

Échantillonnage et analyse des fumées d'asphalte

*Rendez-vous de la science
IRSST
11 octobre 2016*

*Simon Aubin, Mélanie Huard, Lucie René, Josée Poulin
IRSST*

*Robert Laferrière
CIUSSS de la Capitale-Nationale*



Plan de présentation

- Mise en contexte
 - Les fumées d'asphalte
 - Procédé en général
 - Effets sur la santé
 - Valeurs limites et méthodes traditionnelles
 - Limitations
- Objectif
- La nouvelle méthode
- Résultats exploratoires
- Conclusion

Mise en contexte : le procédé de pavage

- Pose d'un **enrobé bitumineux** constitué de
 - bitume (5 %) : résidu de distillation de 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, c.-à-d. 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 ≠ goudron : le goudron provient du charbon et non pas du pétrole



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)

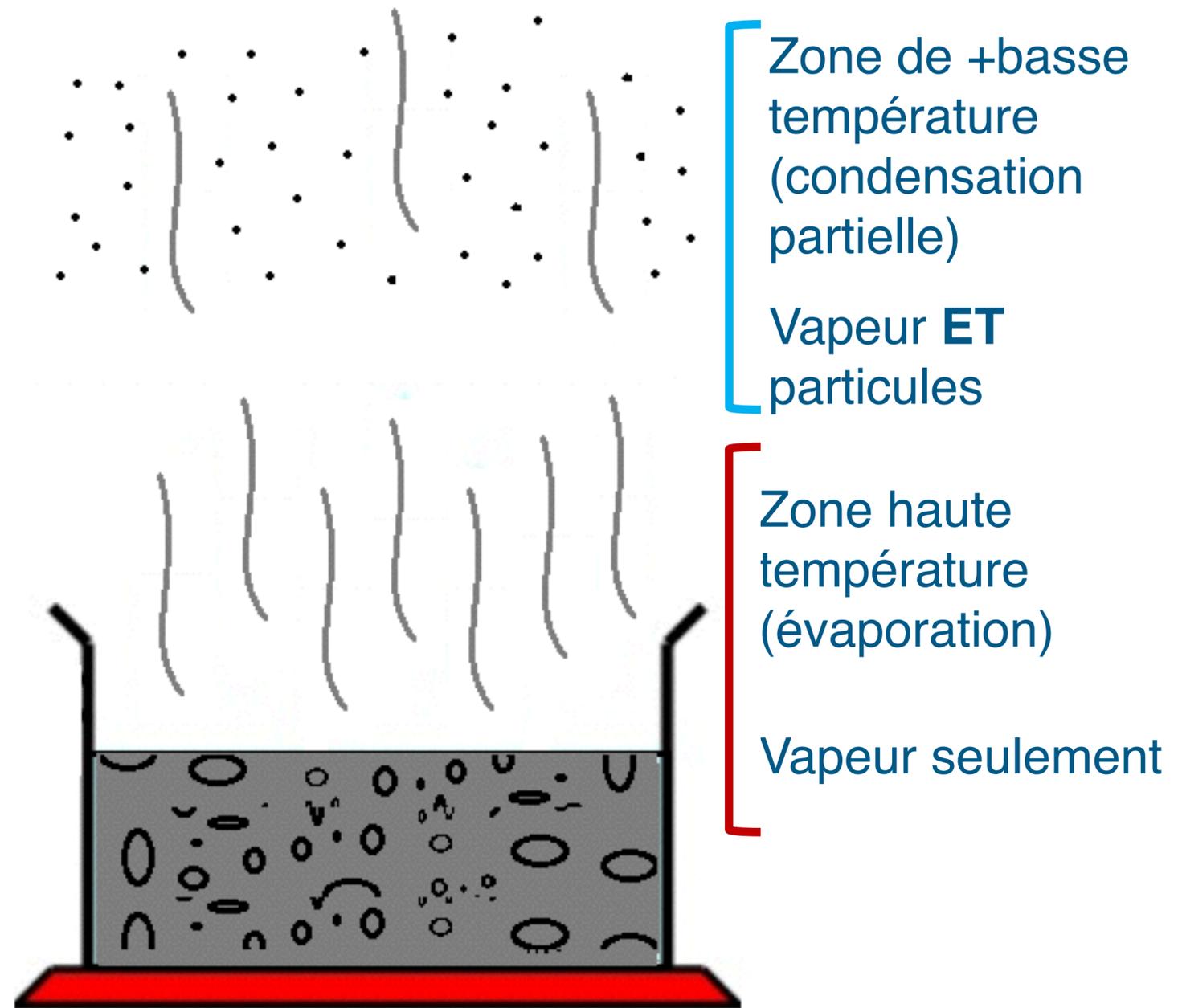
Emphase sur le **procédé de pavage**

Émission de fumées : principe



Source : www.pavementinteractive.org/2010/10/26/warm-mix-a-hot-topic/

Source de chaleur →



Émission de fumées : postes à risque



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

Émission de fumées : postes à risque



Source : <http://www.terraengineering.com/wp-content/uploads/2012/09/road-paving.jpg>

Effets sur la santé

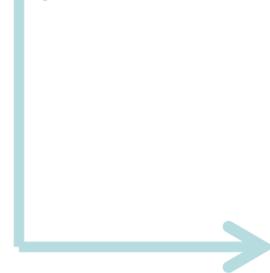
- Absorption par les voies respiratoires et la peau
- Effets aigus :
 - irritation des muqueuses (système respiratoire et yeux)
 - toux, enrrouement, démangeaisons, larmoiements, maux de tête, nausées et étourdissements
- Effets subaigus et chroniques (exposition répétée) :
 - dermatite allergique de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

Nombre de 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) (Statistiques Canada) :
- **3 000 travailleurs** sont susceptibles d'être exposés aux fumées d'asphalte au Québec

Valeurs limites d'exposition 8 heures

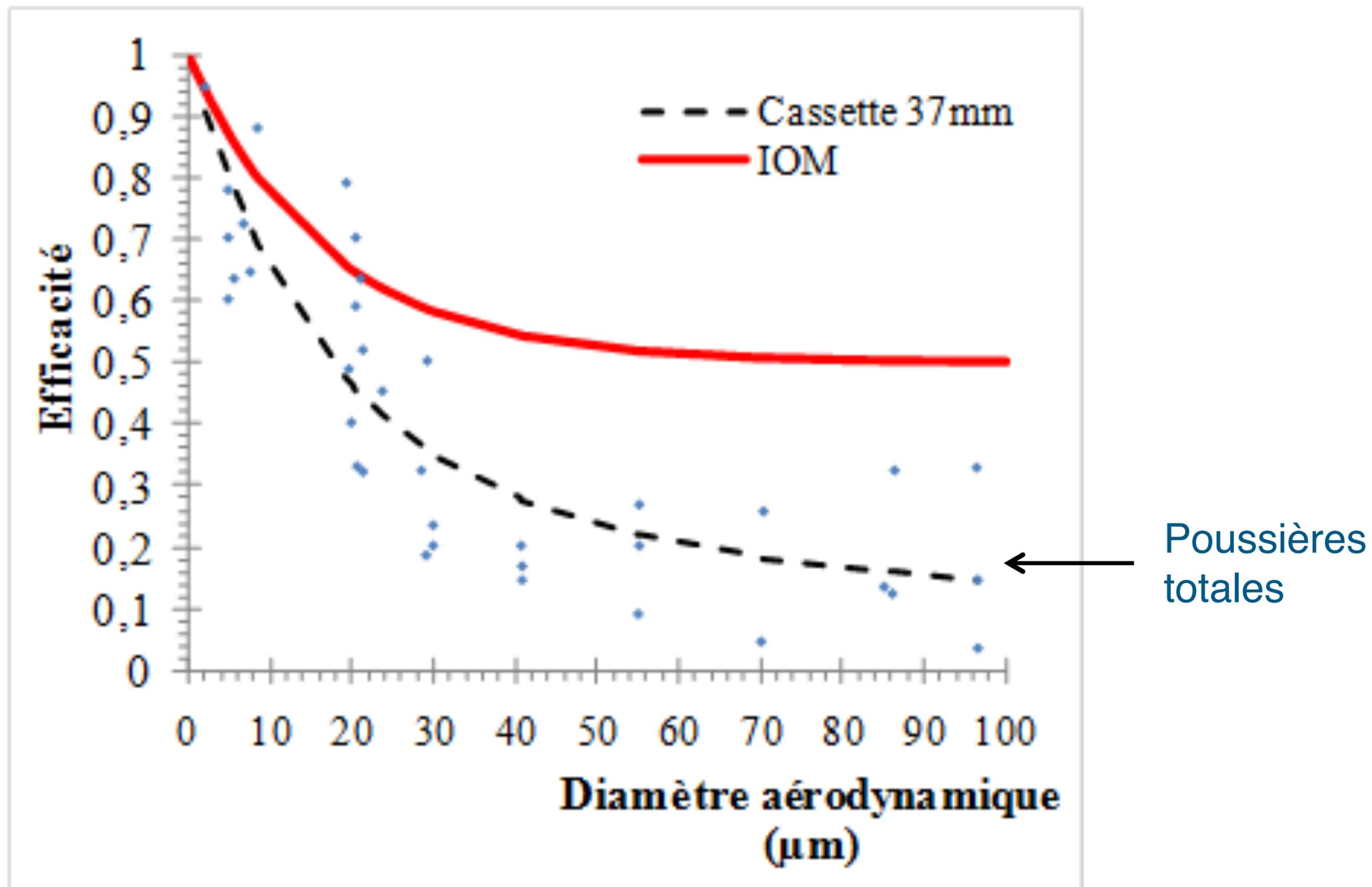
- RSST (Québec) : fumées d'asphalte CAS # 8052-42-4
- 5 mg/m³, poussières **totales** (mesure gravimétrique)
- Ailleurs dans le monde :
 - [0,5 – 10] mg/m³, poussières **totales** (mesure gravimétrique)
 - 0,5 mg/m³ matières solubles benzène, **inhalable** (rare)



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

Tous des indicateurs d'exposition

Bref rappel : les poussières totales vs inhalables



Source : Roberge *et coll.* (2011), R-693, IRSST

Méthodes traditionnelles d'évaluation

	Poussières totales (VEMP RSST)	Matières solubles dans le benzène (TLV ACGIH)
Prélèvement	<p>Cassette avec filtre <i>pré-pesé</i> ←</p> 	<p>Cassette avec Filtre <i>pré-pesé ou non</i> ←</p> 
Analyse	<ul style="list-style-type: none"> Gravimétrie 	<ul style="list-style-type: none"> Extraction au benzène Évaporation du benzène Gravimétrie
Valeur limite d'exposition	<p>5 mg/m³ Poussières totales</p>	<p>0,5 mg/m³ Poussières inhalables</p>

Étude exploratoire RSST vs ACGIH (2011) (extrait)

Entreprise	Poste	Gravimétrie		Matières solubles benzène		
		CPV 37 mm	Teflon IOM	Teflon IOM	FV IOM	FV 37 mm
		Totale (mg/m ³)	Inhalable (mg/m ³)	Inhalable (mg/m ³)	Inhalable (mg/m ³)	Totale (mg/m ³)
C	Opérateur paveuse	0,25	0,50	0,13	-	-
		0,63	0,77	0,10	0,23	-
	Paveuse (source) (table de finition)	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 – Conclusions

- Comparable aux études publiées
- Poussières totales > MSB : autres particules que fumées d'asphalte...
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (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 totaux 0,84 - 8,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
seul absent : benzo(a)pyrène (VEMP 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

➔ Valeurs limites respectées, mais symptômes observés chez les travailleurs (irritations et enrouements, asthme soupçonné)

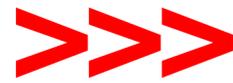
VMR : valeur minimale rapportée

Revue de littérature exposition fumées d'asphalte (2013)

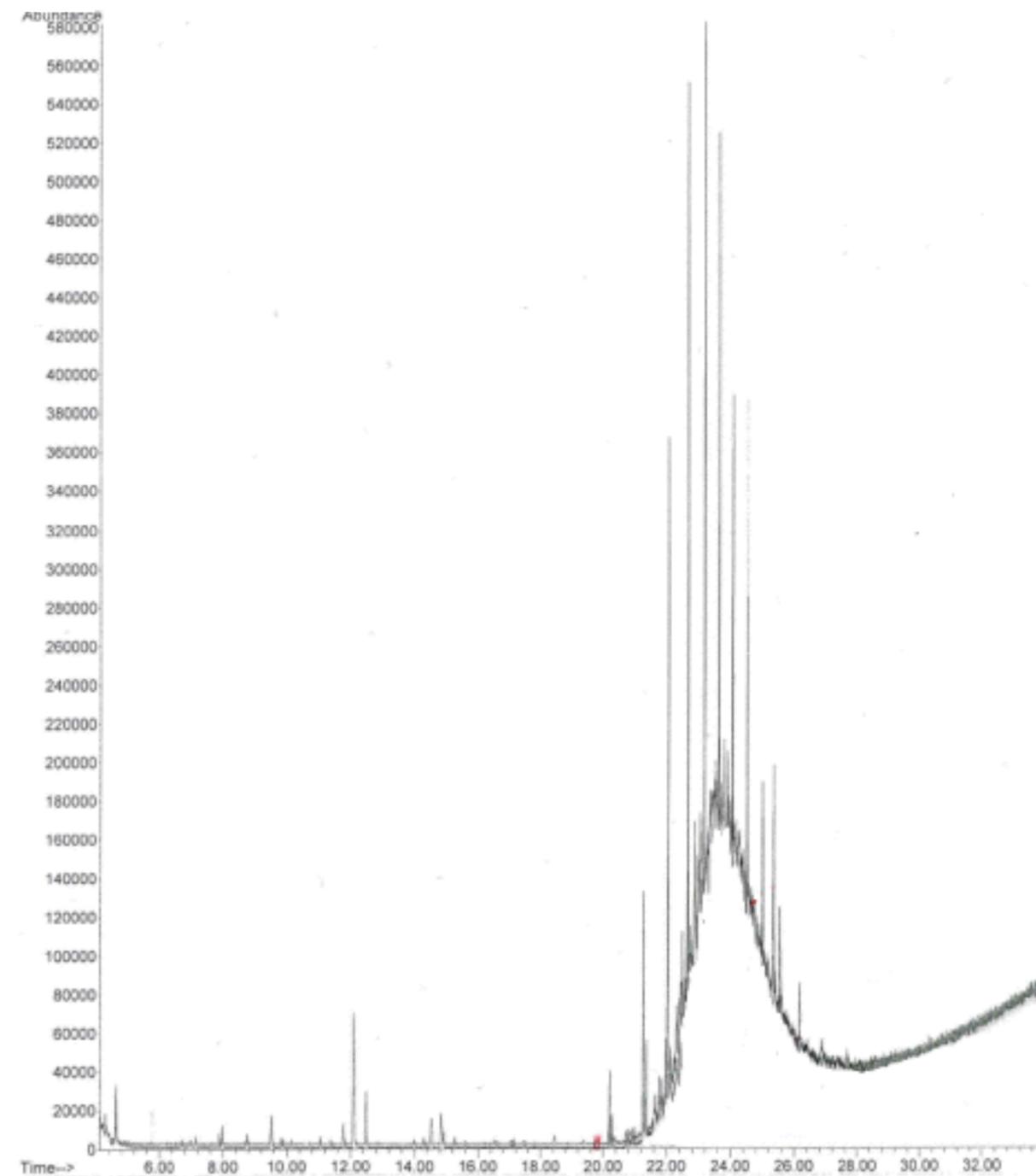
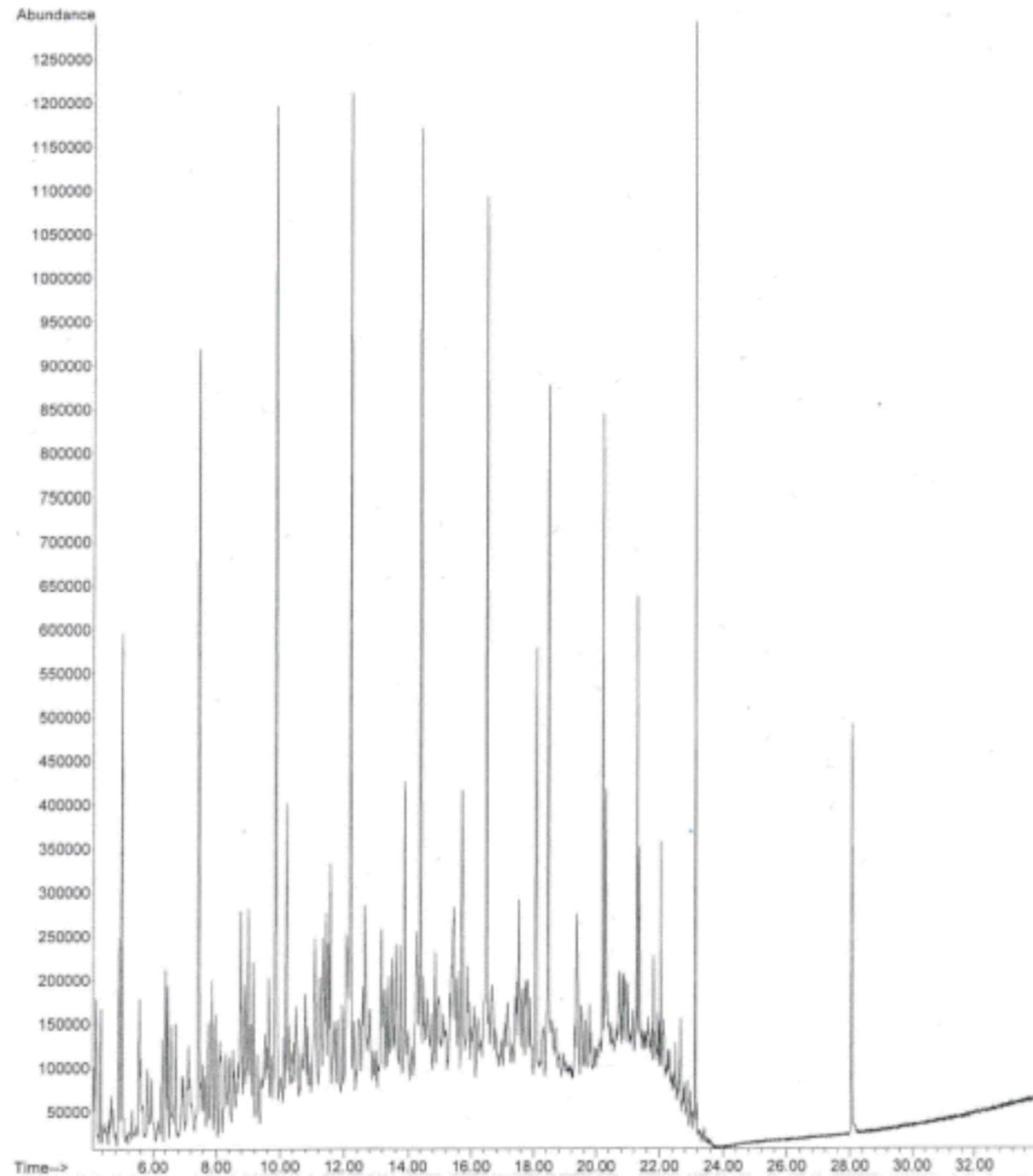
- Accent sur les HAP (cancer)
- Peu d'études sur les problèmes d'irritation
- Peu de données sur les autres composés chimiques
- Augmentation de température du procédé → augmentation des émissions
- L'impact des additifs sur la composition des fumées a été peu documenté
- Parfois plus de la moitié des émissions sont dans la phase vapeur

Même prélèvement d'air, phases vapeur et particulaire analysées séparément

Vapeur (tube)



Particules (filtre)



Revue de 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)
- Contexte québécois :
 - révision de normes au Québec : dossier ouvert depuis 2011
 - données des milieux de travail requises

Objectifs

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

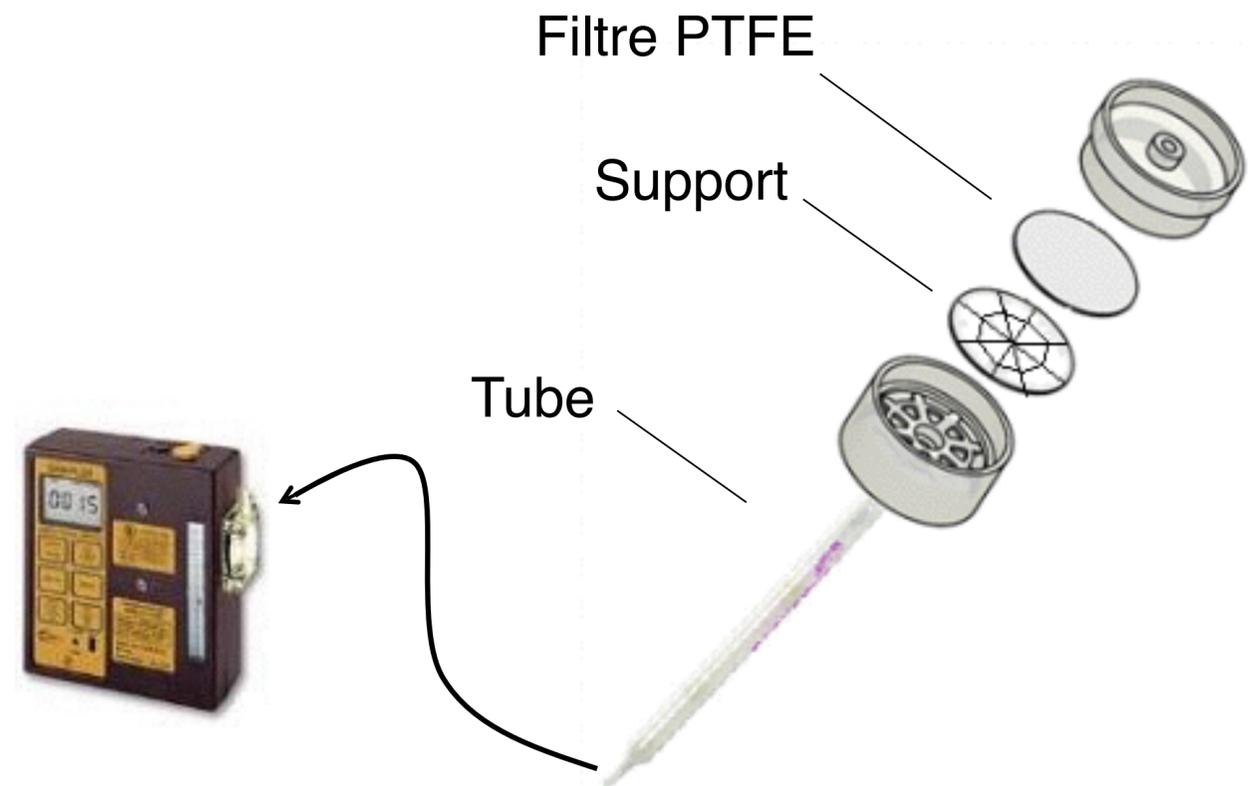


- Devenue entre-temps :

MétroPol
Fumées de bitume M-2

Prélèvement (résumé)

- Deux médias collecteurs en série :
 - filtre PTFE (téflon) **prépesé** 37 mm, porosité 1 μm
 - support en acier inoxydable
 - tube adsorbant XAD-2, 100/50 mg (Orbo 42L)
- Débit : 1 L/min
 - La fraction « poussières totales » est justifiée par la granulométrie des fumées d'asphalte



Analyse (résumé)

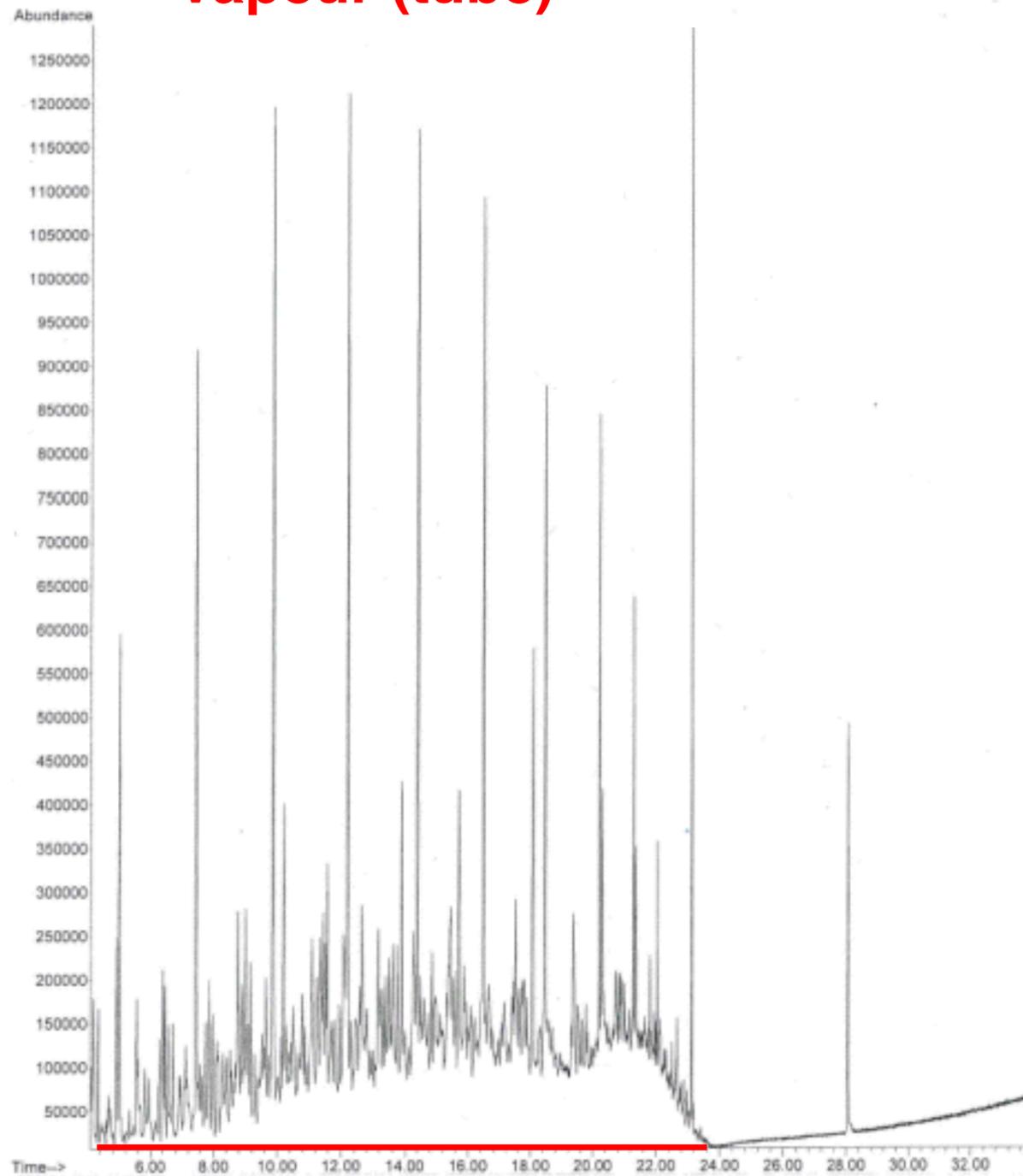
- Extraction avec n-heptane*
- Tube et filtre analysés séparément
- Dosage par chromatographie gazeuse détecteur ionisation de flamme (GC-FID)
- Étalonnage externe à partir de solutions d'hexadécane (C16)
- Résultats produits :
 - **fumées d'asphalte exprimées en équivalent-C16**
 - **poussières totales (comparable à la VEMP 5 mg/m³)**

* Choix basé sur Sutter et coll. *Alternatives for Benzene in the Extraction of Bitumen Fume from Exposure Sample Media*, Ann. Occup. Hyg, 1-12, **2015**

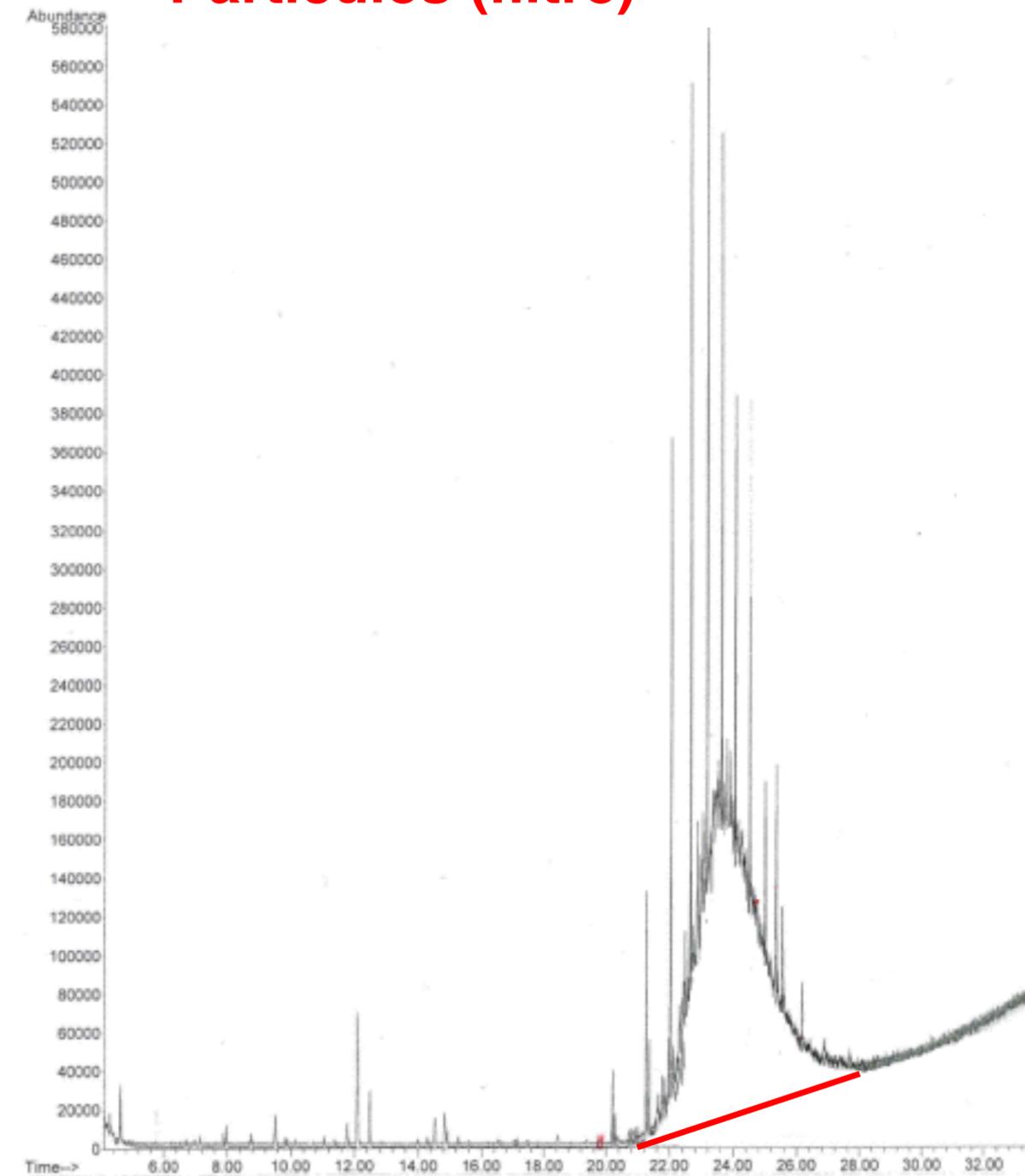
Principe de quantification

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

Vapeur (tube)



Particules (filtre)



Méthode IRSST 381

- Code matériel IRSST : 937 (inclut tube ET cassette)

Performances établies au laboratoire :

Aspect analytique	Vapeur (tube)	Particules (filtre)
VMR	10 μg	20 μg
Précision analytique	5,9%	
Domaine d'applicabilité (6 h à 1 L/min = 360 L) VMR à 20 μg	0,06 à 5 mg/m^3	

VMR : valeur minimale rapportée

Avantages de la méthode INRS

- Facile d'utilisation (terrain **ET** labo)
- Particules et vapeur
- **Extraction heptane = extraction benzène** : continuité par rapport à un historique basé sur MSB, heptane beaucoup moins toxique
- 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 : données comparables avec France et Allemagne
- **Fournit aussi un résultat comparable à la VEMP de 5 mg/m³**

Désavantages de la méthode INRS

- Aucune valeur d'exposition admissible (fumées en équivalent C16) pour le moment
- Réponse non spécifique du FID :
 - pas d'information sur la nature des composés présents

Exemple rapport généré par le laboratoire

N° Échant. : 90056232		Média : Cassette - 937		Vol d'échant. (L) : 240			
IdClient : 90056232		Matériel : Filtre PTFE 37 mm, 1µm, prépesé, avec tube Ort		Date d'échant. : 2016-08-31		Date d'analyse : 2016-09-08	
Substance	Conc. totale (mg/m³)	Sect.2 %	Résultat total (µg)	CVa (%)	Incertitude (µg)	VMR (µg)	N° méthode
Matière organique (vapeur)	0,38	33	90	4,80	4	10	381
Matière organique (aérosol)	1,0		250	3,40	9	20	381
Matière organique totale	1,4		340	5,90	20	NA	381
Remarques relatives à l'échantillon:							

Les résultats sont exprimés en équivalent-hexadécane (C16).



Le pourcentage de la section 2 (sect. 2 %) fait en tout temps référence à la deuxième section du tube adsorbant.

 La mesure gravimétrique comparable à la VEMP est disponible sur un autre rapport d'analyse

Intervention automne 2014

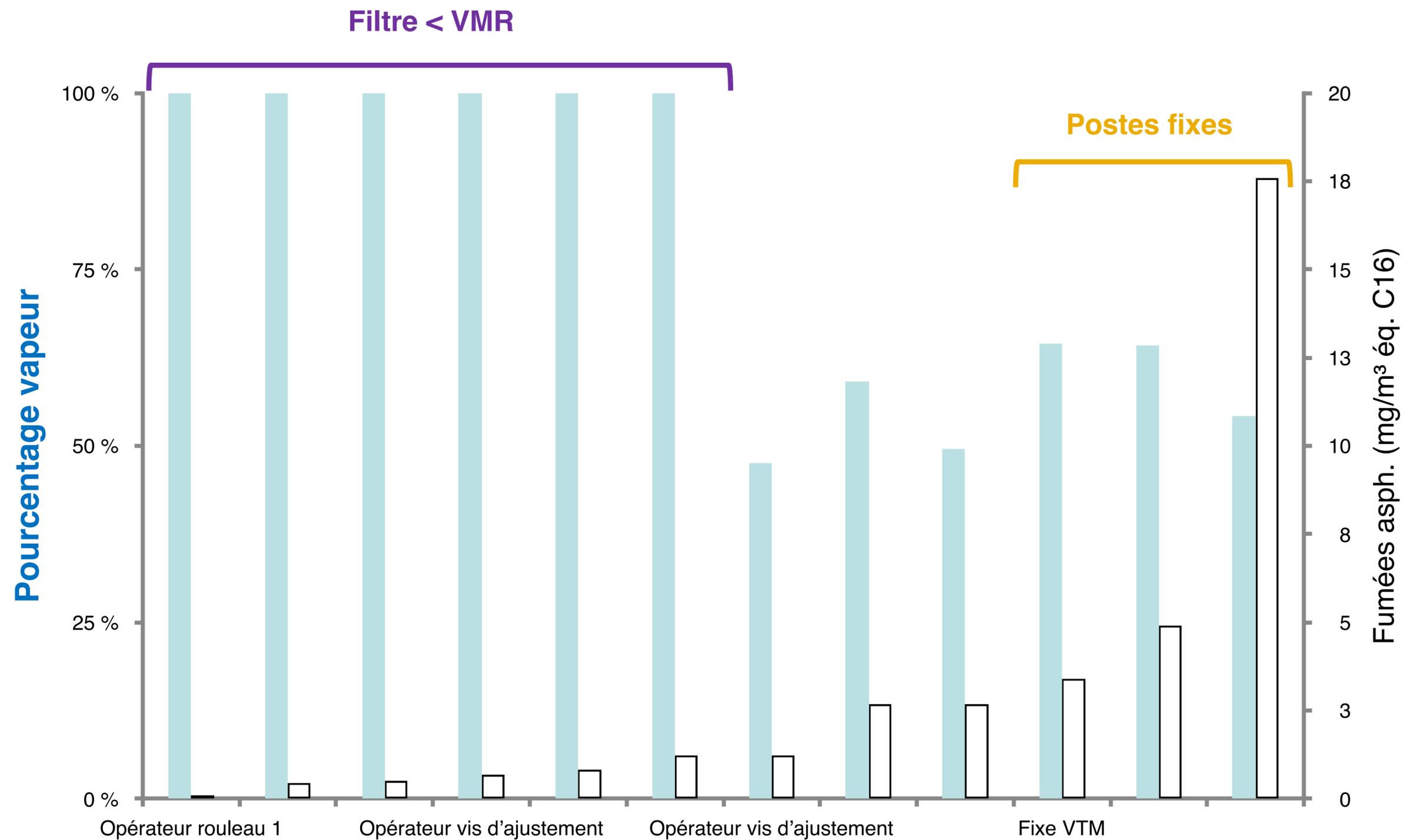


Résultats terrain (automne 2014)

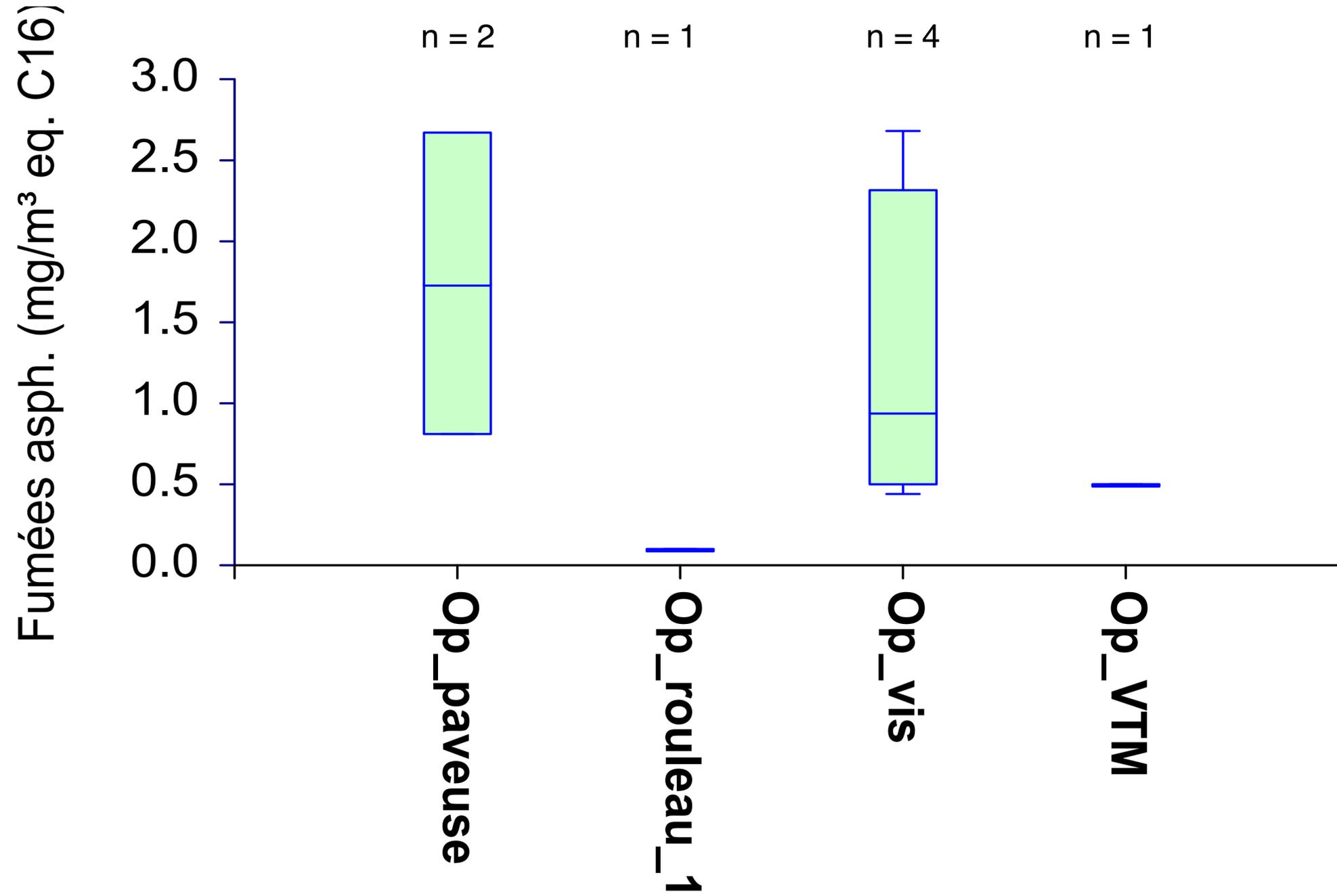
Poste	Gravimétrique (mg/m ³)	Fumées d'asphalte (mg/m ³ éq. C16)		
		Cassette	Tube	total
Aide opérateur VTM	0,49	<0,08	1,2	1,2
Opérateur VTM	0,52	<0,08	0,50	0,50
Opérateur paveuse	1,9	1,1	1,6	2,7
	0,88	<0,07	0,81	0,81
Opérateur vis d'ajustement	1,0	0,64	0,58	1,2
	2,0	1,4	1,3	2,7
	0,71	<0,07	0,68	0,68
	0,52	<0,07	0,44	0,44
Opérateur rouleau 1	0,19	<0,08	0,10	0,10
Fixe VTM	2,0	1,2	2,2	3,4
Fixe paveuse trémie d'entrée	2,9	1,8	3,1	4,9
Fixe paveuse table de finition	---*	---*	16	16
	11	8,1	9,5	18

* 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
 - a le potentiel pour devenir l'indicateur d'exposition à venir pour les fumées d'asphalte



La suite...

- Normalisation possible avec France et Allemagne
- Campagne d'évaluation de l'exposition au Québec
- Activité de recherche IRSST 2014-0040 en cours :
 - « Caractérisation des émissions de bitume haute résistance au désenrobage (HRD) avec additif polyamines »

Remerciements

- Benjamin Sutter, INRS
- Dietmar Breuer, IFA
- France Labrèche, IRSST
- Marielle Carrier, IRSST

Questions ?