

Évaluation de l'exposition aux particules des émissions de moteur diesel

*Simon Aubin, M.Sc., chimiste, ROH, CIH
Direction des laboratoires
IRSST*



Forum cancérogènes professionnels, 27 avril 2017, Montréal

Plan de la présentation

1. Description des émissions de moteur diesel
2. Valeurs limites de l'exposition
3. Évaluation de l'exposition
 - Prélèvement dans l'air
 - Analyse de laboratoire
 - Spécificités et interférences
4. Conclusion

1) Description émissions moteur diesel

Appellation CIRC*: Gaz d'échappement des moteurs diesel

Appellation anglaise générale : *diesel exhaust*



2 composants aux émissions

Phase gazeuse

- CO et CO₂
- NO_x
- Benzène
- Formaldéhyde
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
- Etc.

Phase particulaire

- Composés soufrés
- Métaux
- HAP, nitro-HAP
- Carbone inorganique
- Particules grossières (cendres)

*CIRC: Centre international de recherche sur le cancer

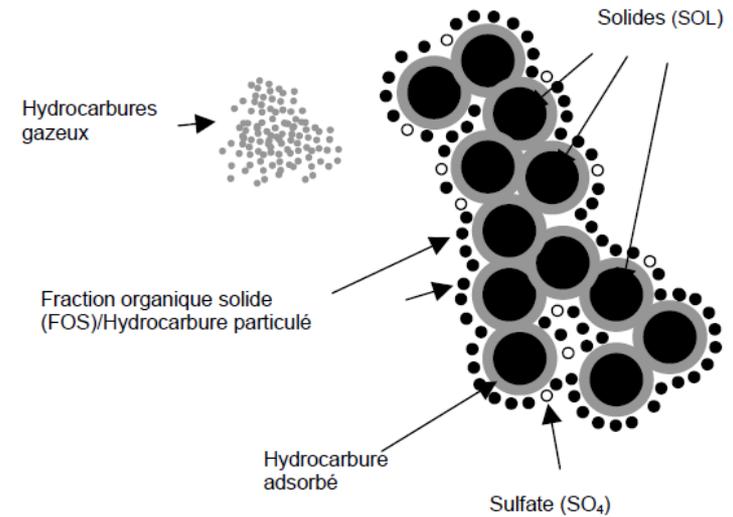
Emphase sur la phase particulaire

Expressions consacrées :

- Matière particulaire diesel (MPD)
- Particules diesel (PD)



Contenu en carbone : ~ 80 %



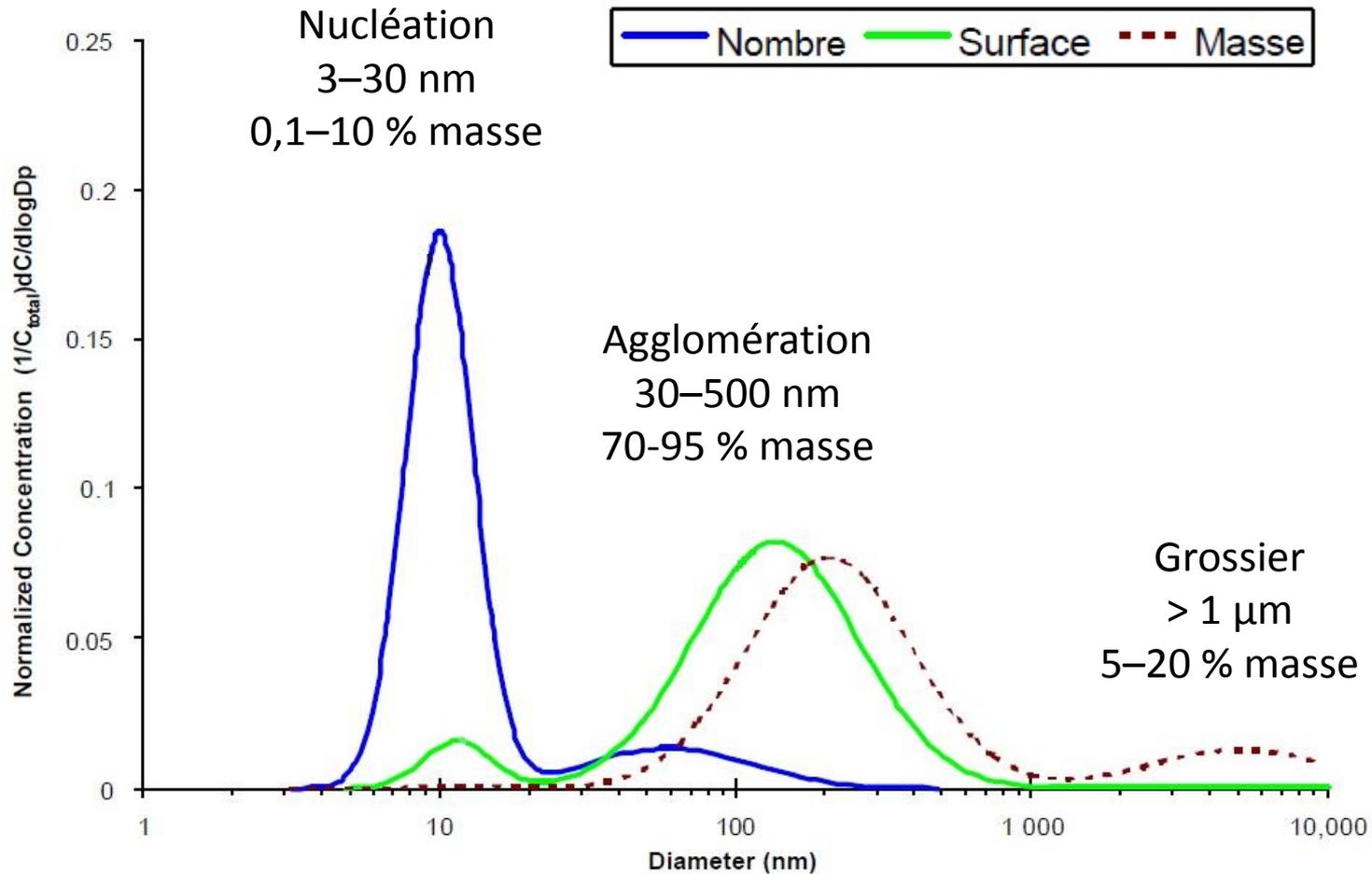
● Sphère de carbone solide
(0.01 - 0.08 μm diamètre)
formant des agglomérats
(0.05 - 1.0 μm diamètre) sur
lesquels s'adsorbent les
hydrocarbures

○ Hydrocarbure
adsorbé

● Particule d'hydrocarbure
liquide condensé

○ Sulfate hydraté

Distribution granulométrique

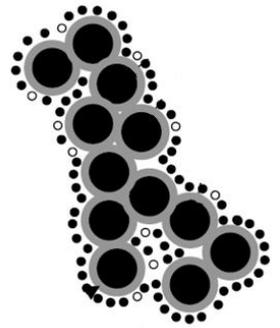


Défis liés à la MPD

Conséquences sur le contrôle ou la mesure de l'exposition

Notamment :

- Particules très petites :
 - vitesse sédimentation très faible
- Mélange complexe :
 - Individuellement, apport négligeable des différents composés chimiques



Impact sur le type de valeur limite d'exposition

2) Valeurs limites d'exposition (VLE)

- Notions d'indicateur d'exposition (*surrogate*) :
 - Utile pour expositions à de multiples agresseurs provenant d'une source unique, exemples :
 - Matières solubles dans le benzène pour brai de goudron
 - Mesure gravimétrique pour fumées de soudage
- 2 indicateurs d'exposition **actuels** à la MPD :
 - **Carbone total**, somme du carbone organique (CO) et élémentaire (CE)
 - **Carbone élémentaire**
- L'affirmation "*indicateur = agent toxique*" **n'est pas requise** pour qu'un indicateur d'exposition soit adéquat.



ATTENTION

À partir d'ici, l'acronyme CO signifie carbone organique.

Quelques exemples de VLE

Organisme (année)	Province ou pays	Indicateur	VLE-8h (mg/m ³)
RSSM (2016)	Québec	CT	0,4 R
OHSA (2013)	Ontario	CT*	0,4 R
MSHA (2008)	États-Unis	CT*	0,16 PM1
SUVA (2014)	Suisse	CE	0,1 R
BMASK (2011)	Autriche	CE	0,3 R
AIOH (2013)	Australie	CE	0,1 PM1

CT : carbone total CE : carbone élémentaire R : fraction respirable PM1 : matière particulaire < 1 µm

* Ces valeurs tiennent compte de la proportion en CE.

Retour sur l'*expression* d'une VLE

Au Québec (Mines, RSSM), l'expression :

« *0,4 mg/m³ de carbone total (CT), selon méthode **NIOSH 5040** [...] »*

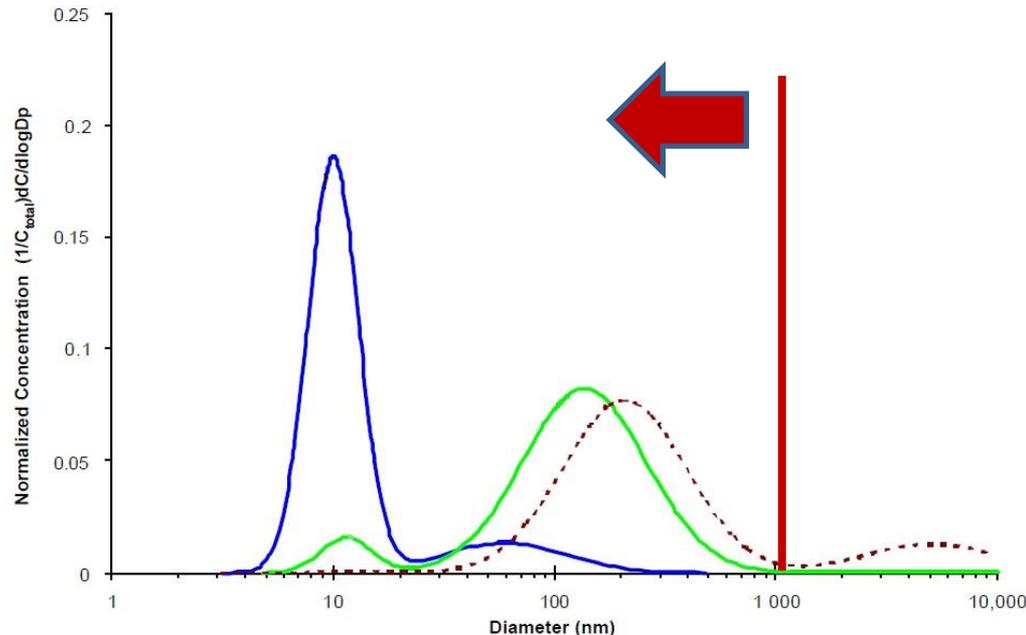
Détails importants :

- NIOSH 5040 a été mise au point spécifiquement pour la détermination du CO et CE dans la MPD.
- L'indicateur CT (ou CO + CE) = espèce définie par la méthode d'analyse utilisée.

3) Évaluation – prélèvement dans l'air

Au Québec, c'est la fraction respirable (R) des particules qui est prélevée, car :

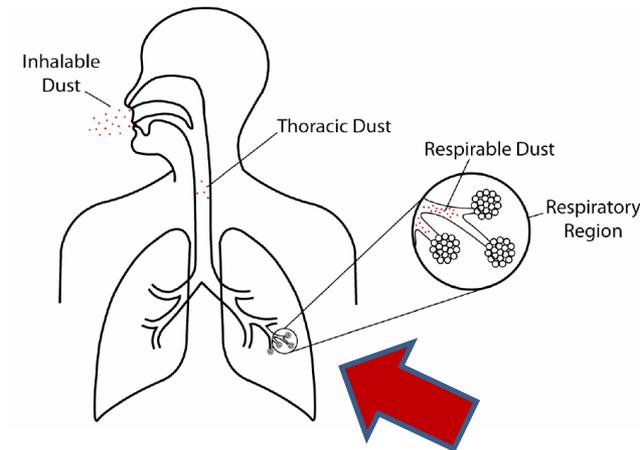
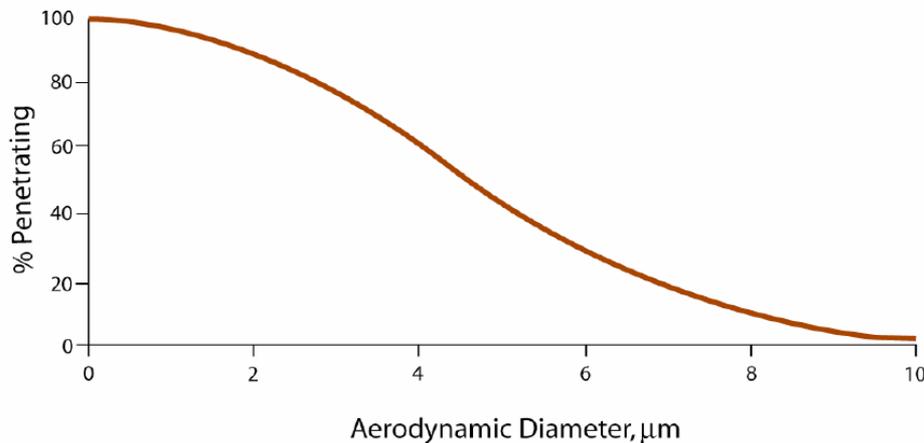
- Plus grande partie de la masse et nombre de particules est $<1 \mu\text{m}$
- Réduit les risques d'interférences



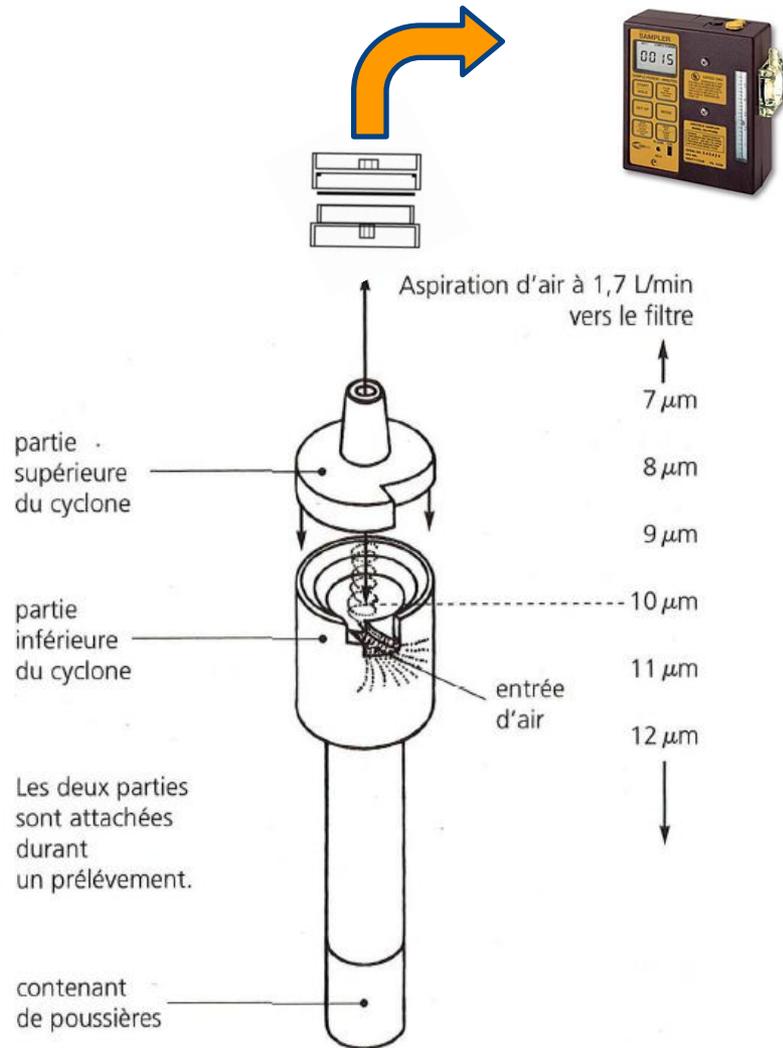
Fraction respirable - définition

- Définition normalisée (ISO/CEN/ACGIH 1993)
- Basée sur la pénétration dans les voies respiratoires humaines
- Généralement : particules $< 10 \mu\text{m}$
- En application en hygiène du travail depuis des décennies

AED, μm	% Penetrating
0	100
2	91
4	50
6	17
8	5
10	1



Sélection des particules : cyclone

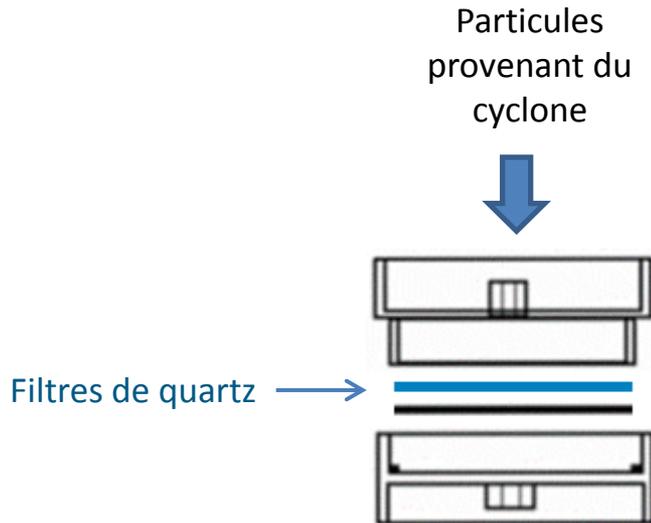


Le vortex créé permet la séparation, par inertie, des particules en fonction de leur taille :

- Grande taille : projetées sur les parois et recueillies dans le réceptacle du cyclone
- Petite taille : suivent la ligne de courant jusqu'au média collecteur

Média collecteur

- 2 filtres de quartz 25 mm, le 2^e filtre agit comme support *
- Cassette 3 pièces pour être compatible avec les différents cyclones



Cassette IRSST #952

* Évite les contaminations potentielles provenant du support en cellulose ou plastique en carbone organique

Carbone total (NIOSH 5040)

- Analyse :
 - Portion de 1,5 cm² du filtre est découpée
 - Traitement thermique (→ 870°C) sous différents gaz
 - En 2 étapes :
 - 1) Dosage du carbone organique (CO)
 - 2) Dosage du carbone élémentaire (CE)



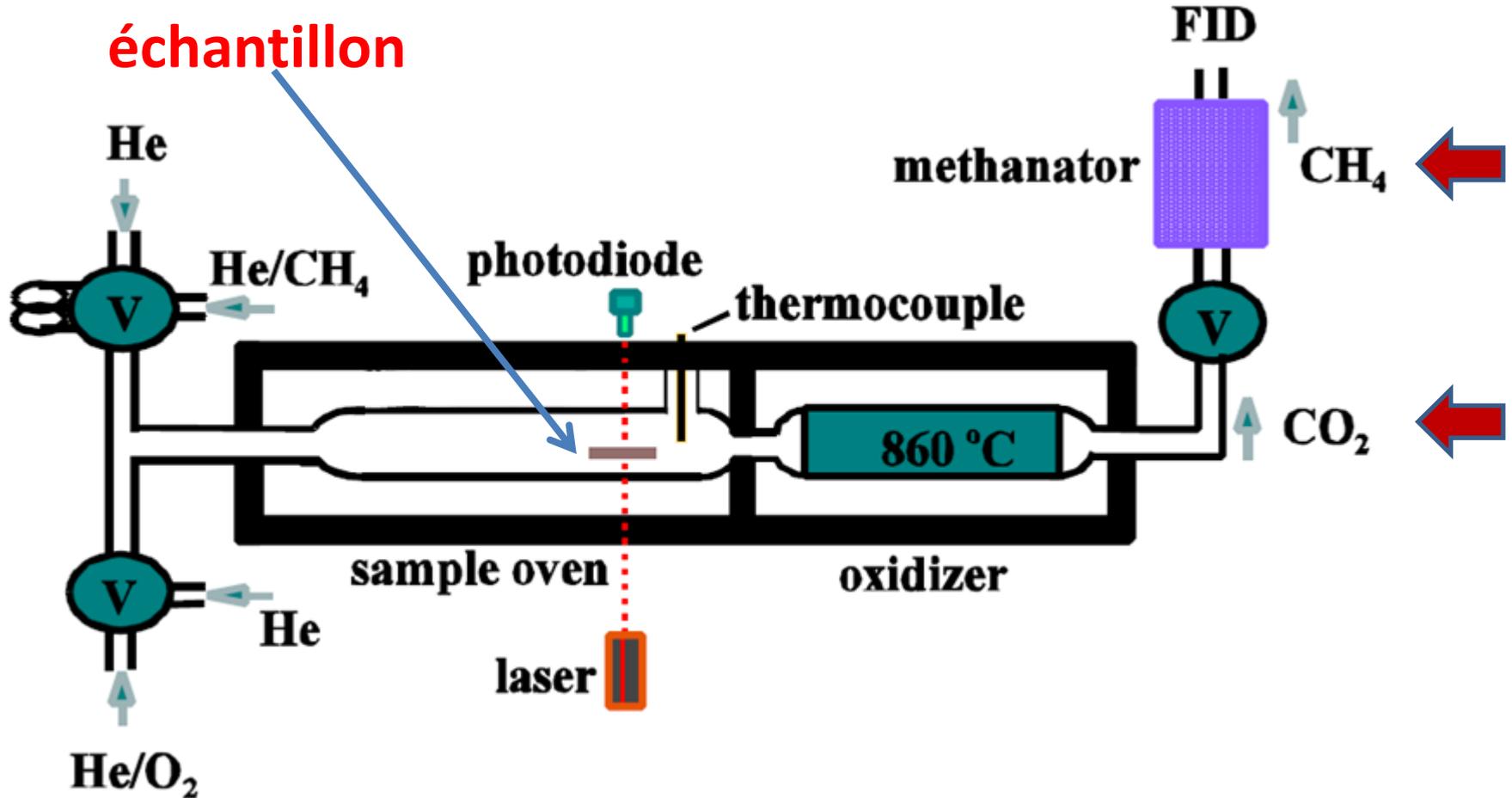
Photo: Sunset laboratories

- Résultats :
CO + CE = carbone total (CT)



Filtre avant analyse et portion de filtre après analyse

Schéma analyseur (NIOSH 5040)



Tiré de : NMAM chapter DL. Monitoring of diesel particulate exhaust in the workplace, E. Birch, NIOSH (2016)

Domaine d'applicabilité

En fixant les paramètres suivants :

- Échantillonnage 6h à 2L/min, volume prélevé : 0,72 m³
- Partition du CT (source : IRSST R-468 (2006), deux mines, n = 72) :
 - CO : 43 %
 - CE : 57 %

CE analysé* (µg/cm ²)	CE par échantillon (µg)	CE dans l'air (µg/m ³)	CO dans l'air (µg/m ³)	CT dans l'air (µg/m ³)	% VEMP (400 µg/m ³ en CT)
0,3	1	1	1	3	1
5	17	24	18	42	11
50	173	240	181	422	105
100	346	481	363	843	211

* Données brutes de l'instrument

4) Interférences potentielles

EN GÉNÉRAL : toute particule collectée (autre que la MPD) qui fournit signal en CO ou en CE.

Le prélèvement avec cyclone permet d'éliminer la collection de particules > fraction respirable

- Peu/pas d'interférences pour le CE
- Principales sources de CO autre que MPD :
 - brouillards d'huile* (machinerie hydraulique)
 - fumée cigarette*
 - carbonates

Retour sur la spécificité de la méthode analytique

- Spécificité : le CO et le CE sont toujours rapportés par le labo
- ... mais la spécificité n'est pas absolue :
 - CO et CE ne sont pas des entités chimiques définies
 - Les « sous-types » de CO ou de CE ne peuvent être différenciés

CEPENDANT :

- L'importance relative CO/CE est connue dans la MPD dans certains milieux comme les mines souterraines

Retour sur le ratio CT/CE

Rapport IRSST R-468 (2006, n = 72), ratio CT/CE varie de 1,4 à 2,2.

- Mine A: $1,9 \pm 0,27$
- Mine B: $1,7 \pm 0,24$

Rapport technique (www.camiro.org) mine canadienne:

- ratio moyen CT/CE de 1,7 (1,4 et 2,3)

Transposition CT/CE \rightarrow % CE :

1,3 \rightarrow 77 %

1,7 \rightarrow 59 %

2,3 \rightarrow 43 %

Résultats préliminaires d'un projet en cours mené par UdM (équipe Prof. M. Debia):

\rightarrow *CT/CE 1,7*

Spécificité vs RSSM(Qc) : cas de figure

Numéro d'échantillon			A
Volume d'échantillonnage (Litres)			1320
Média collecteur			Cassette
Date d'analyse			2016-04-28
Substance demandée	N° de méth.	VMR (µg)	µg/m ³
Carbone organique	388	¹	230
Carbone élémentaire	388	¹	350
Carbone total	388		580

Échantillon A – (8 heures)

Hors-norme en carbone total ($> 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

CO : 40 %

CE : 60 %

CT/CE = 1,7

Composition typique de MPD

Numéro d'échantillon			B
Volume d'échantillonnage (Litres)			1320
Média collecteur			Cassette
Date d'analyse			2016-04-28
Substance demandée	N° de méth.	VMR (µg)	µg/m ³
Carbone organique	388	¹	560
Carbone élémentaire	388	¹	20
Carbone total	388		580

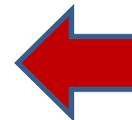
Échantillon B – (8 heures)

Hors-norme en carbone total ($> 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

CO : 97 %

CE : 3%

CT/CE = 29



*Jugement
professionnel*

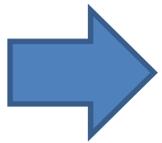
Les particules prélevées ne consistent pas en de la MPD.
La comparaison à la norme ne peut être effectuée.

Le cas des carbonates

- Contexte minier : en fonction de la géologie ou des procédés
 - Des carbonates dans l'échantillon causent une surestimation du CO
- La présence de carbonates est facile à déceler :
 - ➔ Méthodes de correction sont appliquées

4) Conclusion

Méthode d'évaluation de la MPD dans l'air :



Un outil et un soutien à la prévention du risque lié à l'exposition aux émissions de moteur diesel

- Pour cibler les milieux de travail concernés;
- Donner l'heure juste sur le niveau de risque;
- Soutenir la mise en place des moyens de contrôle.

Remerciements

- Charlotte Lecomte-Fortin, U. Laval (stagiaire IRSST, 2016)
- Lucile Richard, IRSST
- Lucie René, IRSST
- Luc Rousseau, IRSST
- Mélanie Huard, IRSST

Références

- Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), Diesel engine exhaust carcinogenic, press release No 213.
www.etui.org/fr/content/download/6392/60626/file/IARC+press+release.pdf
- Gouvernement du Québec, Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines. chapitre S-2.1, r. 14, article 102, 2013. Éditeur officiel du Québec.
- NIOSH, Diesel particulate matter (as Elemental Carbon), Manual of Analytical methods (NMAM), 5040, 4^e edition, 2003. www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/5040.pdf
- Roberge, Brigitte; Grenier, Michel; Gravel, Rodrigue; Petitjean-Roget, Thierry. Comparaison de deux indices d'exposition à la matière particulaire de diesel. Études et recherches / Rapport R-468, Montréal, IRSST, 2006.
- Grenier, Michel; Gangal, Mahe; Goyer, Nicole; McGinn, Sean; Penney, Jennifer; Vergunst, John. Mesure de la matière particulaire diesel dans les mines. Guides et outils techniques et de sensibilisation/ Fiche technique RF-287, Montréal, IRSST, 2001.

Questions?

