PTFE vis-à-vis des hydrocarbures constituant les fumées d'asphalte.

Les coefficients d'extraction obtenus pour le tube (tableau 5) diffèrent selon le solvant utilisé. Les résultats suggèrent que l'heptane est de 9 % à 14 % moins efficace que le benzène pour l'extraction des fumées d'asphalte prélevées sur le tube adsorbant utilisé dans la méthode IRSST 381. Cette tendance indique que, pour une fraction moyenne de 12 % des composés analysés, les interactions physicochimiques entre l'adsorbant et ces composés (ex. : forces de Van der Waals, interactions dipolaires, liaisons hydrogène, etc.) ne sont pas entièrement compensées par le pouvoir de solvation de l'heptane par rapport à celui du benzène. (Lhuillier *et al.*, 2000)

Un coefficient de 0,95 a été obtenu pour le tube et le bitume 3 en ne tenant compte que des hydrocarbures C18 et moins. Cette valeur est pratiquement identique à la valeur de 0,94 rapportée au tableau 3, ce qui permet de valider la méthodologie employée pour générer les échantillons utilisés dans la détermination de l'efficacité d'extraction.

### 3.3 Détermination du facteur de correction K

Le tableau 6 présente le facteur de correction K moyen établi pour les deux médias collecteurs ainsi que leur intervalle de confiance 95 % associé. Ces résultats regroupent l'ensemble de tous les résultats obtenus pour les deux solvants et les trois bitumes étudiés.

**Tableau 6. Facteurs de correction K calculés pour rendre la méthode IRSST 381 équivalente à l'expression de la nouvelle VEMP pour les fumées d'asphalte**

Média collecteur	Facteur K	IC 95 %*
Filtre	0,99	0,98 – 1,00
Tube adsorbant	1,14	1,12 – 1,16

\* Intervalle de confiance 95 % (n = 180 pour chaque média [valeurs de k])

Le facteur K calculé pour le média collecteur filtre n'est pas significativement différent de l'unité, ce qui était attendu au regard des observations présentées précédemment, basées sur les valeurs rapportées au tableau 4. Par conséquent, la méthode IRSST 381, utilisant l'heptane, ne requiert aucune correction du résultat obtenu à partir du filtre pour la rendre équivalente au benzène au sens de l'expression de la VEMP.

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

À l'inverse, conformément aux observations précédentes portant sur les valeurs du tableau 5, l'heptane s'avère moins efficace que le benzène pour l'extraction des fumées d'asphalte captées par le tube adsorbant. Un facteur K significativement différent de l'unité, égal à 1,14, doit donc être appliqué aux résultats générés par la méthode IRSST 381 afin de les rendre équivalents à l'expression de la VEMP, qui prévoit le benzène comme solvant d'extraction.

Les facteurs K du tableau 6 sont comparables aux résultats rapportés par Sutter, Ravera, *et al.* (2016). Cette étude a établi des facteurs K pour le filtre de  $0,94 \pm 0,12$  et de  $0,93 \pm 0,09$  pour les deux bitumes soumis aux essais, des valeurs qui sont similaires à celles obtenues dans la présente étude. En ce qui concerne le tube adsorbant, les essais effectués par Sutter, Ravera, *et al.* (2016) sur trois bitumes ont généré des valeurs de K de  $0,86 \pm 0,10$ ,  $0,87 \pm 0,06$  et  $0,97 \pm 0,12$ , démontrant que dans leur cas, l'heptane était plus efficace que le benzène pour deux des trois bitumes testés pour ce média collecteur. Cette comparaison met donc en relief l'importance de produire des données d'efficacité d'extraction relatives à partir de matériaux mis en œuvre dans un contexte québécois.

### 3.4 Conclusion

Des condensats de trois bitumes représentatifs de ceux utilisés au Québec ont été générés en laboratoire. Ces condensats ont servi à simuler des échantillons de fumées d'asphalte sur les deux médias collecteurs constituant le dispositif de prélèvement de la méthode IRSST 381, préconisée pour la nouvelle VEMP.

Les efficacités d'extraction déterminées ont mis en évidence que les fumées d'asphalte sont extraites du filtre par l'heptane avec une efficacité équivalente au benzène. En revanche, pour le tube adsorbant, l'heptane extrait les fumées d'asphalte de manière moins efficace que le benzène.

Aucun facteur de correction n'est nécessaire pour ajuster la concentration des fumées d'asphalte mesurées par le filtre utilisé par la méthode IRSST 381.

Un facteur de correction de 1,14 a été établi pour majorer la concentration des fumées d'asphalte mesurées par le tube adsorbant utilisé par la méthode IRSST 381.

## BIBLIOGRAPHIE

Aubin, S., Huard, M., Bonin, M. et Fortin-Lecomte, C. (2019). *Caractérisation des émissions de bitume haute résistance au désenrobage (HRD) avec dope d'adhésivité* (Rapport n° R-1063). IRSST. <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique/106/>

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. (2023). *Analyse de composition par MS dans l'air ou procédé liquide/solide* (Instruction de travail n° I-ORG-035). IRSST. [Document non publié]

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. (2026). *Détermination de la concentration des fumées d'asphalte (particules et vapeur) dans l'air par GC-FID* (Méthode n° MA-381). IRSST. [Document non publié].

Institut national de recherche et de sécurité. (2016). *Fumées de bitume* (Méthode n° M-2). INRS. [http://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL\\_2](http://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_2)

International Agency for Research on Cancer. (2018). *Benzene* (Monographie IARC, volume n° 120). IARC. <https://publications.iarc.who.int/publications/media/download/6033/876c1d378dd124e3acd79ef60c3b74af989aeb96.pdf>

Lhuillier, F., Moulut, O. et Protois, J. C. (2000). Nouveaux supports pour le prélèvement de polluants atmosphériques : étude comparative. *Hygiène et sécurité du travail*, (179), 15-28.

*Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c. S-2.1, r. 13.

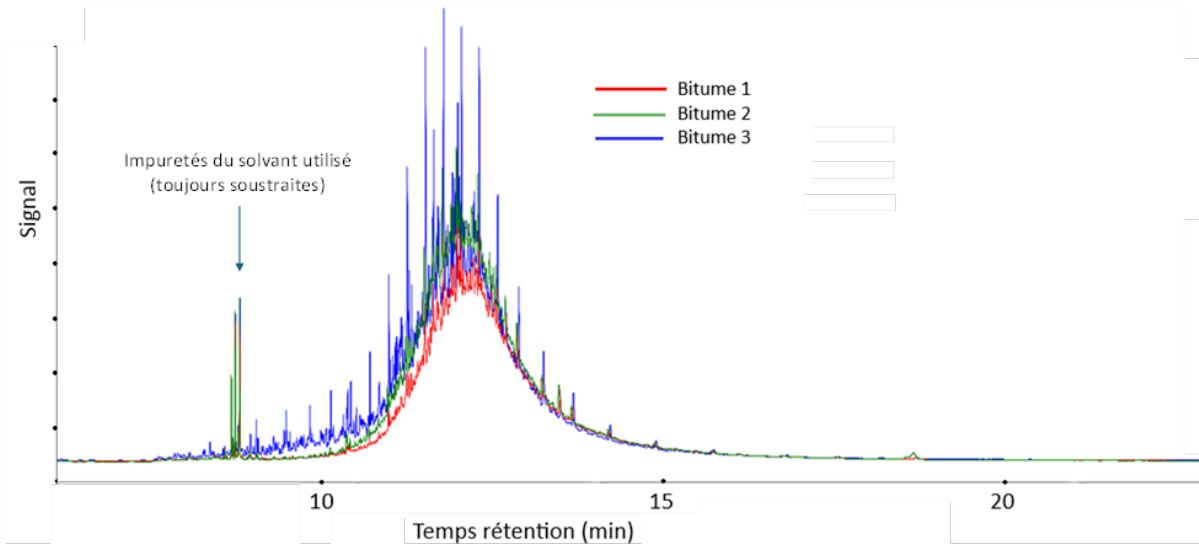
Sutter, B., Pelletier, E., Ravera, C. et Langlois, E. (2016). Performances of a bitumen fume and condensate generation system for sampling method development. *Journal of Environmental Protection*, 7, 973-984. <https://doi.org/10.4236/jep.2016.77086>

Sutter, B., Ravera, C., Hussard, C. et Langlois, E. (2016). Alternatives for benzene in the extraction of bitumen fume from exposure sample media. *The Annals of Occupational Hygiene*, 60(1), 101-112. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mev068>

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

# ANNEXE A

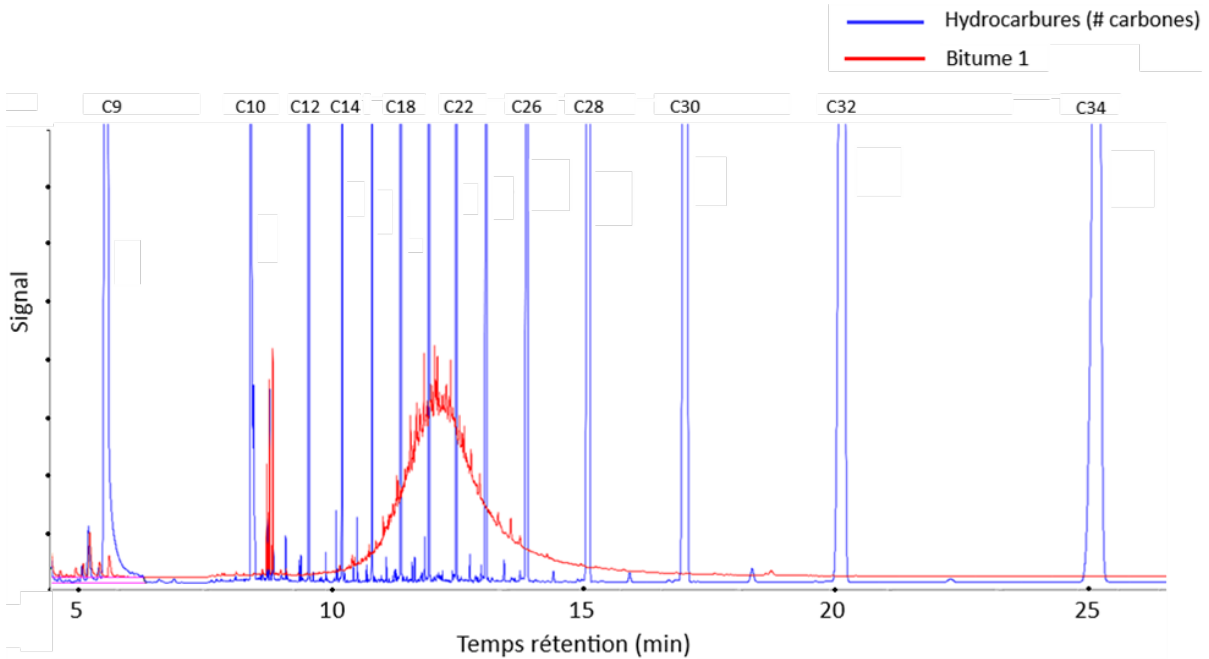
## A.I Profils chromatographiques des trois condensats



**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

## ANNEXE B

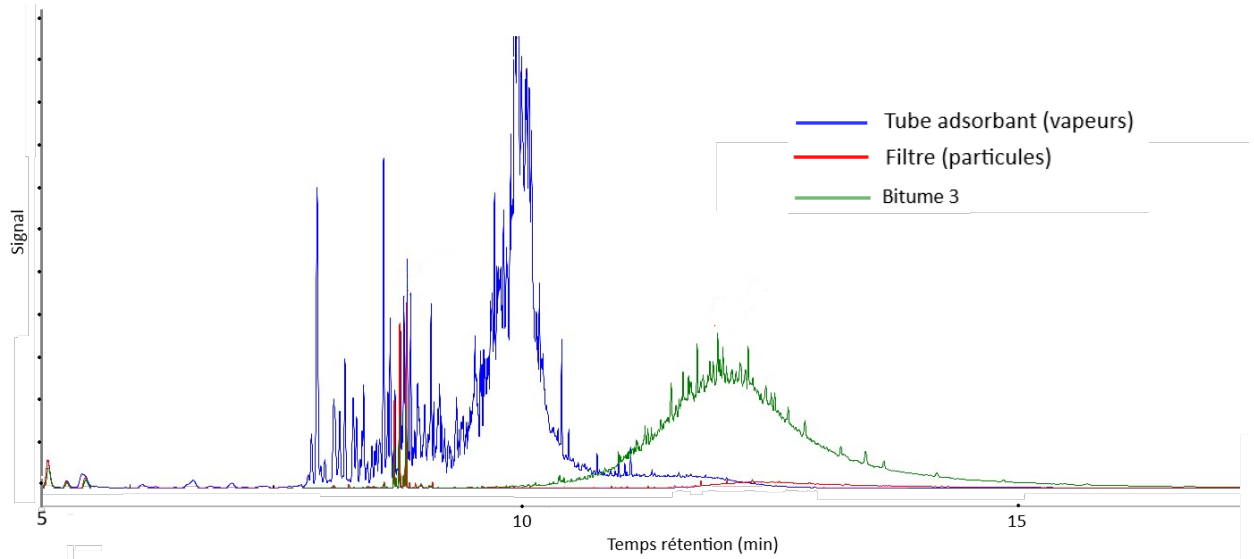
### B.1 Profils chromatographiques d'un condensat et d'un étalon d'hydrocarbures aliphatiques C9 à C34



**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

## ANNEXE C

### C.1 Profils chromatographiques d'un condensat et d'un échantillon réel de fumées d'asphalte



**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

## ANNEXE D

### D.I Tableaux des résultats de l'étude d'efficacité d'extraction

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : benzène

Média collecteur : filtre

Bitume : 1

25	Conc. (µg/mL)	7.8	10	55	95	198
	% de la VEA	9%	12%	58%	95%	192%
	Date	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025
Solution <b>AVEC</b> média collecteur		8.8	14.0	53.4	93.2	191.5
		8.7	13.8	53.2	94.1	189.0
		8.4	13.1	54.2	93.4	196.3
		8.1	13.8	52.6	92.6	192.9
		8.1	14.2	52.8	92.0	196.8
		8.1	12.3	52.6	90.7	187.6
	Moyenne	8.4	13.5	53.1	92.7	192.3
	Écart-type	0.3	0.7	0.6	1.2	3.8
	CV	4.02%	5.24%	1.16%	1.30%	1.95%

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99975$

	Date	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025
Solution <b>SANS</b> média collecteur		8.4	12.1	53.4	92.6	190.9
		8.4	11.9	51.1	92.3	194.5
		8.1	12.1	52.6	91.6	196.4
		8.2	12.9	55.8	91.6	192.4
		8.4	13.8	54.3	96.7	197.0
		8.3	13.5	54.1	94.2	196.4
	Moyenne	8.3	12.7	53.5	93.2	194.6
	Écart-type	0.1	0.8	1.6	2.0	2.5
	CV	1.54%	6.10%	3.00%	2.13%	1.27%
Coefficient de dés/réc		100.64%	106.48%	99.26%	99.43%	98.83%
		moyenne	100.93%	écart-type	3%	

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : benzène

Média collecteur : tube adsorbant

Bitume : 1

25	Conc. (µg/mL)	15.5	20.6	104	184	374	
	% de la VEA	9%	12%	58%	95%	192%	
	Date	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	
	Solution <b>AVEC</b> média collecteur		17.6	21.9	101.7	186.0	360.9
			17.9	23.7	103.9	190.9	364.8
			17.3	22.6	101.1	184.0	352.4
			18.1	22.2	102.7	187.4	350.9
			16.4	22.5	99.4	180.5	324.4
			16.0	21.5	102.4	180.6	362.6
	Moyenne	17.2	22.4	101.9	184.9	352.7	
Écart-type	0.8	0.7	1.5	4.0	14.9		
CV	4.92%	3.25%	1.49%	2.19%	4.23%		

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99906$

	Date	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	14-07-2025	
	Solution <b>SANS</b> média collecteur		14.5	21.7	97.5	172.1	371.6
			15.0	20.6	99.1	169.6	314.8
			16.2	22.1	97.7	178.6	325.8
			16.3	23.4	99.8	171.1	359.6
			17.1	22.6	98.5	155.0	344.9
			16.8	21.9	97.7	173.4	330.8
	Moyenne	16.0	22.1	98.4	170.0	341.2	
	Écart-type	1.0	0.9	0.9	8.0	21.5	
	CV	6.37%	4.15%	0.92%	4.69%	6.31%	

Coefficient de dés/réc	107.94%	101.48%	103.56%	108.79%	103.35%
------------------------	---------	---------	---------	---------	---------

moyenne 105.02% écart-type 3%

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : heptane

Média collecteur : filtre

Bitume : 1

25	Conc. (µg/mL)	7.8	10	55	95	198
	% de la VEA	9%	12%	58%	95%	192%
	Date	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025
Solution <b>AVEC</b> média collecteur		9.9	11.8	57.1	100.7	202.4
		10.1	12.9	58.4	96.8	204.4
		10.6	12.9	56.7	98.3	199.7
		9.9	13.0	57.7	97.3	203.4
		10.8	12.4	58.6	99.0	202.9
		9.4	12.4	58.7	100.0	202.9
	Moyenne	10.1	12.6	57.9	98.7	202.6
	Écart-type	0.5	0.4	0.8	1.5	1.6
	CV	4.99%	3.58%	1.43%	1.54%	0.78%

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99998$

	Date	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025
Solution <b>SANS</b> média collecteur		9.4	13.3	58.3	97.8	191.8
		9.5	12.1	58.4	98.8	199.9
		9.3	11.8	56.9	98.6	200.6
		9.9	12.2	58.0	97.2	203.0
		8.9	11.9	56.7	96.9	196.3
		9.8	11.8	57.8	98.1	202.9
	Moyenne	9.5	12.2	57.7	97.9	199.1
	Écart-type	0.4	0.6	0.7	0.7	4.3
	CV	3.85%	4.74%	1.26%	0.76%	2.17%
Coefficient de dés/réc		106.76%	102.96%	100.33%	100.79%	101.79%
		moyenne	102.53%	écart-type	3%	

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : heptane

Média collecteur : tube adsorbant

Bitume : 1

25	Conc. (µg/mL)	15.5	21	104	184	374	
	% de la VEA	9%	12%	58%	95%	192%	
	Date	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	
	Solution <b>AVEC</b> média collecteur		15.2	18.8	90.1	161.2	347.8
			14.3	19.9	88.6	164.8	316.8
			12.8	20.2	93.4	140.6	321.1
			13.5	22.4	88.9	161.7	331.1
			13.7	21.5	90.6	163.7	335.4
			15.8	22.9	89.6	158.9	335.8
	Moyenne	14.2	21.0	90.2	158.5	331.3	
Écart-type	1.1	1.6	1.8	9.0	11.2		
CV	7.79%	7.49%	1.94%	5.67%	3.38%		

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,9996$

	Date	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	07-07-2025	
	Solution <b>SANS</b> média collecteur		14.7	21.0	102.1	182.1	365.1
			16.2	21.3	104.7	180.7	361.5
			16.7	21.1	103.7	182.0	365.2
			16.6	21.5	101.4	180.5	361.5
			16.0	21.2	101.5	183.5	370.0
			16.5	21.3	101.7	183.5	371.3
	Moyenne	16.1	21.2	102.5	182.1	365.8	
	Écart-type	0.7	0.2	1.4	1.3	4.1	
	CV	4.60%	0.90%	1.33%	0.72%	1.13%	
Coefficient de dés/réc	88.31%	98.65%	88.00%	87.04%	90.59%		
	moyenne	90.52%	écart-type	5%			

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : benzène

Média collecteur : filtre

Bitume : 2

25	Conc. (µg/mL)	8.2	11	57	91	191
	% de la VEA	9%	12%	58%	95%	192%
	Date	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025
Solution <b>AVEC</b> média collecteur		8.5	13.5	55.6	81.9	170.6
		9.0	12.4	53.8	85.8	169.3
		7.7	11.9	55.9	81.1	168.3
		8.2	12.0	55.1	84.0	168.6
		9.8	12.0	54.7	84.1	165.9
		8.8	12.0	54.7	81.3	168.4
	Moyenne	8.7	12.3	55.0	83.0	168.5
	Écart-type	0.7	0.6	0.8	1.9	1.5
	CV	8.24%	4.95%	1.37%	2.24%	0.91%

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99952$

	Date	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025
Solution <b>SANS</b> média collecteur		8.9	11.1	52.6	85.0	170.2
		8.0	12.8	52.9	84.7	167.9
		8.1	11.4	53.7	79.3	167.0
		7.7	10.9	53.9	83.3	168.3
		8.1	12.5	52.0	82.6	167.1
		9.6	12.4	53.8	84.2	168.6
	Moyenne	8.4	11.9	53.2	83.2	168.2
	Écart-type	0.7	0.8	0.8	2.1	1.1
	CV	8.15%	6.93%	1.47%	2.53%	0.68%
Coefficient de dés/réc		102.89%	103.53%	103.38%	99.82%	100.20%
		moyenne	101.96%	écart-type	2%	

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : benzène

Média collecteur : tube adsorbant

Bitume : 2

25	Conc. (µg/mL)	16.2	21.5	108.6	177.2	360.2
	% de la VEA	9%	12%	58%	95%	192%
	Date	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025
Solution <b>AVEC</b> média collecteur		16.5	18.0	95.5	149.3	302.3
		15.4	20.0	94.1	149.8	312.8
		16.8	19.9	94.7	152.2	307.0
		15.9	20.7	95.8	152.4	314.7
		15.1	19.6	94.9	148.9	312.2
		16.4	21.1	93.7	152.2	306.6
	Moyenne	16.0	19.9	94.8	150.8	309.3
	Écart-type	0.6	1.1	0.8	1.6	4.7
	CV	3.96%	5.36%	0.84%	1.09%	1.53%

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99992$

	Date	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025
Solution <b>SANS</b> média collecteur		15.6	19.6	92.4	149.0	310.4
		15.4	18.5	91.1	143.6	305.9
		14.9	19.2	90.7	145.9	306.6
		14.6	18.3	95.2	147.4	307.5
		14.0	19.2	93.1	144.1	310.1
		15.8	19.4	90.9	149.9	301.9
	Moyenne	15.0	19.0	92.2	146.7	307.1
	Écart-type	0.6	0.5	1.7	2.6	3.1
	CV	4.31%	2.74%	1.88%	1.74%	1.01%
Coefficient de dés/réc		106.44%	104.42%	102.77%	102.82%	100.71%
		moyenne	103.43%	écart-type	2%	

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : heptane

Média collecteur : filtre

Bitume : 2

25	Conc. (µg/mL)	8.2	11	57	91	191
	% de la VEA	9%	12%	58%	95%	192%
	Date	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025
Solution <b>AVEC</b> média collecteur		12.0	15.8	61.6	94.6	195.1
		11.6	15.0	62.6	98.7	196.0
		11.9	15.5	64.2	97.4	195.8
		11.8	15.7	64.5	99.2	195.6
		11.8	15.0	64.4	102.4	195.4
		11.6	15.1	64.1	101.1	196.9
	Moyenne	11.8	15.4	63.6	98.9	195.8
	Écart-type	0.2	0.4	1.2	2.7	0.6
	CV	1.41%	2.33%	1.85%	2.76%	0.32%

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99955$

	Date	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025
Solution <b>SANS</b> média collecteur		10.9	13.7	62.0	96.9	192.5
		10.9	13.8	62.6	94.5	195.1
		11.3	13.7	61.9	95.4	206.5
		10.5	13.9	59.7	95.9	190.9
		10.5	14.8	60.2	93.7	192.4
		12.0	14.1	62.8	98.2	194.0
	Moyenne	11.0	14.0	61.5	95.8	195.2
	Écart-type	0.6	0.4	1.3	1.6	5.7
	CV	5.15%	3.04%	2.07%	1.72%	2.92%
Coefficient de dés/réc		106.74%	109.61%	103.31%	103.29%	100.28%
		moyenne	104.64%	écart-type	4%	

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : heptane

Média collecteur : tube adsorbant

Bitume : 2

25	Conc. (µg/mL)	16.2	21	109	177	360	
	% de la VEA	9%	12%	58%	95%	192%	
	Date	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	
	Solution <b>AVEC</b> média collecteur		15.7	22.1	97.4	133.1	282.4
			15.6	22.5	99.4	152.6	292.8
			14.6	22.5	101.8	130.8	269.1
			14.5	21.6	97.4	145.5	271.7
			14.9	22.0	101.2	156.0	263.2
			15.8	21.8	99.5	136.4	291.9
	Moyenne	15.2	22.1	99.5	142.4	278.5	
Écart-type	0.6	0.4	1.9	10.5	12.4		
CV	3.80%	1.62%	1.86%	7.40%	4.45%		

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99739$

	Date	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	30-04-2025	
	Solution <b>SANS</b> média collecteur		17.5	21.4	109.2	167.2	338.3
			16.9	21.6	110.4	170.1	331.7
			16.5	22.1	108.8	171.4	328.2
			16.0	23.8	108.6	170.7	324.6
			16.3	22.5	105.3	170.0	327.6
			16.1	22.7	108.9	170.1	330.3
	Moyenne	16.5	22.3	108.5	169.9	330.1	
	Écart-type	0.6	0.9	1.7	1.4	4.7	
	CV	3.51%	3.94%	1.60%	0.84%	1.42%	
Coefficient de dés/réc	91.74%	98.84%	91.64%	83.80%	84.37%		
	moyenne	90.08%	écart-type	6%			

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : benzène

Média collecteur : filtre

Bitume : 3

25	Conc. (µg/mL)	8.36	11	59	94	196	
	% de la VEA	9%	12%	60%	97%	197%	
	Date	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	
	Solution <b>AVEC</b> média collecteur		7.2	10.1	57.6	91.7	203.5
			7.0	10.4	61.4	92.8	193.9
			8.4	10.9	64.0	91.7	185.7
			7.0	10.0	58.7	90.9	194.9
			7.4	10.5	58.1	92.0	192.6
			8.6	11.2	57.6	89.9	193.1
	Moyenne	7.6	10.5	59.6	91.5	193.9	
Écart-type	0.7	0.5	2.6	1.0	5.7		
CV	9.63%	4.41%	4.35%	1.09%	2.95%		

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99982$

	Date	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	
	Solution <b>SANS</b> média collecteur		6.4	10.0	56.2	90.3	193.0
			7.2	9.5	59.4	93.5	186.8
			6.2	10.8	60.6	88.5	185.9
			7.0	11.3	60.4	91.3	190.6
			7.1	10.7	59.6	88.2	185.5
			6.6	10.1	61.1	89.1	190.5
	Moyenne	6.7	10.4	59.6	90.1	188.7	
	Écart-type	0.4	0.7	1.8	2.0	3.1	
	CV	6.32%	6.34%	2.96%	2.22%	1.62%	
Coefficient de dés/réc	112.52%	101.12%	100.00%	101.52%	102.77%		
	moyenne	103.59%	écart-type	5%			

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : benzène

Média collecteur : tube adsorbant

Bitume : 3

25	Conc. (µg/mL)	16.6	22.0	111.3	181.7	369.3
	% de la VEA	9%	12%	60%	97%	197%
	Date	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025
Solution <b>AVEC</b> média collecteur		13.9	18.4	99.7	165.3	321.4
		14.6	18.2	91.5	154.7	327.2
		13.9	19.0	102.2	159.9	328.6
		13.6	19.5	100.7	168.1	338.3
		13.5	17.9	104.3	163.8	320.8
		14.3	18.7	96.4	157.7	337.3
	Moyenne	14.0	18.6	99.1	161.6	328.9
	Écart-type	0.4	0.6	4.6	5.0	7.5
	CV	2.78%	3.02%	4.62%	3.11%	2.30%

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 1$

	Date	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025	22-04-2025
Solution <b>SANS</b> média collecteur		12.7	18.1	95.6	156.1	337.0
		13.2	18.0	91.8	158.2	334.2
		12.8	18.6	95.9	152.6	326.3
		13.7	17.5	96.0	154.3	332.8
		13.7	17.3	101.1	160.3	337.9
		13.9	16.8	87.5	161.2	320.1
	Moyenne	13.3	17.7	94.6	157.1	331.4
	Écart-type	0.5	0.6	4.6	3.4	6.9
	CV	3.75%	3.56%	4.85%	2.15%	2.08%
Coefficient de dés/réc		104.92%	104.95%	104.74%	102.84%	99.25%
		moyenne	103.34%	écart-type	2%	

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : heptane

Média collecteur : filtre

Bitume : 3

25	Conc. (µg/mL)	8.4	11	59	94	196	
	% de la VEA	9%	12%	60%	97%	197%	
	Date	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	
	Solution <b>AVEC</b> média collecteur		11.9	13.9	61.7	97.9	191.4
			11.6	13.3	61.1	96.6	191.5
			12.0	15.4	60.7	99.3	194.4
			12.2	14.5	62.9	95.7	192.8
			11.5	14.0	61.1	96.2	193.7
			12.2	14.3	62.3	97.6	196.8
	Moyenne	11.9	14.2	61.6	97.2	193.5	
Écart-type	0.3	0.7	0.8	1.3	2.1		
CV	2.58%	5.05%	1.34%	1.36%	1.06%		

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99969$

	Date	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	
	Solution <b>SANS</b> média collecteur		11.3	13.6	62.5	94.9	190.3
			11.2	13.9	59.4	96.6	191.2
			11.9	13.4	59.5	95.9	190.0
			11.6	13.5	62.4	85.1	190.8
			11.7	13.8	62.4	95.4	192.4
			12.1	14.1	59.8	95.6	188.3
	Moyenne	11.6	13.7	61.0	93.9	190.5	
	Écart-type	0.3	0.3	1.6	4.4	1.4	
	CV	2.94%	2.00%	2.56%	4.65%	0.71%	
Coefficient de dés/réc	102.26%	103.87%	101.02%	103.51%	101.55%		
	moyenne	102.44%	écart-type	1%			

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible

Détermination de l'efficacité de désorption

Solvant : heptane

Média collecteur : tube adsorbant

Bitume : 3

25	Conc. (µg/mL)	16.6	22	111	182	369	
	% de la VEA	9%	12%	60%	97%	197%	
	Date	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	
	Solution <b>AVEC</b> média collecteur		16.7	20.8	103.3	164.1	317.6
			15.6	21.5	101.7	161.9	326.0
			16.4	21.9	102.9	152.2	317.7
			16.5	20.8	96.2	156.8	300.3
			16.6	21.7	106.6	168.9	331.6
			16.0	21.2	93.5	159.9	296.5
	Moyenne	16.3	21.3	100.7	160.6	315.0	
Écart-type	0.4	0.5	4.9	5.8	13.9		
CV	2.54%	2.23%	4.85%	3.61%	4.42%		

Coefficient de détermination (minimum requis: 0,990),  $r^2 = 0,99965$

	Date	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	07-04-2025	
	Solution <b>SANS</b> média collecteur		16.6	22.2	106.2	174.9	347.5
			16.5	21.9	108.5	176.9	346.5
			17.0	22.0	106.4	173.9	345.4
			16.6	22.3	108.6	177.8	355.1
			17.1	21.6	107.4	175.8	350.7
			16.6	21.8	109.5	176.3	347.4
	Moyenne	16.7	22.0	107.8	176.0	348.8	
	Écart-type	0.2	0.3	1.3	1.4	3.6	
	CV	1.37%	1.22%	1.22%	0.80%	1.03%	
Coefficient de dés/réc	97.43%	97.13%	93.45%	91.28%	90.31%		
	moyenne	93.92%	écart-type	3%			

**IRSST** ■ Établissement de l'équivalence de la méthode IRSST 381 pour la mesure de l'exposition professionnelle aux fumées d'asphalte en conformité avec la nouvelle valeur d'exposition admissible