



# Échantillonnage et analyse des fumées d'asphalte

**Congrès AQHSST 2015**

*Simon Aubin, M.Sc, chimiste, ROH, CIH  
Professionnel scientifique*

*Robert Laferrière  
technicien hygiène du travail*

*Josée Poulin, chimiste  
Technicienne de laboratoire*

# Mise en contexte: le procédé de pavage

---

- Pose d'un **enrobé bitumineux** constitué de
  - Bitume (5%): résidu de distillation pétrole
  - Granulats (95%): matière minérale concassée
- Température de l'enrobé (**à chaud**)
  - 130-170° C



# Mise en contexte: le bitume

---

- Résidu de distillation du ***pétrole***
- Très peu volatil, liquide TRÈS visqueux, quasi solide à 20-25°C
- Propriétés structurelles intéressantes
- Composition chimique:
  - Hydrocarbures aliphatiques
  - Alcanes cycliques (naphténiques)
  - Hydrocarbures aromatiques (éventuellement polycycliques, i.e. HAP)
  - Composés hétérocycliques azotés, oxygénés et soufrés.

Composition chimique définie = **impossible à déterminer**, trop complexe.  
Elle est toujours fonction du pétrole distillé et du procédé utilisé.

Bitume  $\neq$  goudron : le goudron provient du charbon et non pas du pétrole.

$$[\text{HAP}]_{\text{goudron}} \gg [\text{HAP}]_{\text{bitume}}$$

# Mise en contexte: le bitume (suite)

---

Vous avez dit ***asphalte*** ?

- Langage courant: asphalte = enrobé bitumineux
- Mais aussi: asphalte = bitume seulement (en français et en anglais)

Fumées d'asphalte = fumées de bitume

- Exemples:
  - Québec (RSST): fumées d'asphalte (CAS 8052-42-4)
  - ACGIH: Asphalt (bitumen) fumes (CAS 8052-42-4)

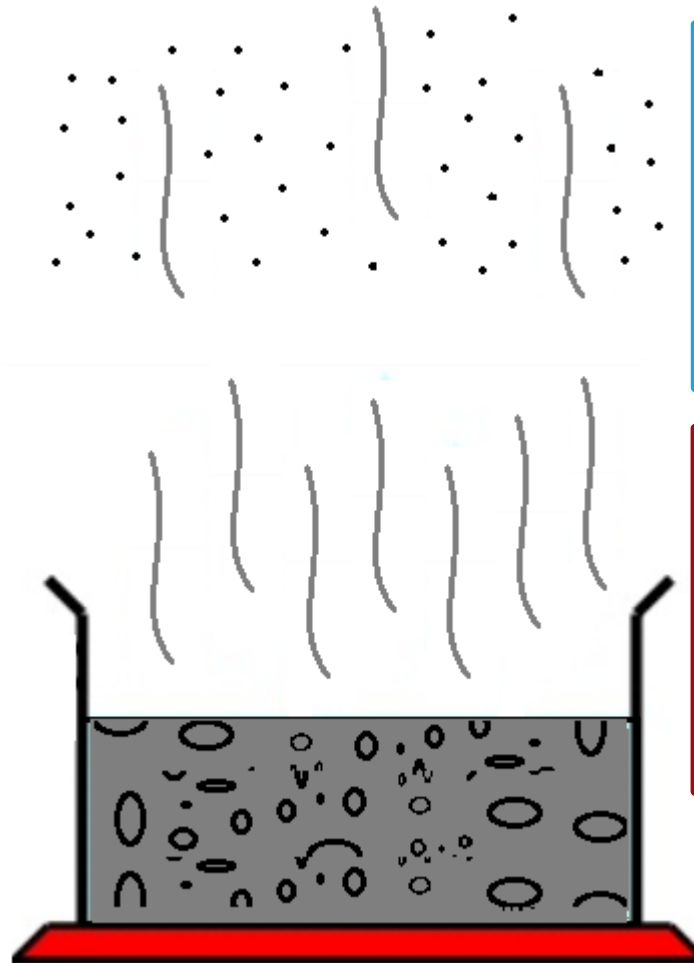
Cette présentation traite seulement des fumées d'asphalte liés au **procédé de pavage**. Le bitume utilisé pour les **toitures** est un **bitume oxydé** obtenu par soufflage d'air chaud, qui génère un produit différent (exemple CAS 64742-93-4).

# Émission de fumées - principe



Source: [www.pavementinteractive.org/2010/10/26/warm-mix-a-hot-topic/](http://www.pavementinteractive.org/2010/10/26/warm-mix-a-hot-topic/)

Source chaleur →



Zone de +basse température (condensation partielle)

Vapeur **ET** particules

Zone haute température (évaporation)

Vapeur seulement

# Émission de fumées : postes à risque



Source: <http://www.hotmixmag.com>

# Émission de fumées : postes à risque

Préposé au râteau

Opérateur de la paveuse

Régleurs de vis

# Effets à la santé

---

- Absorption par les voies respiratoires et la peau
- Effets aigus:
  - irritation des muqueuses (syst. respiratoire et yeux)
  - toux, enrrouement, démangeaisons, larmoiements, maux de tête, nausées et étourdissements
- Effets subaigus et chroniques (exposition répétée):
  - Dermite allergique de contact et photosensibilité (interaction entre les fumées et le rayonnement solaire)
  - Asthme, la broncho-pneumopathie chronique obstructive
  - Possiblement le cancer (IARC **2B**, 2013)



# Nombre travailleurs Québécois touchés

---

- L'utilisation d'enrobés au Québec atteignait presque la dizaine de millions de tonnes en 2009.
- À 5% dans l'enrobé: 450 000 tonnes de bitume / an.
- Ministère des transports du Québec (MTQ), utilise environ 4 millions de tonnes d'enrobés par an.
- « Construction de routes, de rues et de ponts » - SCIAN 2373 (professions choisies) (Stat. Canada) :
  - **3 000 travailleurs** sont susceptibles d'être exposés aux fumées d'asphalte au Québec.

# Valeurs limites d'exposition 8h





---

- RSST (Québec) : Fumées d'asphalte CAS# 8052-42-4
    - 5 mg/m<sup>3</sup>, poussières **totales** (mesure gravimétrique)
  - Ailleurs dans le monde :
    - [0,5 – 10] mg/m<sup>3</sup>, poussières **totales** (mesure gravimétrique)
- ➔ 0,5 mg/m<sup>3</sup> matières solubles benzène, **inhalable** (rare)

TLV ACGIH (1999) – irritation des yeux et voies respiratoires supérieures

**Tous des indicateurs d'exposition.**

# Principes - méthodes d'évaluation actuelles

	Poussières totales (VEMP RSST)	Matières solubles dans le benzène (TLV ACGIH)
Prélèvement	Cassette avec filtre <i>pré-pesé</i>  	Cassette avec filtre ( <i>pré-pesé ou non</i> )  
Analyse	<ul style="list-style-type: none"><li>Gravimétrie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Extraction au benzène</li><li>Évaporation du benzène</li><li>Gravimétrie</li></ul>

# Étude exploratoire RSST vs ACGIH (2011)

Entreprise	Poste	Gravimétrie		Matières Solubles benzène		
		CPV 37 mm	Teflon IOM	Teflon IOM	FV IOM	FV 37 mm
		totale (mg/m <sup>3</sup> )	inhalable (mg/m <sup>3</sup> )	inhalable (mg/m <sup>3</sup> )	inhalable (mg/m <sup>3</sup> )	totale (mg/m <sup>3</sup> )
A	Chef d'équipe	0,25	0,54	<0,07	-	-
	Opérateur niveleuse	0,38	0,83	0,22	0,19	-
B	Opérat. rouleau	0,12	0,28	<0,1	-	-
	Pelleteur	0,13	0,65	0,24	-	-
		<0,12	0,50	-	-	<0,18
	Râteleur	0,09	0,36	<0,16	-	<0,16
0,55		0,29	<0,14	-	<0,16	

# Étude exploratoire RSST vs ACGIH (2011)

Entreprise	Poste	Gravimétrie		Matières Solubles benzène		
		CPV 37 mm	Teflon IOM	Teflon IOM	FV IOM	FV 37 mm
		totale (mg/m <sup>3</sup> )	inhalable (mg/m <sup>3</sup> )	Inhalable* (mg/m <sup>3</sup> )	inhalable (mg/m <sup>3</sup> )	totale (mg/m <sup>3</sup> )
C	Opérateur paveuse	0,25	0,50	0,13	-	-
	Paveuse (source) (table de finition)	0,63	0,77	0,10	0,23	-
		0,25	0,26	0,12	0,11	-
		0,30	0,75	0,14	0,11	-
		3,7	2,7	2,2	3,3	3,2
	Paveuse(trémie d'entrée)	0,43	1,3	0,52	0,62	0,68
	Opérateur vis d'ajustement	0,2	0,58	0,13	-	0,11
		0,26	0,74	0,10	-	-
	Opérateur rouleau 1	0,14	0,27	0,05	-	-
	Opérateur rouleau 2	0,09	0,41	<0,07	-	-

# Étude exploratoire RSST vs ACGIH: conclusions

---

- Comparable aux études similaires de la littérature scientifique.
- Pouss. totales > MSB: autres particules que fumées d'asphalte...
- HAP:
  - postes personnels:  
Seul le phénanthrène est > VMR (0,11 - 0,33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
  - Postes fixes:  
9 des 10 HAP analysés sont > VMR (HAP tot. 0,84 - 8,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
Seul absent: Benzo(a)pyrène (VEMP 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Interprétation/conclusion: norme respectée mais symptômes observés chez les travailleurs (irritations et enrouements, asthme soupçonné)

VMR: valeur minimale rapportée

# Revue littérature exposition fumées d'asphalte (2013)

---

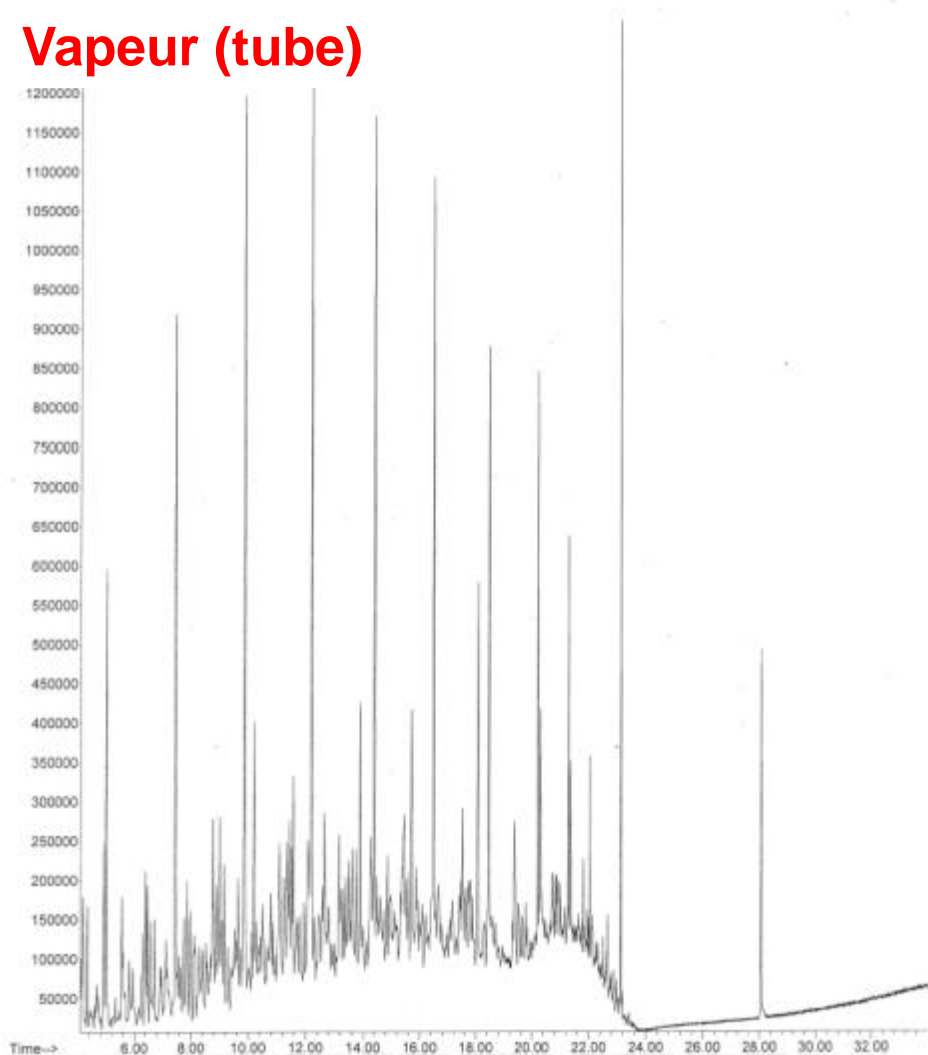
## Faits saillants:

- Beaucoup d'études sur les HAP (cancer);
- Peu d'études sur les problèmes d'irritation;
- Peu de données sur les autres composés chimiques;
- Augmentation température procédé → augmentation des émissions;
- L'impact des additifs sur la composition des fumées a été peu documenté;
- Composés chimiques en phase vapeur peuvent constituer **plus de la moitié des composés chimiques** des fumées d'asphalte.

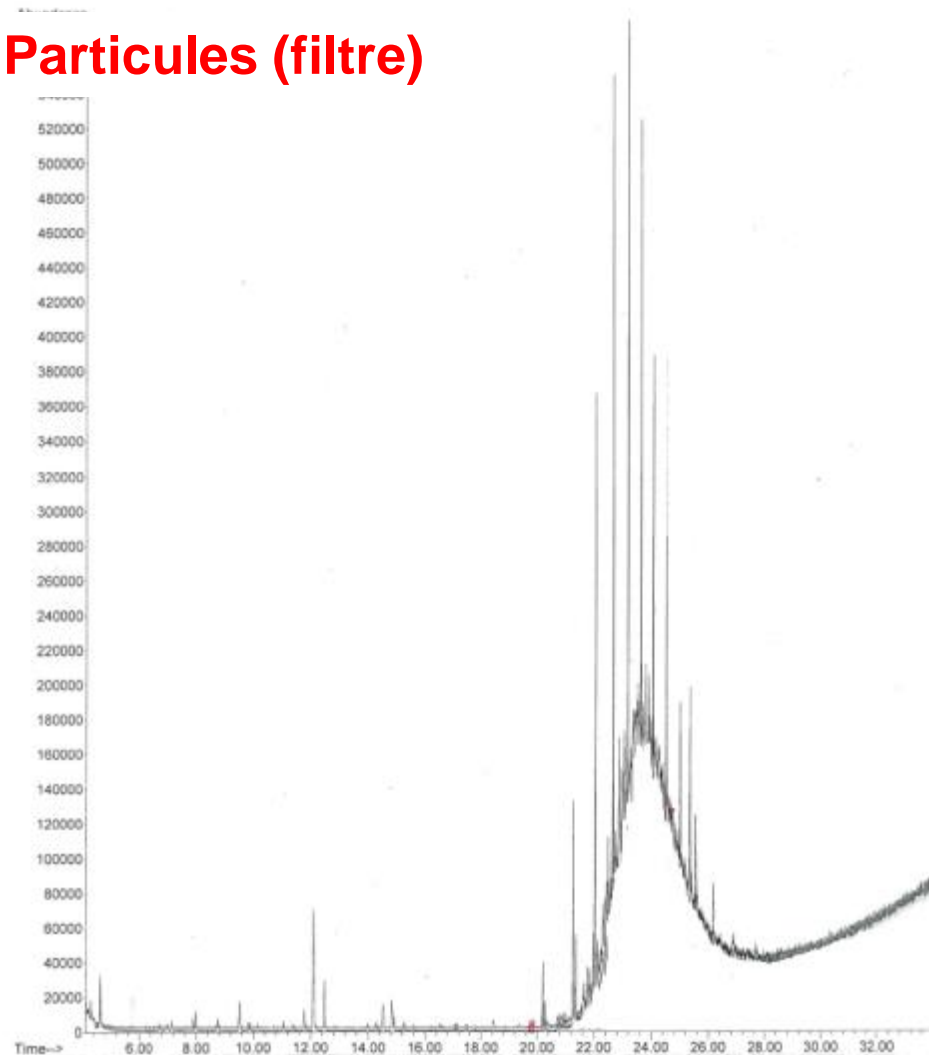
# Retour sur l'importance de la phase vapeur...

Exemple d'abondance approximative : 2 fois + en phase vapeur

Vapeur (tube)



Particules (filtre)





# Revue littérature méthode évaluation fumées d'asphalte (2013)

---

- Préoccupation grandissante depuis 2000-2005 des composés chimiques émis en phase vapeur;
- On tend vers l'utilisation d'un train d'échantillonnage (filtre + tube) pour tenir compte de la phase vapeur;
- Chefs de file :
  - IFA (Allemagne)
  - Heritage Group (É.U.)
  - INRS (France)
- Révision de norme au Québec (2011- ), données des milieux de travail requises.

# Objectif

---

## Objectif principal :

- Rendre disponible une méthode d'analyse permettant une mesure plus représentative de l'exposition des travailleurs aux fumées d'asphalte (pavage)

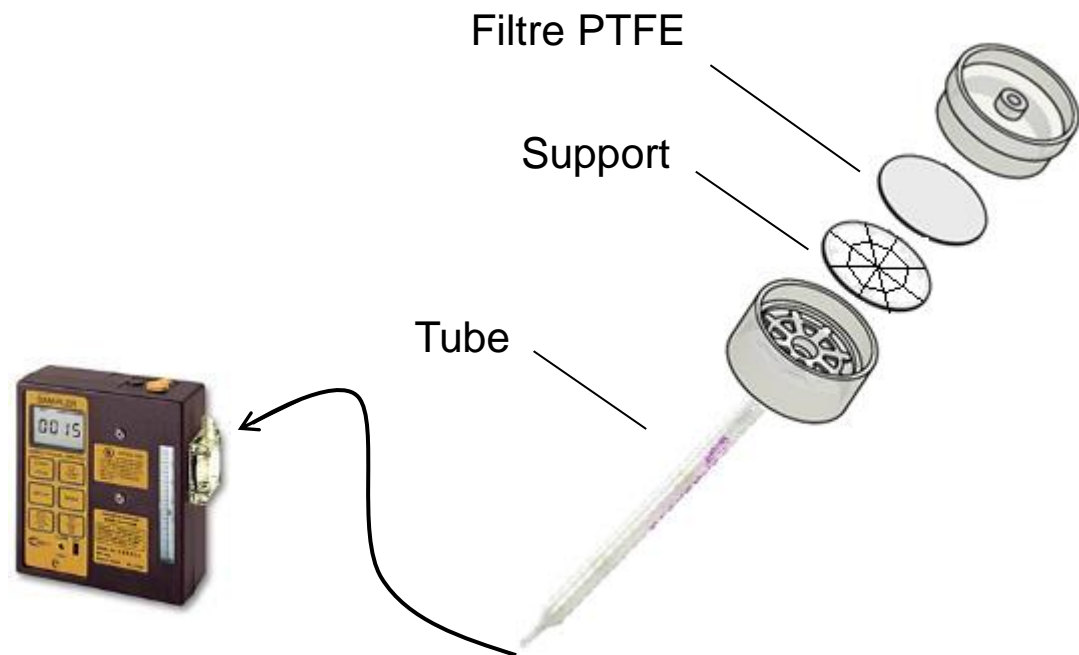
## Objectif spécifique:

- Implanter la méthode INRS #123 au laboratoire de l'IRSST



# Prélèvement (résumé)

- Deux médias collecteurs en série:
  - Filtre PTFE (téflon) **prépesé** 37 mm, porosité 1  $\mu\text{m}$
  - Support en acier inoxydable
  - Tube adsorbant XAD-2, 100/50 mg (Orbo 42L)
- Débit: 1,5 L/min



# Analyse (résumé)

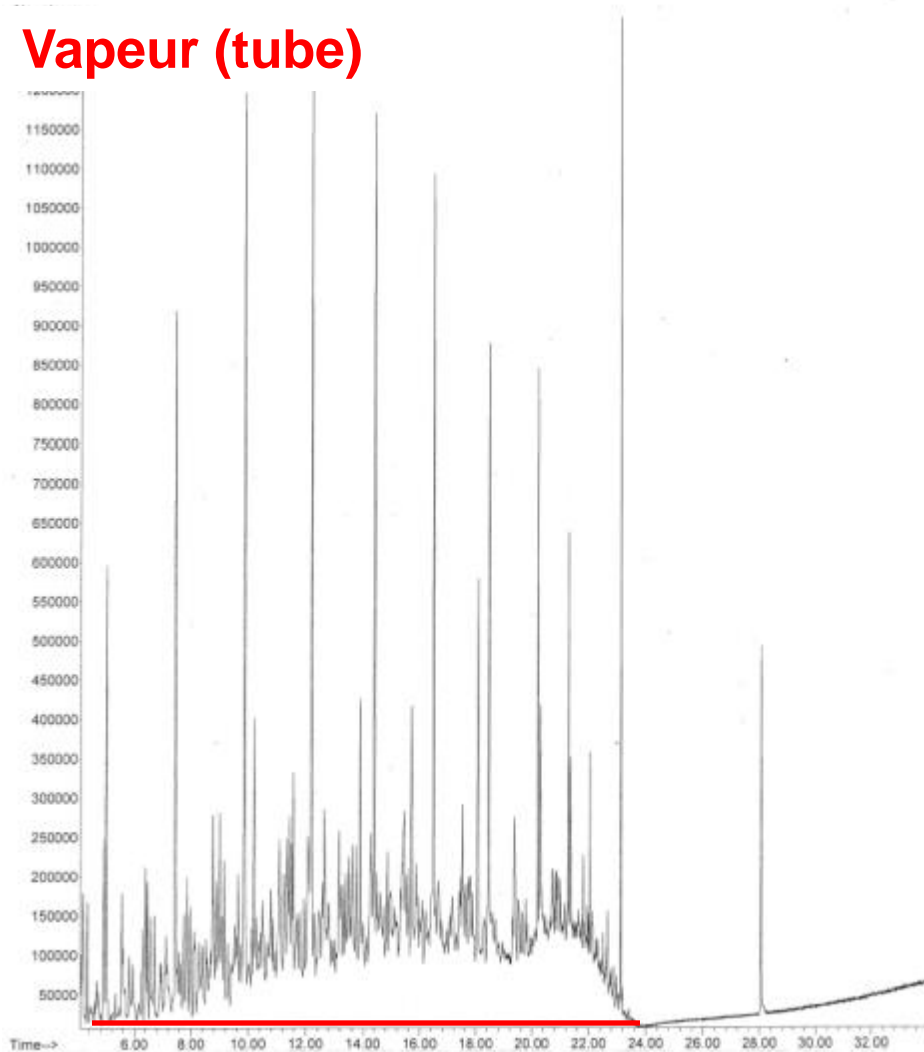
---

- Extraction avec n-heptane
- Tube et filtre analysés séparément
- Dosage par chromatographie gazeuse détecteur ionisation de flamme (GC-FID)
- Étalonnage externe à partir de solutions d'hexadécane (C16)
- Résultats produits:
  - **Fumées d'asphalte exprimées en équivalent-C16**
  - **Poussières totales (comparable à la VEMP 5 mg/m<sup>3</sup>)**

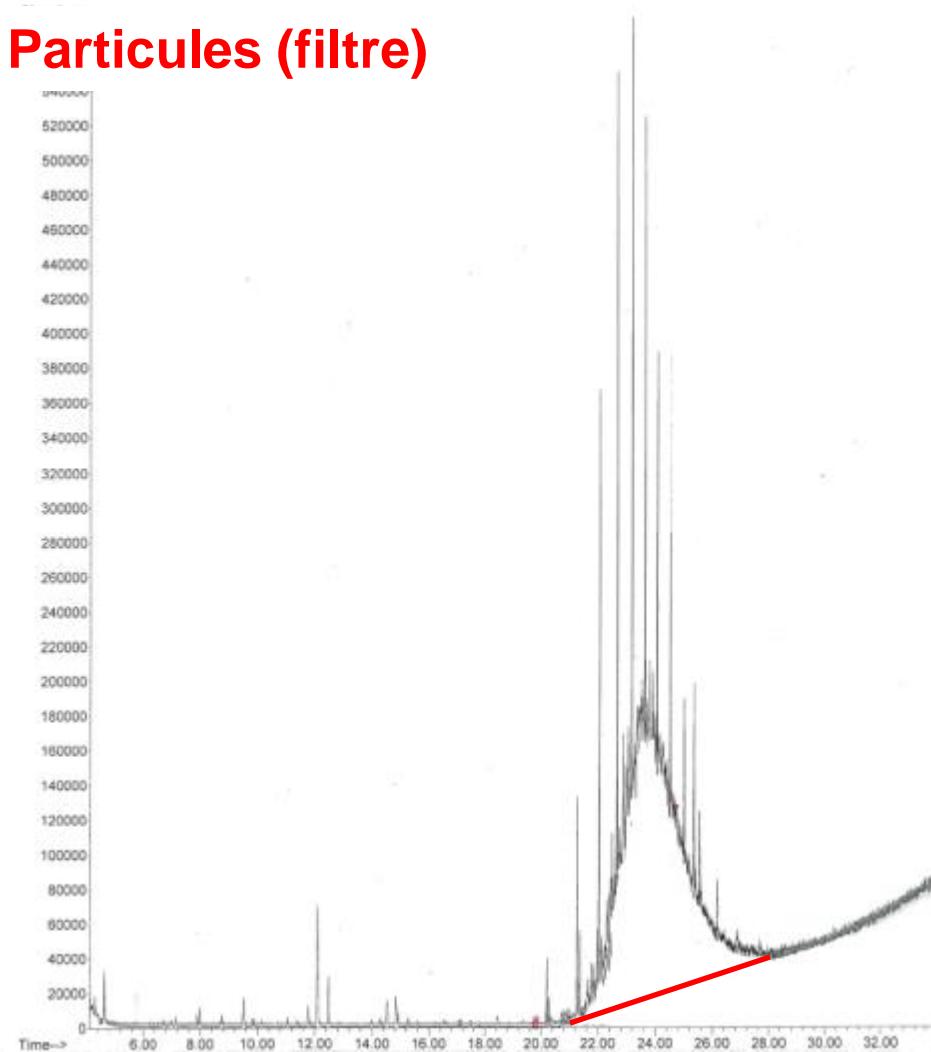
# Principe de quantification

Prise en compte de l'ensemble du signal produit par les milliers de composés présents dans l'échantillon.

Vapeur (tube)



Particules (filtre)



# Performances établies au laboratoire de l'IRSST

Aspect analytique	Vapeur (tube)	Particules (filtre)
VMR	25 µg	50 µg
Répliquabilité (précision intra jour)	4,2 %	2,8 %
Répétabilité (précision inter jour)	6,8 %	5,8 %
Justesse	> 90%	> 90%
CVa	6,4 %	3,8 %
Domaine d'applicabilité (6h à 1,5 L/min = 540 L) VMR à 50 µg	0,09 à 7,4 mg/m <sup>3</sup>	

# Avantages de la méthode INRS 123

---

- Facile d'utilisation (terrain **ET** labo)
- Particules et vapeur.
- **Extraction heptane = extraction benzène**: continuité par rapport à un historique MSB (données INRS);
- Le facteur de réponse du C16 est équivalent au facteur de réponse moyen de condensats de bitume (données INRS);
- Mesure tous les composés organiques extraits répondant au FID, de C8 à C30;
- Méthode équivalente à la méthode IFA, l'IRSST est donc « normalisée » par rapport à la France et à l'Allemagne (données comparables);
- Fournit aussi un résultat comparable à la VEMP de 5 mg/m<sup>3</sup>

# Désavantages de la méthode INRS

---

- Aucune valeur d'exposition admissible (fumées en équivalent C16) pour le moment
- Réponse non-spécifique du FID



# Intervention automne 2014



# Intervention automne 2014

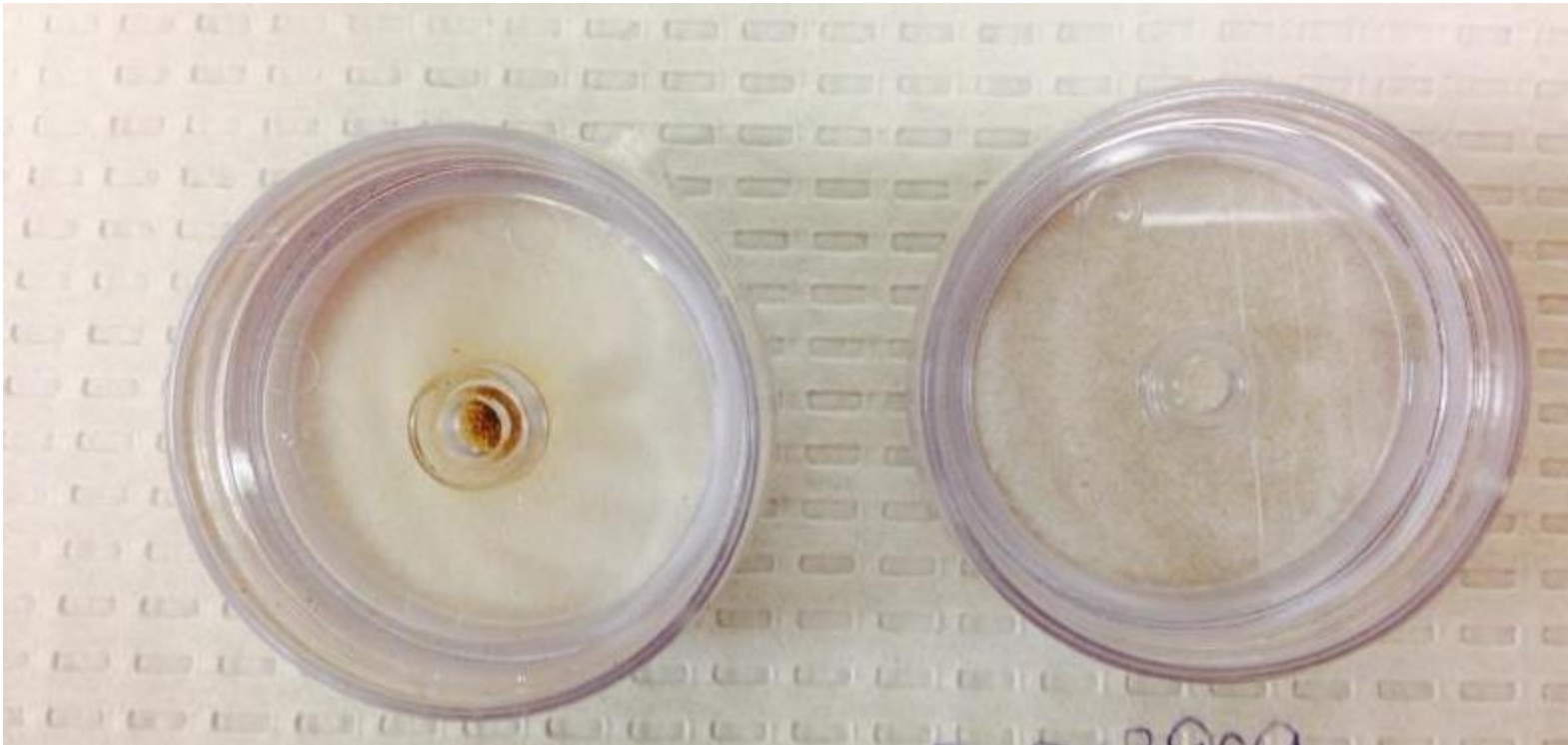


# Intervention automne 2014

---

Poste fixe table finition

Opérateur VTM

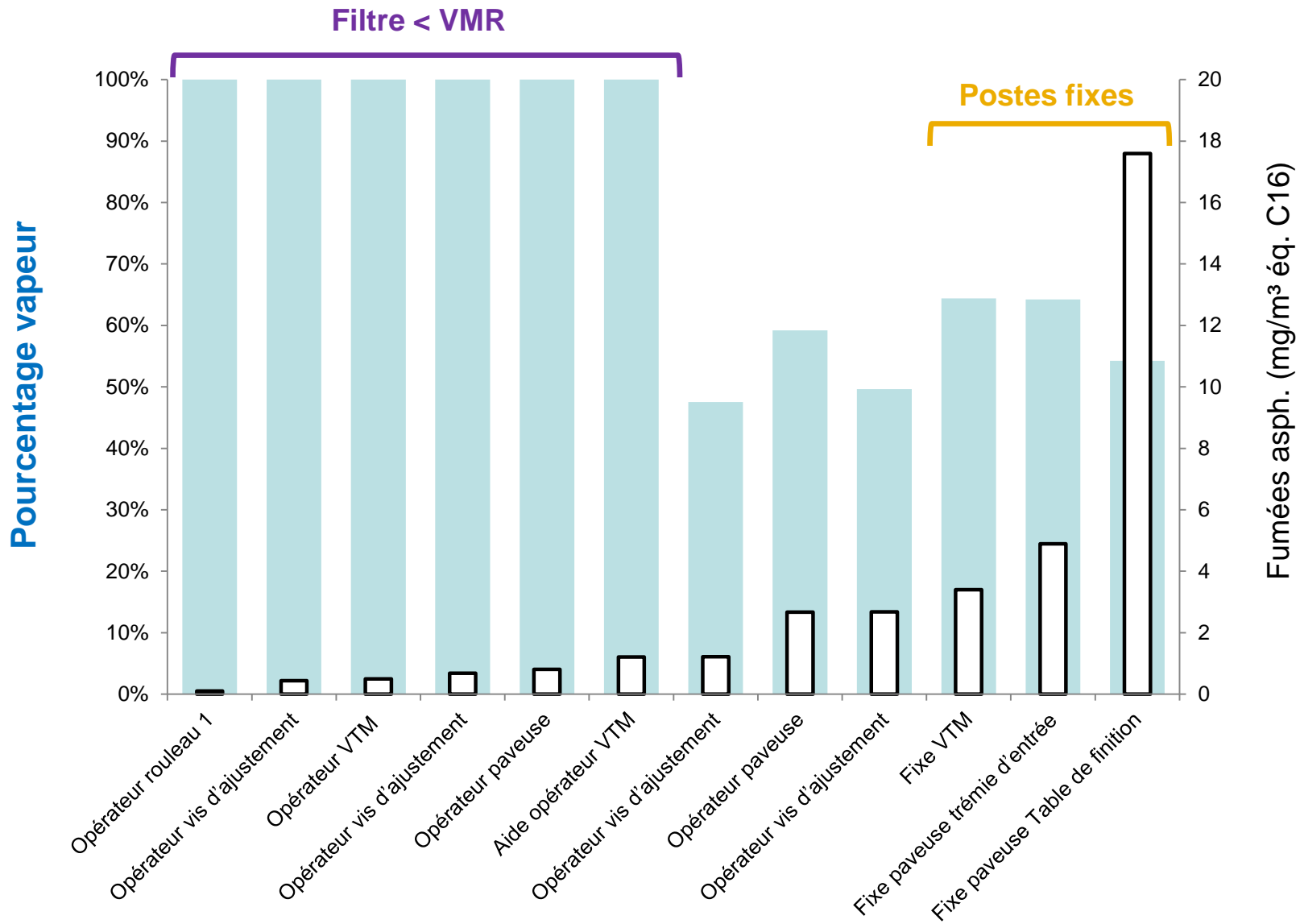


# Résultats terrains (automne 2014)

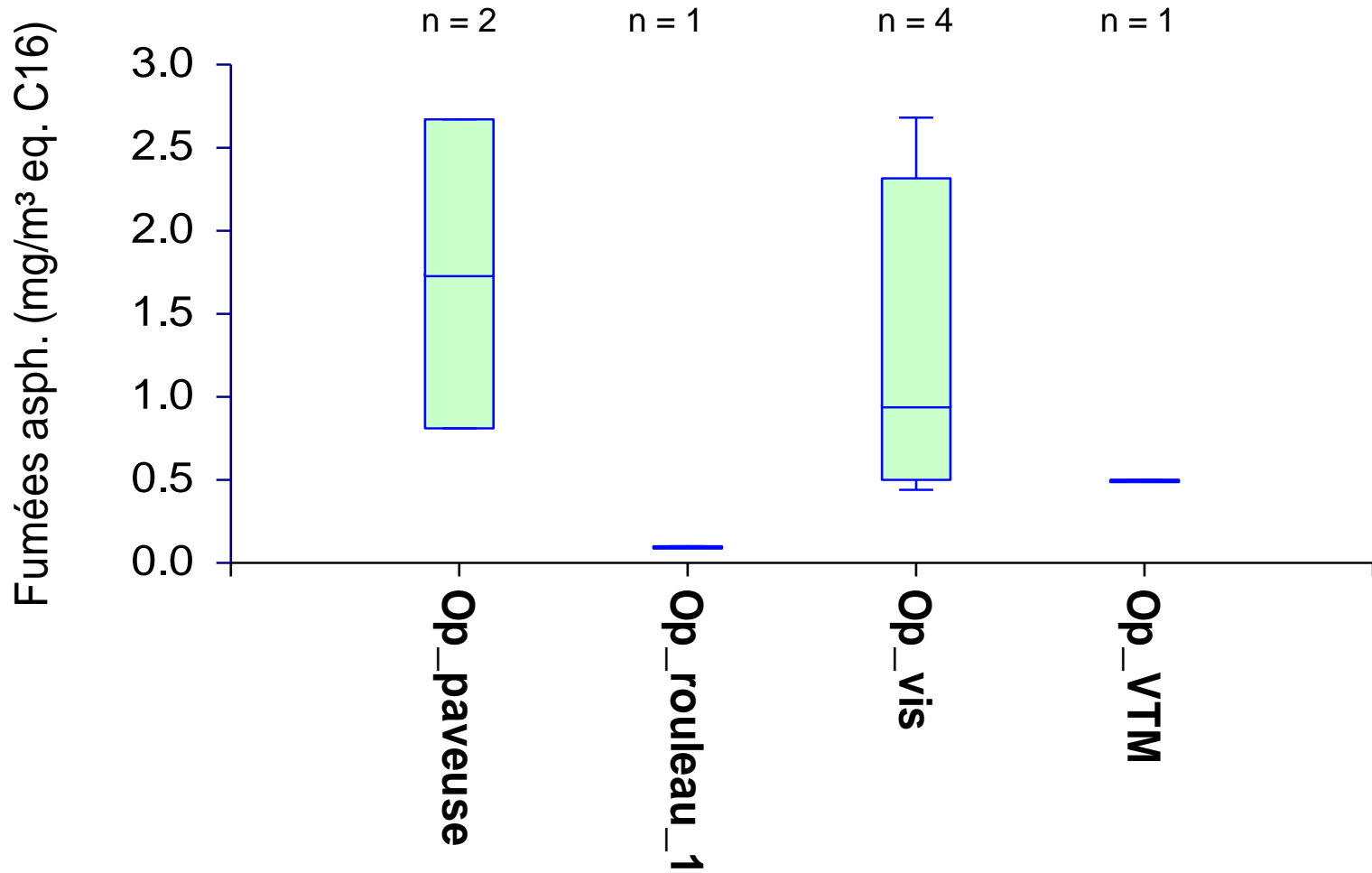
Poste	Gravimétrique (mg/m <sup>3</sup> )	Fumées d'asphalte (mg/m <sup>3</sup> éq. C16)		
		Cassette	Tube	total
Aide opérateur VTM	0,49	<0,08	1,21	1,21
Opérateur VTM	0,52	<0,08	0,50	0,50
Opérateur paveuse	1,9	1,09	1,58	2,67
	0,88	<0,07	0,81	0,81
Opérateur vis d'ajustement	1,0	0,64	0,58	1,22
	2,0	1,35	1,33	2,68
	0,71	<0,07	0,68	0,68
	0,52	<0,07	0,44	0,44
Opérateur rouleau 1	0,19	<0,08	0,10	0,10
Fixe VTM	2,0	1,21	2,19	3,40
Fixe paveuse trémie d'entrée	2,9	1,75	3,14	4,89
Fixe paveuse Table de finition	---*	---*	15,8	15,8
	11,0	8,05	9,54	17,6

\* Cassette perdue

# Pourcentage vapeur vs Fumées d'asphalte



# Postes personnels – fumées d’asphalte



# Analyse d'échantillons sélectionnés par spectrométrie de masse

---

Intervalle « volatilité » en nombre de carbones\*:

- Tubes: C8 à C20
- Filtres: C14 à C28



**Chevauchement...**

Composition générale non-exhaustive:

- Hydrocarbures aliphatiques
- Hydrocarbures aromatiques
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (alkyl-napthalènes)
- Hydrocarbures-sulfure (faibles)

\* Aliphatiques simples

# Conclusion

---

- La méthode nouvellement implantée :
  - Est facile d'utilisation
  - Donne une meilleure représentation de l'exposition des travailleurs obtenue.
  - Semble être l'indicateur d'exposition à venir pour les fumées d'asphalte.





# Suite des choses

---

- Normalisation avec France et Allemagne:
  - Étude inter laboratoire en cours avec l'INRS.
  - Éventuel partage de données d'exposition (?)
  - ... valeur de référence ?
- Campagne 2015-16 au Québec, contribution au comité changement réglementaire.
- Projet IRSST 2014-0040 qui débute en juin 2015:
  - « Caractérisation des émissions de bitume haute résistance au désenrobage (HRD) avec additif polyamines. »

# Remerciements

---

- Benjamin Sutter, INRS
- Dietmar Breuer, IFA
- Mélanie Huard, IRSST
- Lucie René, IRSST
- François Loranger, LVM