

Cette version du document de présentation de la conférence a été modifiée. Les résultats de l'objectif 2 ont été retirés en raison du fait qu'un bitume reste à étudier en laboratoire et qu'il pourrait avoir un impact sur les résultats finaux. Pour éviter toute confusion, même si l'impact anticipé du changement est probablement faible, nous préférons ne diffuser par écrit que les documents présentant l'ensemble des résultats obtenus.

Simon Aubin, Ousmane Bangoura et Corina Tue

26 mai 2025



La mesure de l'exposition aux fumées d'asphalte en lien avec la nouvelle norme d'exposition à venir en 2026

Simon Aubin, Ousmane Bangoura et Corina Tue

Congrès AQHSST 2025

Drummondville

22 mai 2025



Plan de la présentation

Introduction et mise en contexte

Nouvelle norme et l'évaluation de l'exposition

Objectif 1 - Génération de condensats de bitume

- Méthodologie
 - Résultats / discussion
-

Objectif 2 - Détermination des coefficients d'extraction (heptane vs benzène)

- Méthodologie
 - Résultats / discussion
-

Discussion générale

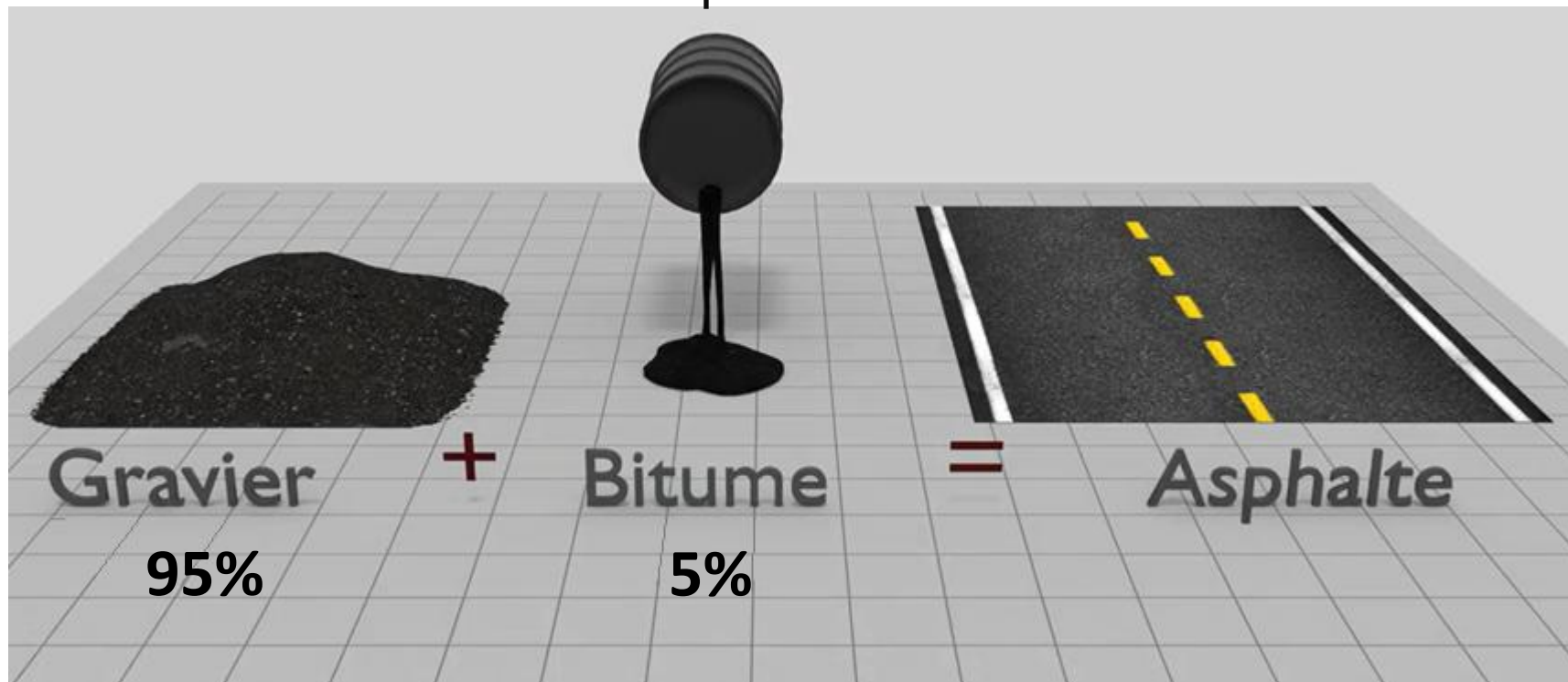
Conclusion

Mise en contexte

Fumées d'asphalte en milieu de travail

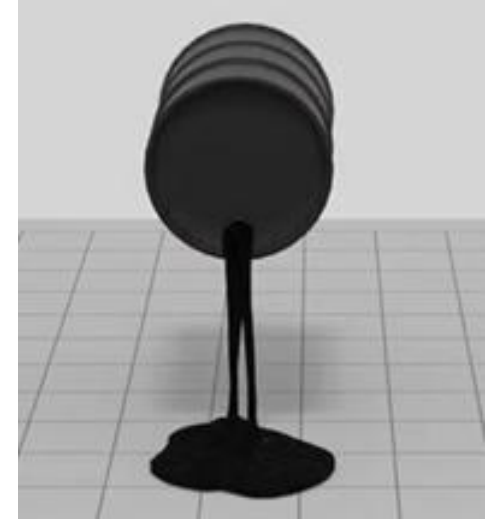
Enrobé bitumineux (« asphalte ») :

Distillat de pétrole
(mélange d'hydrocarbures)



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.



À retenir :

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

Fumées d'asphalte en milieu de travail



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

Enrobé bitumineux
posé à 135-170°C



Quelques
mm ou cm...



Condensation
partielle
Hydrocarbures,
phases vapeur **ET**
particulaire

Zone haute
température
(évaporation)

Vapeur seulement

**Fumées
d'asphalte**

Mise en contexte

Fumées d'asphalte en milieu de travail

Effets sur la santé (survol)

→ Absorption par les voies respiratoires et la peau

Irritation / sensibilisation

- Symptômes : irritation des yeux, nez, muqueuses, avec toux, respiration sifflante et essoufflement
- Asthme, irritation subchronique (données limitées)

Cancérogénicité (CIRC, 2013)

- Pavage : possiblement cancérogènes (2B)
- Couverture (toiture) : probablement cancérogènes (2A)



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

Mise en contexte

Fumées d'asphalte en milieu de travail

Utilisation et travailleurs touchés

- 10 millions de tonnes d'enrobés produites / an
- À 5% dans l'enrobé: $\approx$ 500 000 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.



Mise en contexte

Fumées d'asphalte en milieu de travail



www.pexels.com

Valeurs limites d'exposition (VLE) - *exemples*

VEA
actuelle →

TLV
ACGIH

Pays / province	VLE-8h (mg/m ³)	Substances analysées	Analyse	Fraction granulométrique
Québec	5	Particules	Gravimétrie	Particules totales (Pt)
Belgique	5	Particules	Gravimétrie	Particules totales (Pt)
Australie	5	Particules	Gravimétrie	Particules totales (Pt)
Royaume-Uni	5	Particules	Gravimétrie	Particules totales (Pt)
Suisse	5	Particules	Gravimétrie	Particules totales (Pt)
Corée du sud	0,5	Particules solubles benzène	Gravimétrie	Inhalable
Espagne	0,5	Particules solubles benzène	Gravimétrie	(non précisée)
Ontario	0,5	Particules solubles benzène	Gravimétrie	Inhalable
Allemagne	1,5	Condensat de bitume (vapeur et particules)	FTIR	inhalable
France	1,6	Matière organique totale (vapeur et particules) (hexadécane)	GC-FID	Particules totales (Pt)

Norme et mesure de l'exposition

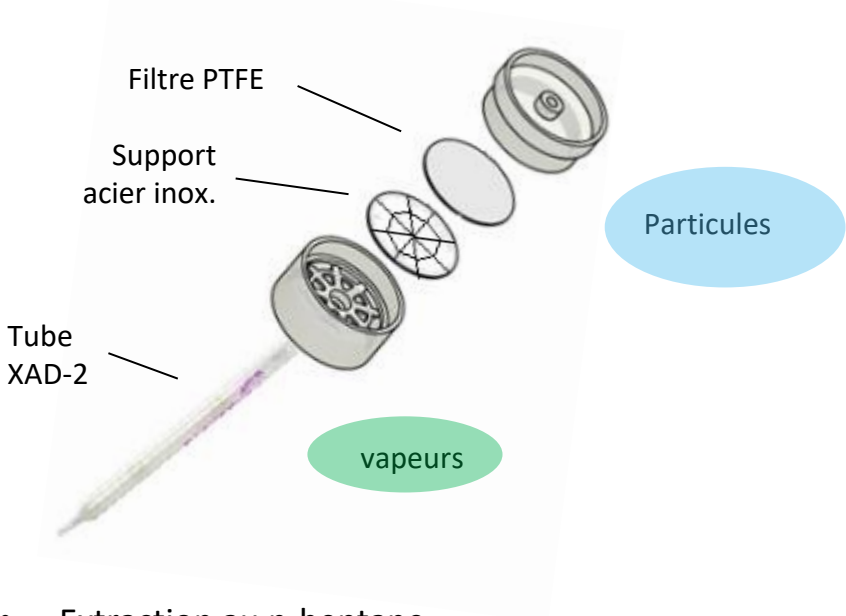
Évolution

	VEA actuelle	VEA en mars 2026
VEMP (8h) (mg/m³)	5	1,5
Substances analysées	Particules	Particules et vapeur exprimées en fraction soluble dans le benzène ou son équivalent
Analyse	Gravimétrie	GC-FID
Fraction	Particules totales (Pt)	Particules totales (Pt)



Résultat basé sur la mesure suivante :

- Méthode INRS M-2 (Méthode IRSST 381)
- Train d'échantillonnage:



- Extraction au n-heptane
- Quantification de l'ensemble des composés détectés
- Étalonnage en hexadécane (C16)



Évaluation de l'exposition

Enjeu

Expression de la VEA

Particules et vapeur exprimées en fraction soluble dans le **benzène** ou son équivalent



Méthode assignée par IRSST

- Méthode INRS M-2 (Méthode IRSST 381)
- Train d'échantillonnage (filtre + tube adsorbant)
- Extraction au **n-heptane**
- Quantification de l'ensemble des composés détectés
- Étalonnage en hexadécane (C16)

- Benzène vs heptane: presque même efficacité d'extraction
- Net avantage du n-heptane pour éliminer l'usage de benzène en laboratoire

Ann. Occup. Hyg., 2016, Vol. 60, No. 1, 101–112
doi:10.1093/annhyg/mev068
Advance Access publication 23 September 2015



Alternatives for Benzene in the Extraction of Bitumen Fume from Exposure Sample Media

Benjamin Sutter*, Christel Ravera, Caroline Hussard and Eddy Langlois

Pollutants Metrology Department, Institut National de Recherche et Sécurité (INRS), Vandœuvre les Nancy, France
*Author to whom correspondence should be addressed. Tel: +33383508590; e-mail: benjamin.sutter@inrs.fr

Équivalence du n-heptane à documenter en termes d'extraction

Objectif 1

1° Générer et 2° Caractériser des condensats de bitume qui serviront de matériaux dans l'accomplissement de l'objectif 2

Objectif 2

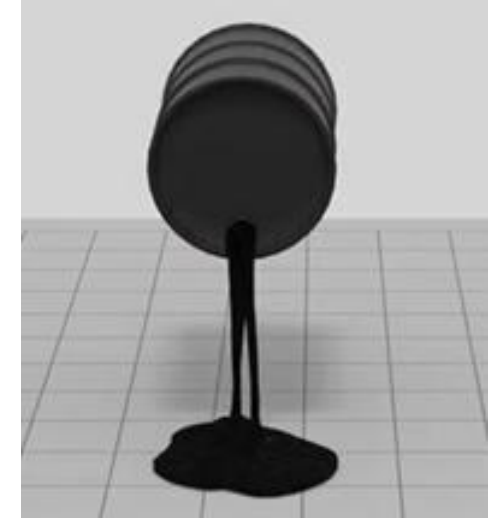
Déterminer l'équivalence de l'heptane, utilisé par la méthode IRSST 381, par rapport au benzène dans un contexte d'application de la nouvelle VEA pour les fumées d'asphalte avec des bitumes utilisés au Québec.

Retombées attendues

- Rendre la méthode IRSST 381 conforme à la nouvelle VEA
- Permettre les mesures d'exposition sur le terrain en prévision de la mise en application de nouvelle VEA en mars 2026

Objectif 1 Condensats de bitume

Méthodologie



Sélection des bitumes

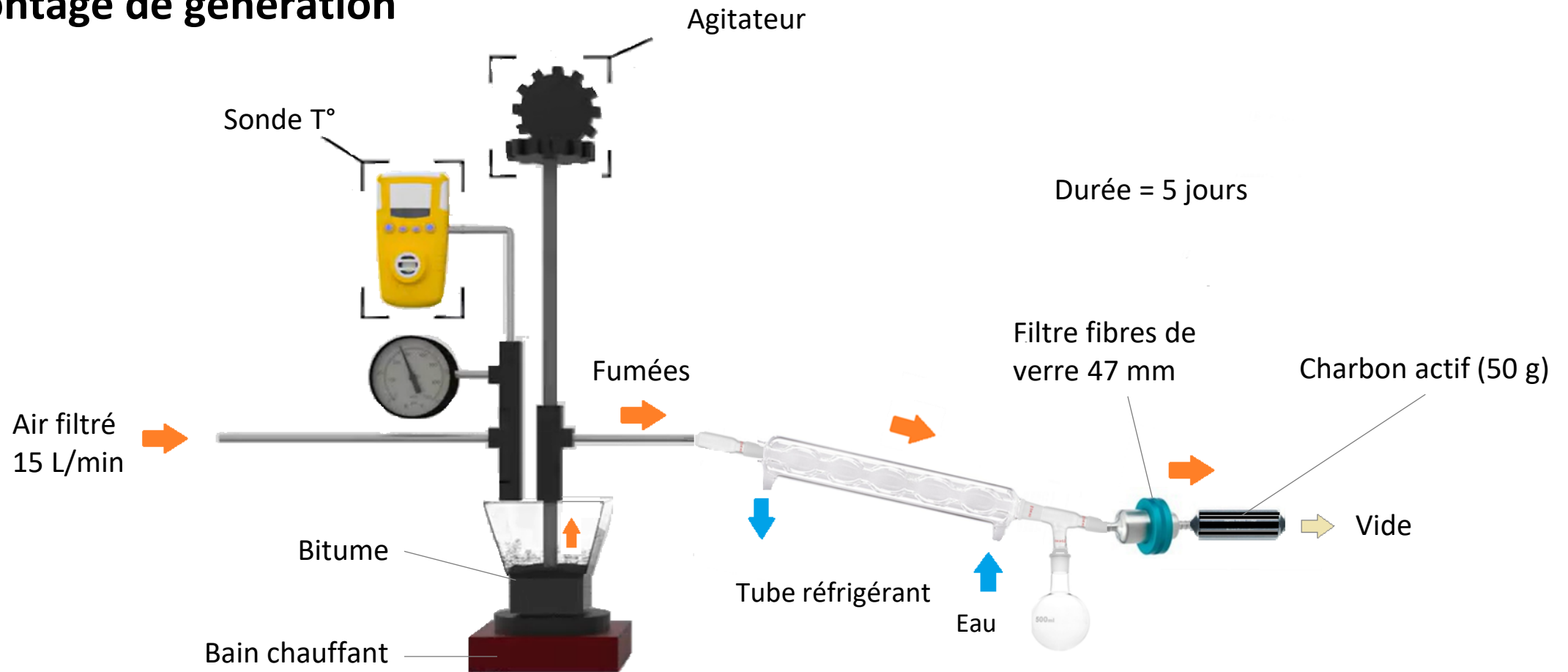
- Basée sur les données du Ministère des Transports [...] (MTQ)
- Plus utilisés au Québec
- Bitumes sélectionnés ne contiennent pas d'additif polyamines
- Fournis par fabricants québécois dans le cadre du projet IRSST 2014-0040

# Bitume (assigné par IRSST)	Grade PG*	Utilisation MTQ (%)
1	70-28	10
2	58-34	42
3	64-34	38

Objectif 1 Condensats de bitume

Méthodologie

Montage de génération

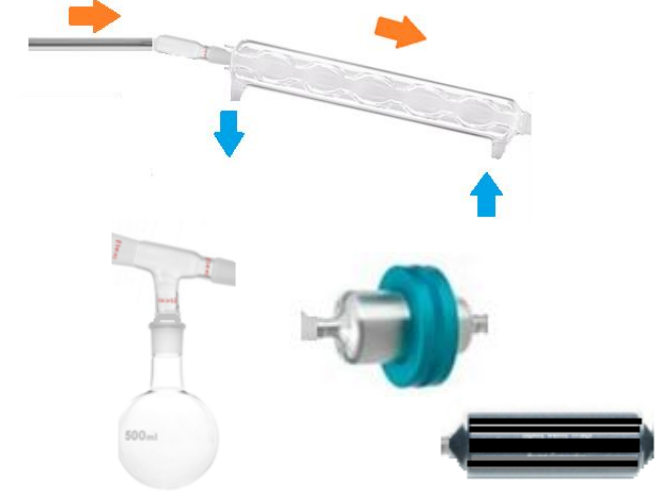


Objectif 1 Extraction des condensats

Méthodologie

Récupérations/extraction des condensats après la génération

- Collection par rinçage tubes de transfert et réfrigérant, joint et ballon au dichlorométhane (DCM)
- Extraction du filtre et du charbon actif au DCM
- Évaporation du DCM sous jet d'azote à 30°C
- Transfert dans le cyclohexane



Composants extraits

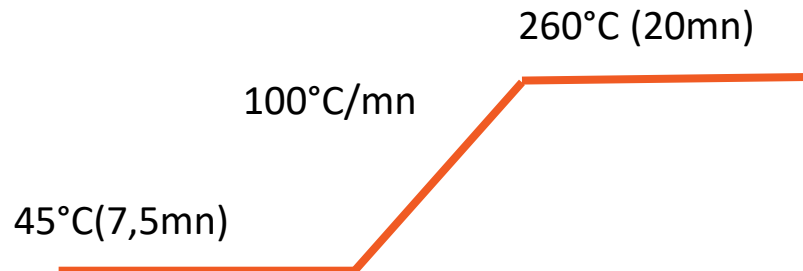


Condensat après évaporation du solvant d'extraction

Méthode d'analyse

Chromatographie en phase gazeuse et détection à ionisation de flamme (GC-FID)

- **Colonne** : colonne capillaire HP5, 30m, 0.32mm, 0.25um.
- **Volume injection** : 0,4 µL
- **Injecteur**: 280°C
- **Détecteur**: 350°C
- **Mode d'injection** : Sans division
- **Programmation de température du four**

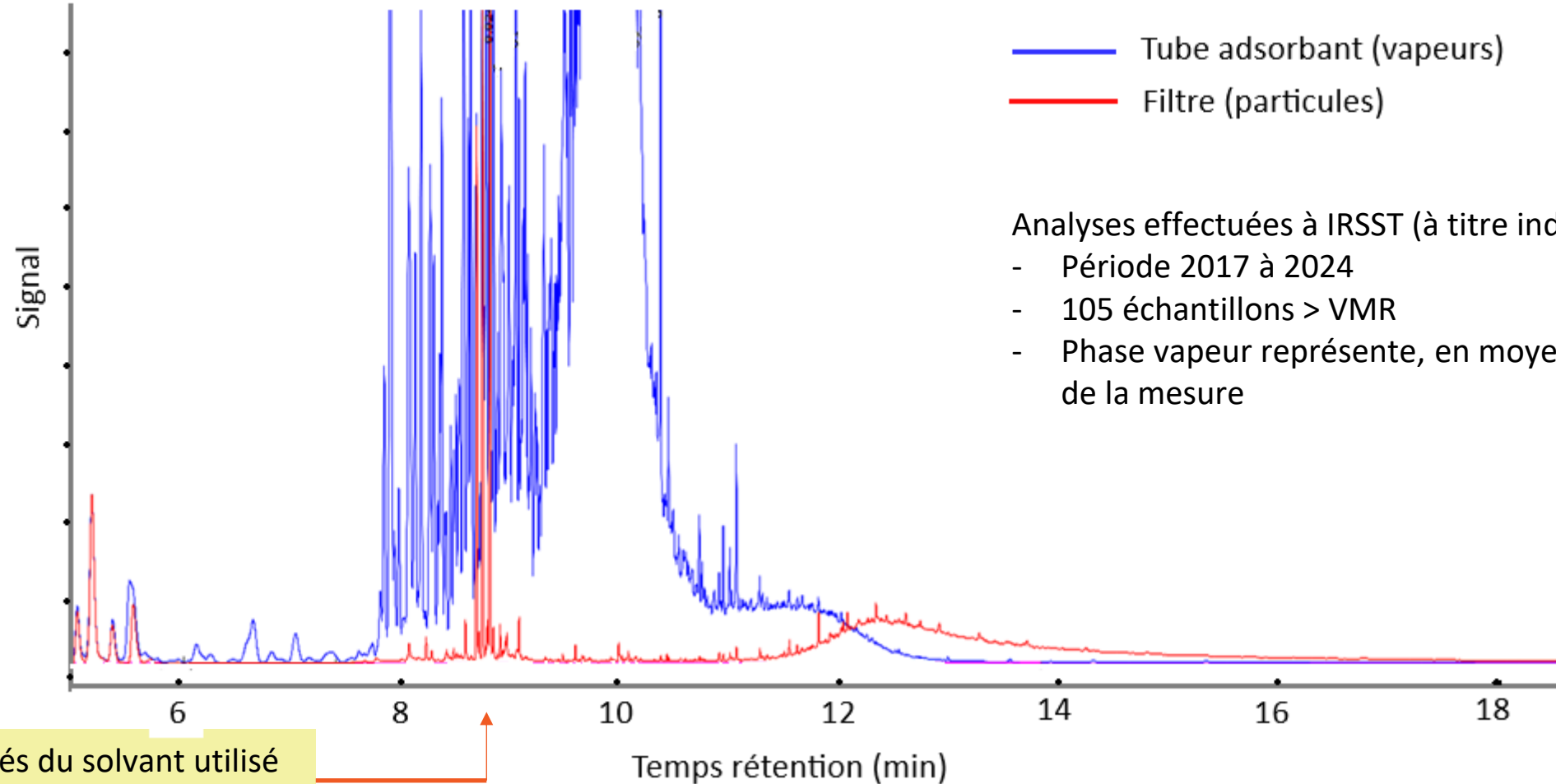


GC-FID Agilent 7890B

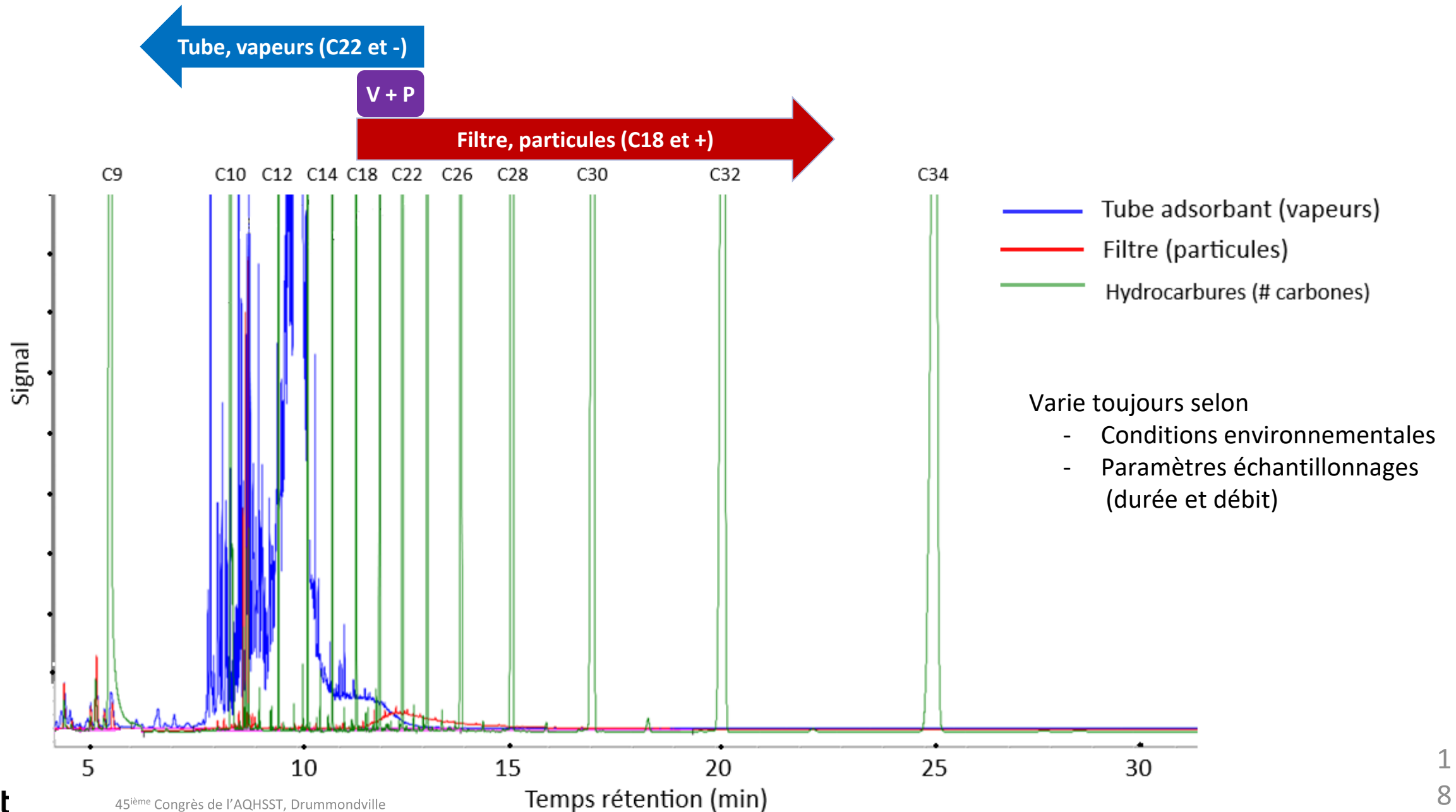
Objectif 1 Analyse des condensats

Méthodologie

Exemple chromatogramme échantillon réel de fumées d'asphalte



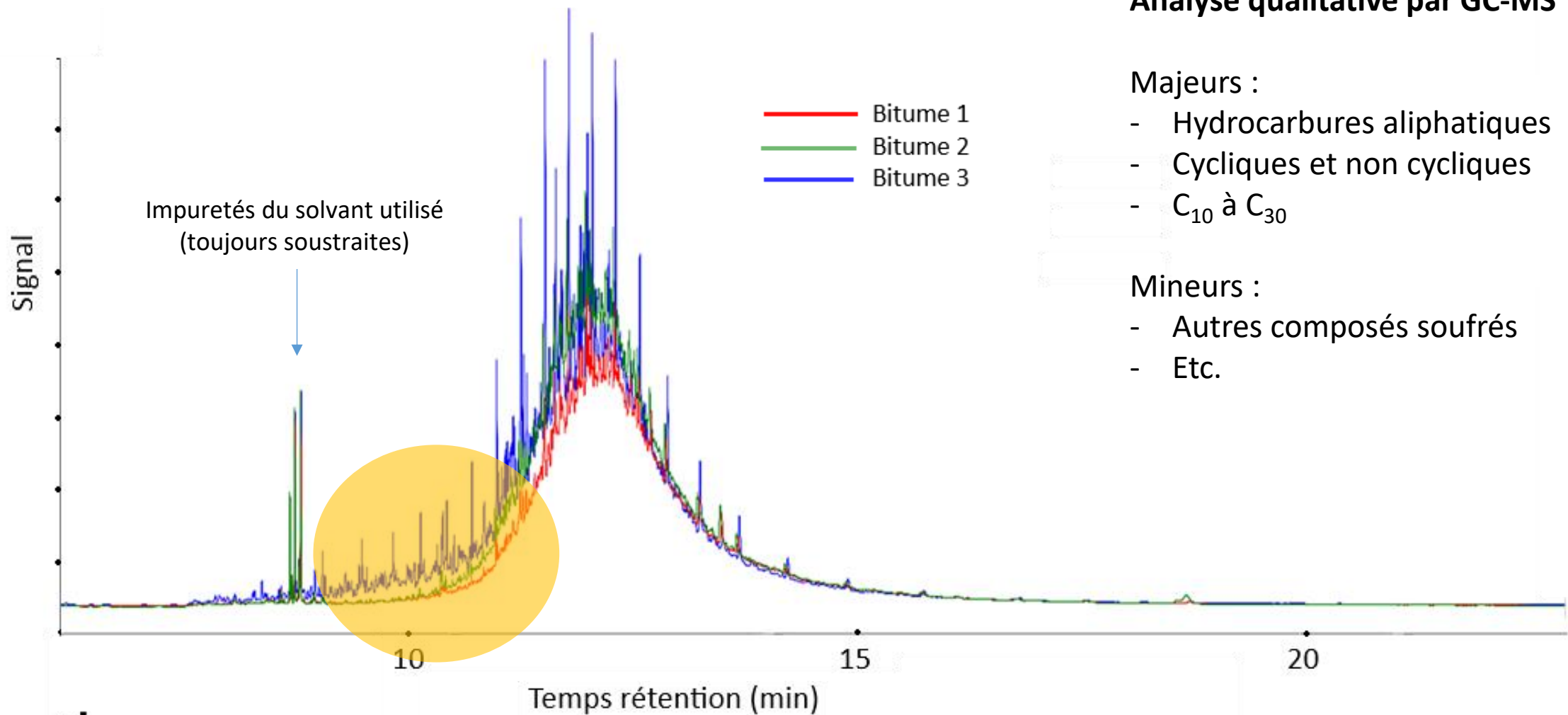
Distribution phase vapeur vs particulaire (exemple)



Objectif 1 Condensat obtenu

Résultats

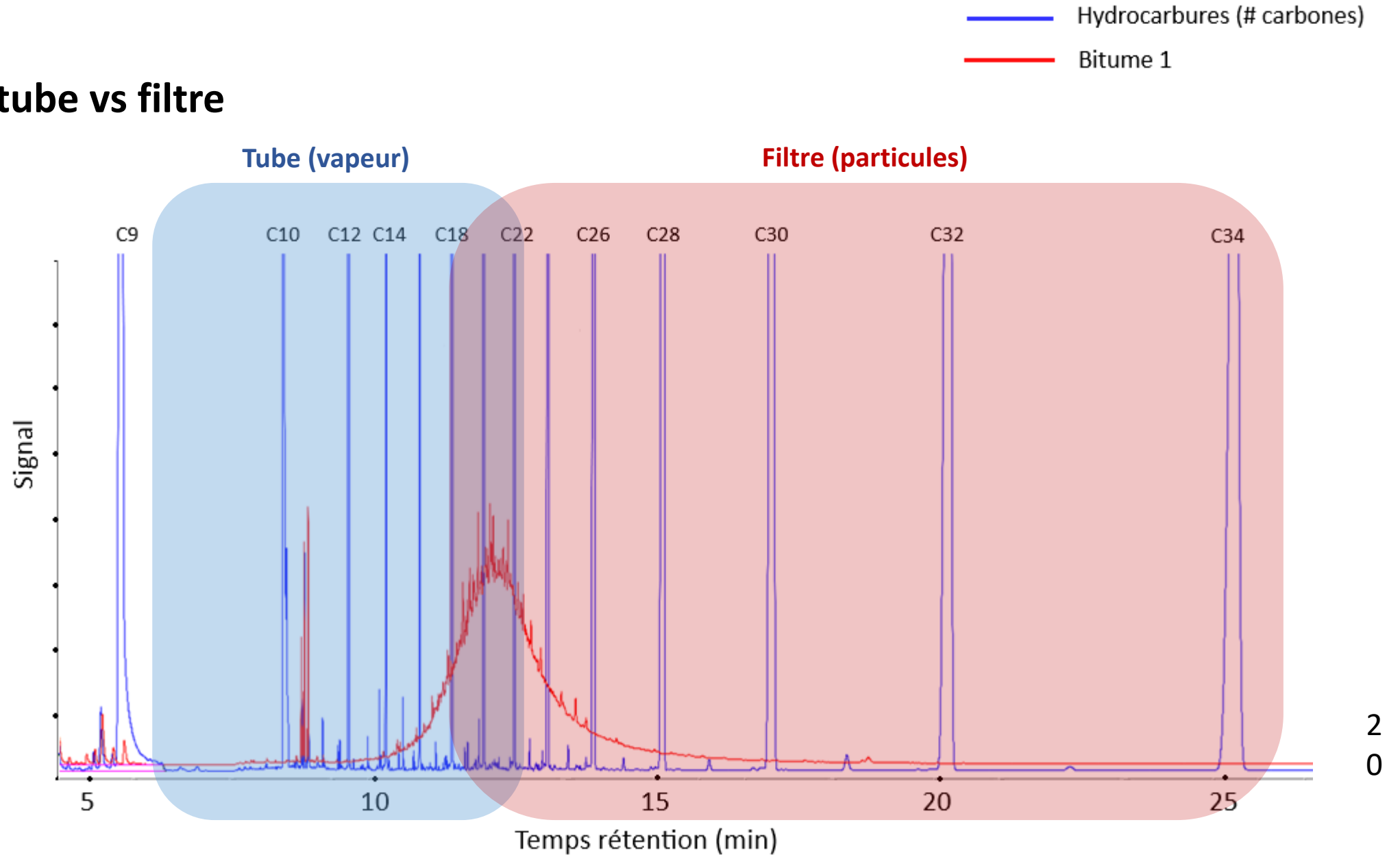
Chromatogrammes de 3 condensats de bitume



Objectif 1 Condensat obtenu

Résultats

Répartition tube vs filtre



Objectif 1 Condensat obtenu

Résultats

Quantification en équivalent C16 de chaque condensant dans extrait final

→ Donnée fondamentale pour l'Objectif 2

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



Bitume 1 a émis
moins de fumées.

Objectif 1 Condensats de bitume

Conclusion

- Réalisation d'un montage de génération
- Génération de condensats de 3 bitumes
- Caractérisation des condensats obtenus
- Détermination de la concentration de 3 bitumes en équivalent C16



3 matériaux représentatifs de fumées d'asphalte de milieux de travail québécois sont utilisables pour la suite (Objectif 2)

Objectif 1

Générer et caractériser des condensats de bitume qui serviront de matériaux dans l'accomplissement de l'objectif 2

Objectif 2

A large, solid red arrow pointing horizontally to the right, positioned to the left of the text for Objectif 2.

Déterminer l'équivalence de l'heptane, utilisé par la méthode IRSST 381, par rapport au benzène dans un contexte d'application de la nouvelle VEA pour les fumées d'asphalte avec des bitumes utilisés au Québec.

Retombées attendues

- Rendre la méthode IRSST 381 conforme à la nouvelle VEA
- Permettre les mesures d'exposition sur le terrain en prévision de la mise en application de nouvelle VEA en mars 2026

Objectif 2 Équivalence heptane vs benzène

Méthodologie

→ Comparaison de leur efficacité d'extraction

Stratégie appliquée : étude de désorption avec heptane ou benzène

- Dopage de tubes adsorbants et de filtres avec les condensats obtenus
- 5 niveaux de concentrations
- 6 répliques de chaque niveau
- Pour chaque solvant, comparaison de la quantité du fumées (condensats) récupérées du média d'échantillonnage

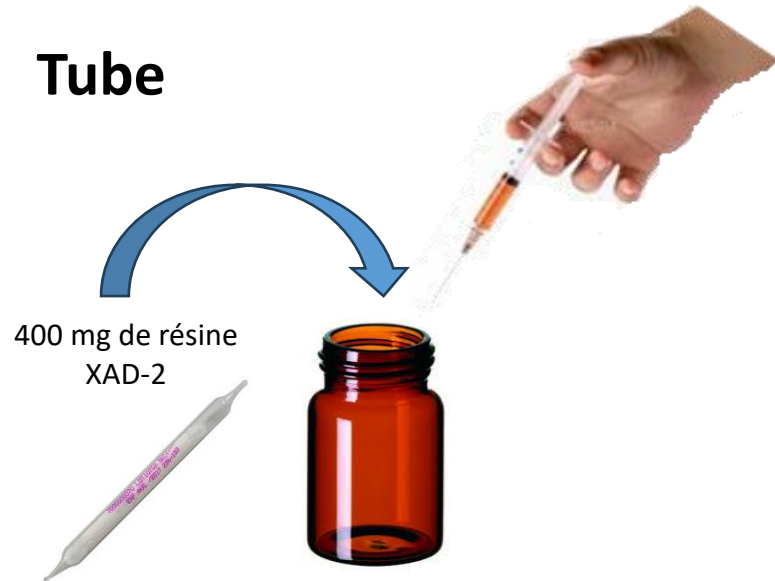
- Approche par dopage plus simple que par génération d'atmosphère contrôlé
- Évite la variabilité due aux multiples paramètres environnementaux et d'hétérogénéité potentielle
- Étude complétée à 67% (2 bitumes sur 3)

Objectif 2 Équivalence heptane vs benzène

Méthodologie

Génération des échantillons

Tube



- Transfert contenu tube dans vial
- Ajout condensat (V. 10 à 100 μL)
- Ajout du solvant d'extraction (benzène ou heptane)
- Agitation 30 min

Filtre



- Transfert filtre dans vial
- Ajout condensat (V. 10 à 100 μL)
- Ajout du solvant d'extraction (benzène ou heptane)
- Agitation 30 min

Objectif 2 Équivalence heptane vs benzène

Méthodologie

Quantités dopées vs domaine applicabilité de la méthode

- Pour 4h d'échantillonnage à 1 L/min = 240 L
- Quantité (approx.) dopée dans chaque média: 10 µg à 400 µg
- Concentration* dans l'air : 0,04 mg/m³ à 3,3 mg/m³

$$VEA = 1,5 \text{ mg/m}^3$$

Calcul du coefficient de désorption (extraction)

Exemple avec tube

Dopage sur tube
100 µg



extraction
→
benzène



quantité
→
mesurée

92 µg

Dopage sans tube
100 µg



extraction
→
benzène



quantité
→
mesurée

99 µg

$$\text{Coefficient } k = \frac{\text{quantité sur tube}}{\text{quantité sans tube}}$$

$$k_{\text{benzène}} = \frac{92}{99} = 0,93$$

2
6

3 diapos enlevées

Objectif 2 Équivalence heptane vs benzène

Interprétation

Facteur de correction

Si $k_{\text{benz}} \neq k_{\text{hept}}$, un facteur K doit être appliqué pour rendre l'heptane équivalent au benzène et ainsi obtenir l'adéquation entre la méthode et la VEA.

$$K = \frac{k_{\text{benz}}}{k_{\text{hept}}}$$

Exemple de calcul

Pour $k_{\text{benz}} = 0,87$ et $k_{\text{hept}} = 0,93$ $\rightarrow K = \frac{0,87}{0,93} = 0,89$

L'heptane extrait plus efficacement que le benzène

Ce qui signifie que...

...dans cet exemple, tout résultat produit par la méthode IRSST 381 (extraction heptane) doit être multiplié par $K = 0,89$ pour être comparable à la VEA

Illustration :

$$1 \text{ mg/m}^3 \times 0,89 = 0,89 \text{ mg/m}^3$$

Résultat sur rapport d'analyse

2 diapos enlevées

Objectif 2 Équivalence heptane vs benzène

Discussion

Comparaison des résultats avec la publication de Sutter et al. 2016 (INRS)

Facteurs correction K ($k_{\text{benzène}} / k_{\text{heptane}}$)

Média	IRSST K		INRS* K		
Bitume	2	3	A	B	C
Filtre	Résultats retirés		0,94 ± 0,12	n.d.	0,93 ± 0,09
Tube adsorbant			0,86 ± 0,10	0,97 ± 0,12	0,87 ± 0,06

* Valeurs transformées pour comparaison

Sutter B, Ravera C, Hussard C, Langlois E. Alternatives for Benzene in the Extraction of Bitumen Fume from Exposure Sample Media. Ann Occup Hyg. 2016;60(1):101-12.

Objectif 2 Équivalence heptane vs benzène

Conclusion

Contenu retiré

Retombée immédiate et perspectives

- Méthode IRSST 381 est adéquate pour soutenir les milieux dès maintenant
- Établir :
 - Facteur de correction K
 - Correction systématique au sein du service analytique de la Direction des laboratoires
 - Remarque sur le rapport d'analyse faisant état de la correction effectuée
 - CVa (précision analytique)
- Diffusion de l'information à la communauté de pratique
- Publication de la méthode IRSST 381 sur [irsst.qc.ca](https://www.irsst.qc.ca)

Remerciements

- Corina Tue (IRSST), auteure, qui a analysé et compilé des résultats pour plus de 500 échantillons.

[et encore 300 à faire...]

- Sabrina Gravel (IRSST) pour le soutien statistique



Questions ?



simon.aubin@irsst.qc.ca

ousmane.bangoura@irsst.qc.ca