

Hygiène du travail
Toxicologie industrielle



ChloroForum

7^{ième} atelier

Ittigen-Papiermühle, Mercredi 9 mars 2016

Cas concrets : mise en place de
mesures de sécurité au travail pour
des sites pollués avec des HCC.

Vincent PERRET

Hygiéniste du travail certifié SSHT
Toxicologue

Retour d'expérience sur le suivi des expositions des travailleurs lors de chantiers de dépollution de sites contaminés au tetrachloroéthylène

Ce qui marche bien et ce
qui marche moins bien

Localisation des
nappes de pollution

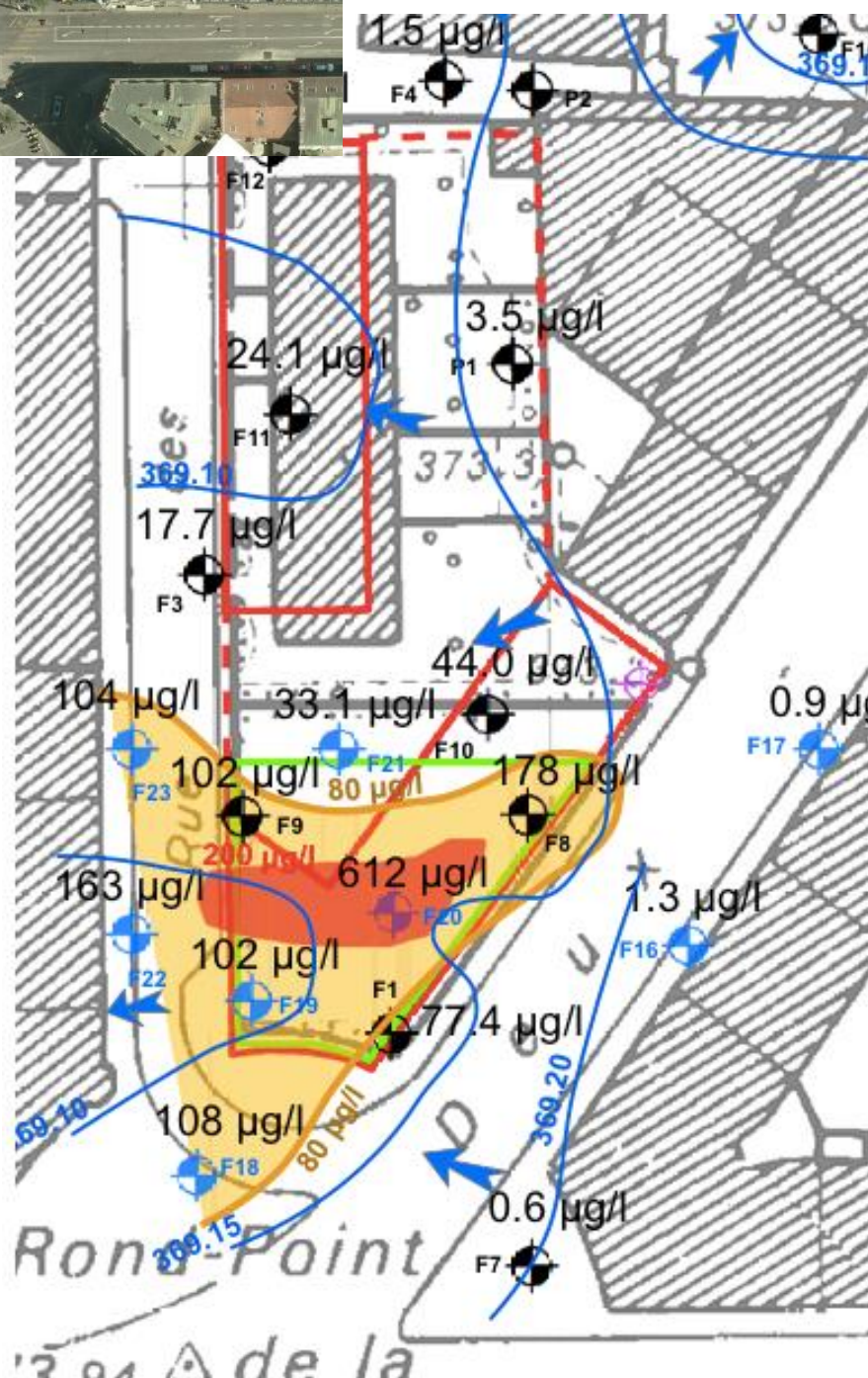
Caractérisation de la
pollution

Ça marche plutôt bien

tion des nappes de

ne plutôt bien

4



Site de la Jonction (Genève), contamination perchlo.
2011 – source GADZ

Caractérisation de la nature de la pollution (1/3)

ça marche plutôt bien aussi

5

Paramètres physico-chimiques et i

pH			-	7.5	-	7.5	7.4	7.5	-	-	-	-	7.6	7.6
Température	[°C]		15.6	14.5	13.6	13.6	15.1	14.3	13.4	13.8	13.9	12.9	13.4	13.6
Conductivité à 25°C	[µS/cm]		1040	1127	745	1256	1433	1895	1096	983	689	933	1420	1011
O2	[mg/l]		-	5.2	-	6.0	2.1	7.7	-	-	-	-	2.0	5.4
Potentiel RedOx	[mV]		-	230	-	30	84	240	-	-	-	-	-310	-215

Paramètres organiques

Hydrocarbures C10-C40	[mg/l]	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-----------------------	--------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Hydrocarbures chlorés volatils

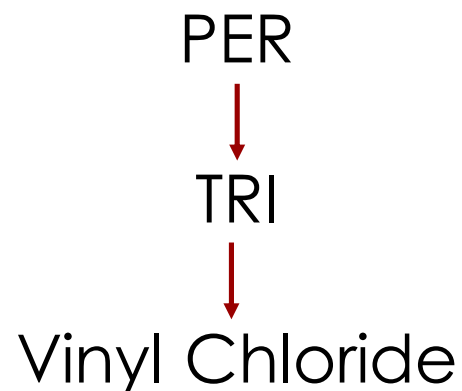
Trichlorméthane	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2/0.2	0.1	<0.1	0.4	0.4	0.3
1,2 dibrométhane (EDB)	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,2 dichlorobenzène	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,3 dichlorobenzène	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,4 dichlorobenzène	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,1 dichloréthane	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,2 dichloréthane (EDC)	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,1 dichloréthène	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,2 dichloréthènes	[µg/l]	0.1	1.0	0.2	0.4	1.4	3.1	0.4	0.3/0.2	3.3	2.1	0.5	1.2	0.5
1,2 dichloropropane	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Chlorure de méthylène	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,1,2,2 tétrachloréthane	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Perchloréthylène (Per)	[µg/l]	0.1	3.5	77.4	17.7	114	242	102	40.4/47.6	24.1	0.8	102	612	33.1
1,2,4 trichlorobenzène	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,1,1- Trichloréthane	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Trichloréthène (Tri)	[µg/l]	0.1	3.1	1.3	0.6	3.3	4.9	0.3	1.6/1.5	8.9	2.3	1.3	1.7	0.6
Chlorure de vinyle	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Tétrachlorure de carbone	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Chlorobenzène	[µg/l]	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1/<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Caractérisation de la nature de la pollution (2/2)

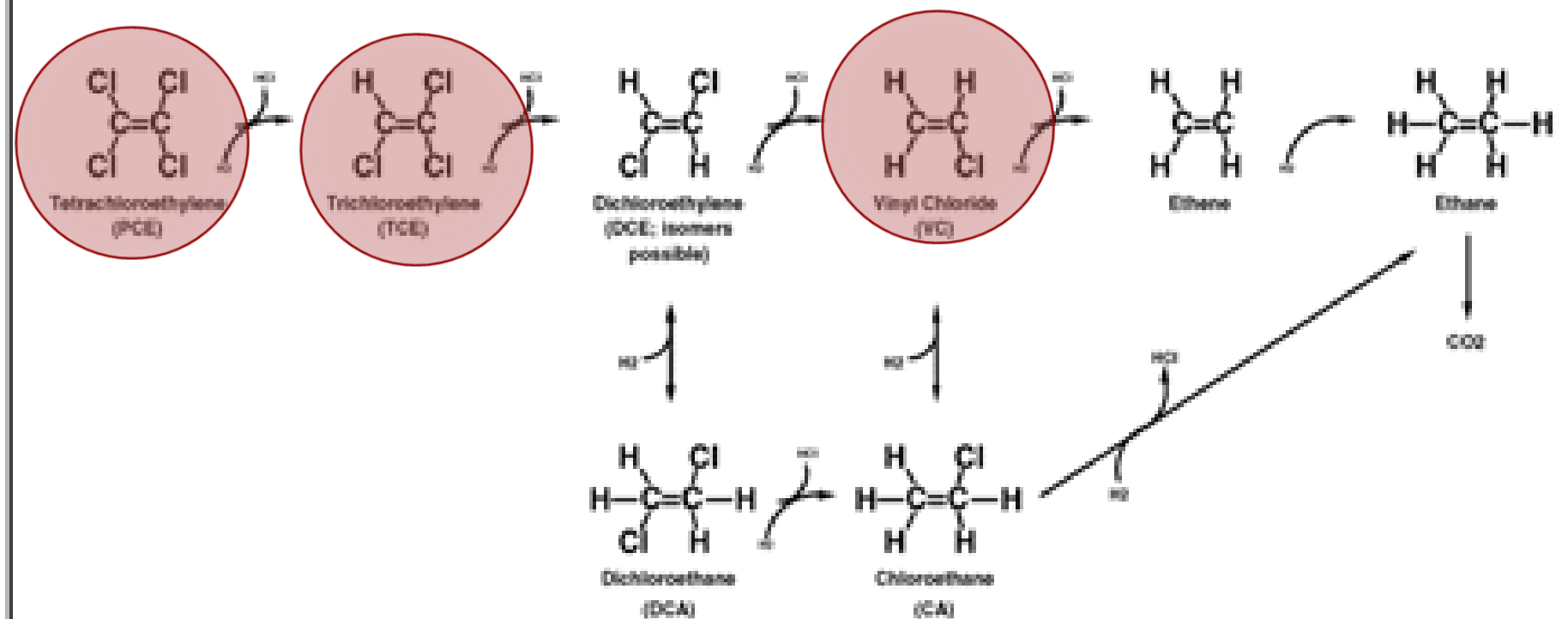
ça marche plutôt bien aussi

6

Dégradation
microbienne
du PER.



MICROBIAL PATHWAY FOR REDUCTIVE DEHALOGENATION FOR TETRACHLOROETHYLENE (PCE)



Dimensionnement de la ventilation sous confinement

Ça ne marche pas très
bien

Confiner ou ne pas confiner ? Telle est la question !

8

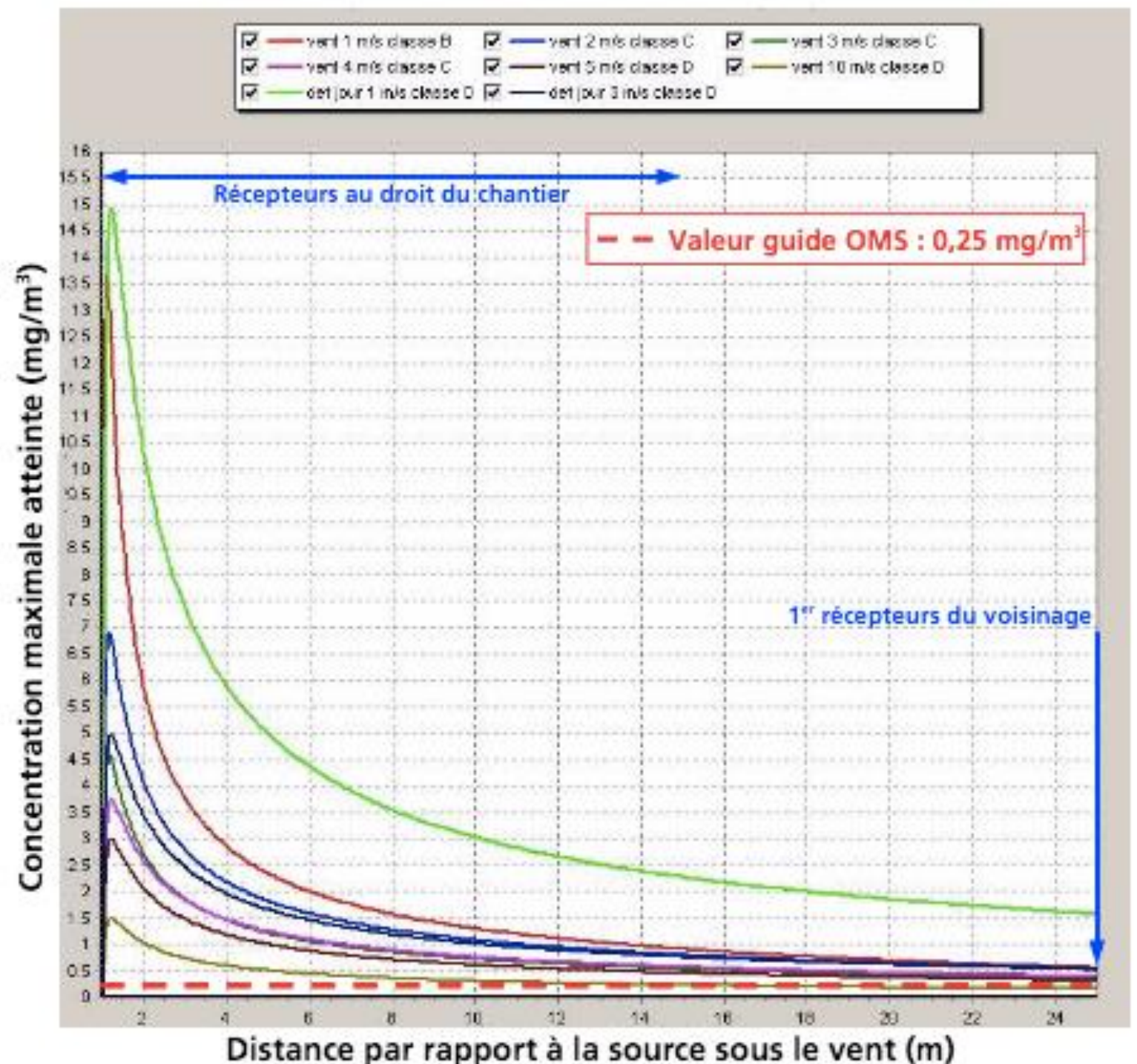


Evaluation de l'impact potentiel sur le voisinage

9

Modélisation EFFECTS des diffusion des émissions de dégazage d'alluvions fortement contaminés au PER (divers paramètres de vent).
Seuil de 0.25 mg/m^3 fixé par l'autorité cantonale pour la protection du public (STEB/Ge).

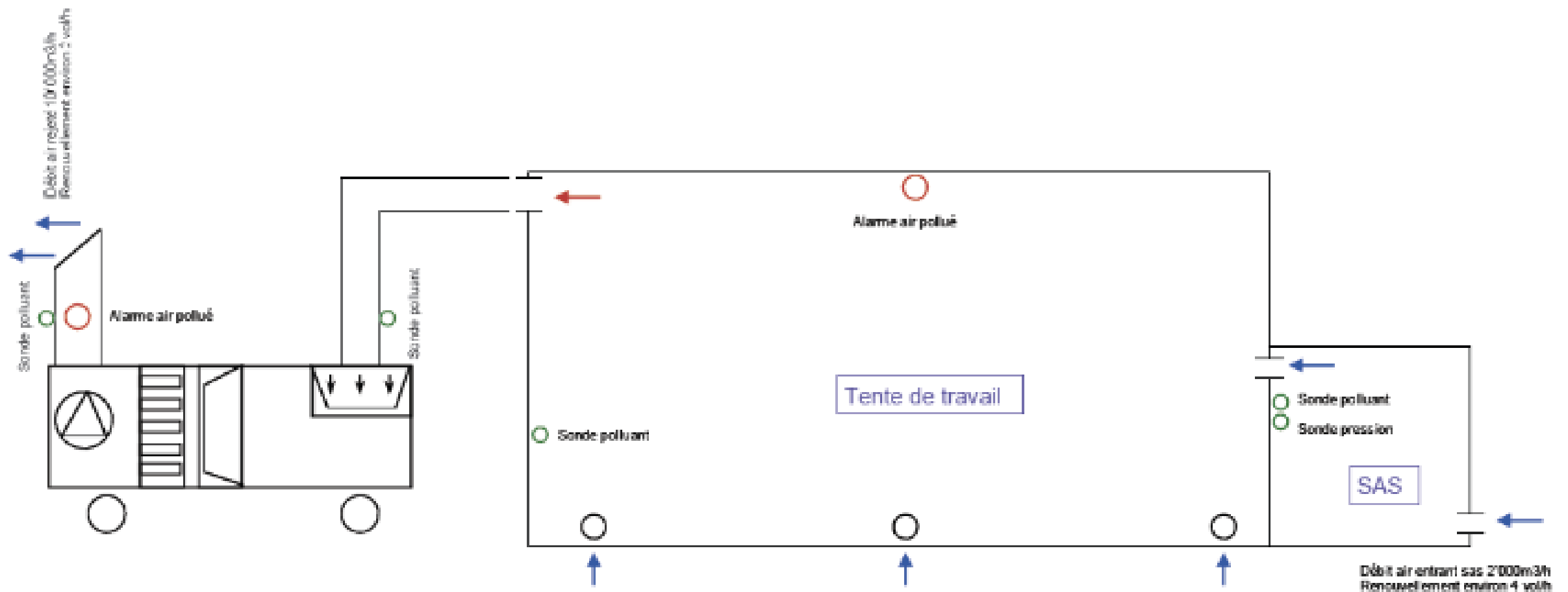
Source : CSD
GE612.500
2009



Qui dit confinement, dit ventilation

10

Schéma de principe d'un système de ventilation avec traitement des effluents



Source : CSD
GE612.500
2009

Les bonnes questions à se poser ... normalement

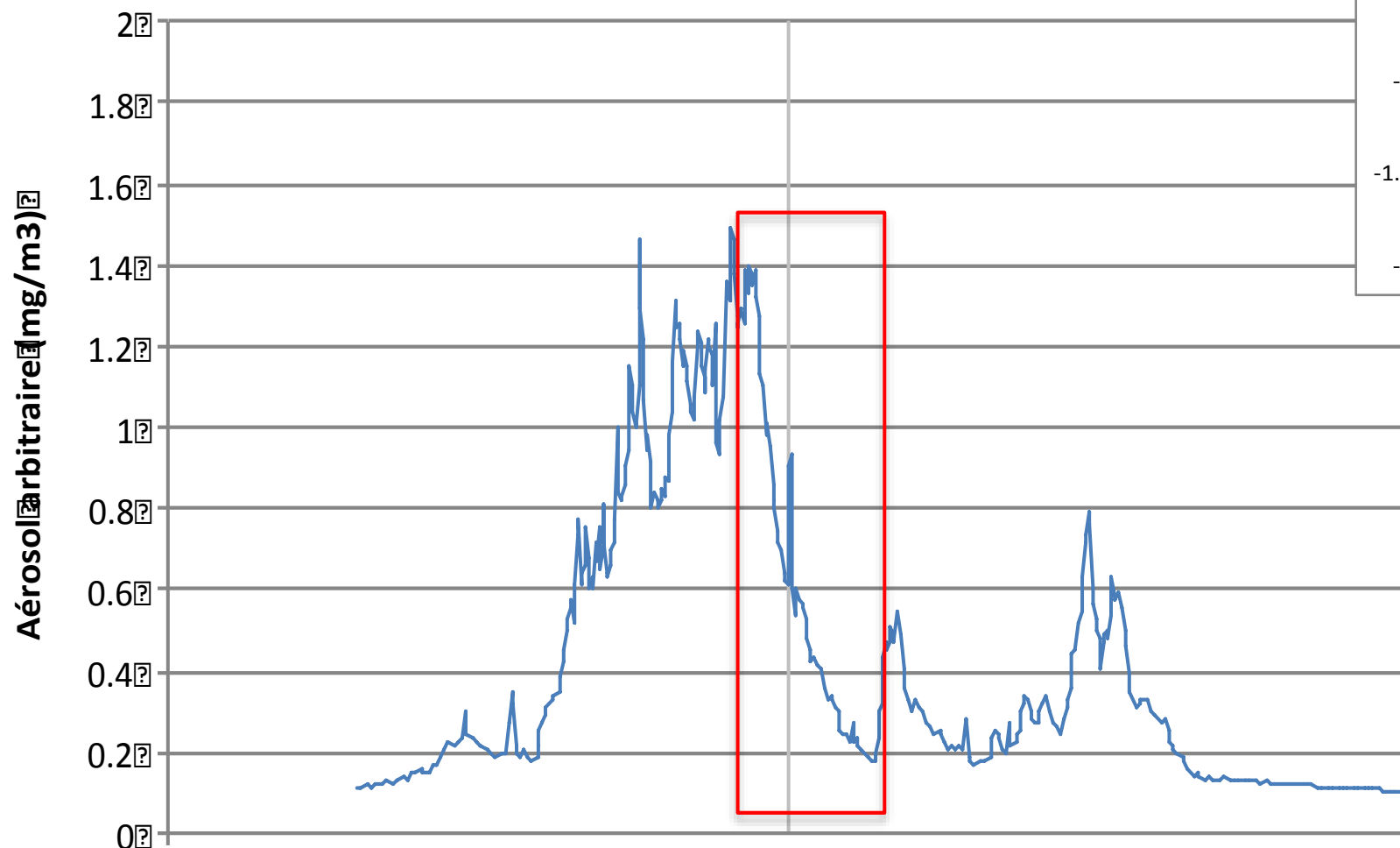
11

- Emplacement des entrées d'air frais et extractions d'air
- Débits d'entrée d'air neuf
- Possibilité de captage à la source des effluents
- Nature du traitement des effluents
- Dimensionnement du traitement (temps de résidence de l'air dans les filtres)

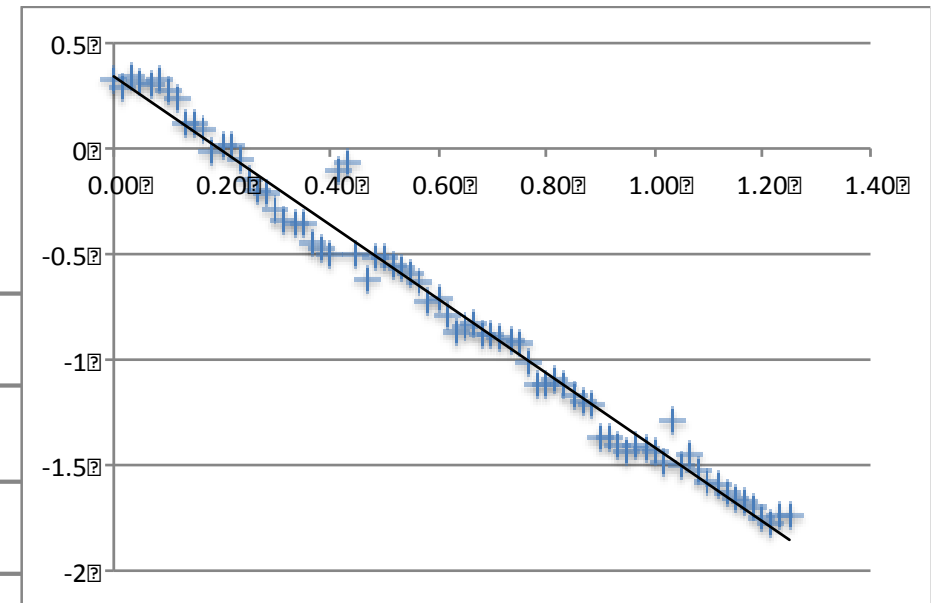
Renouvellement d'air théorique vs réalité

Renouvellement théorique dans le
confinement (débit/volume)

6 / heure



Profil immission de PM1 (aérosol < 1 μm) dans le confinement



Pente : -1.76

R^2 : 0.98

Renouvellement
1.76 / heure

Taux de renouvellement ? Le débit d'air neuf est plus important !

13



7.2 Conception et dimensionnement de la ventilation

La ventilation doit être conçue conformément à l'état de la technique. Elle doit être dimensionnée (pression de service et débit) de façon que la quantité d'air nécessaire soit assurée en tout temps.

A cet effet, on tiendra notamment compte des **exigences** suivantes:

- valeurs limites d'exposition aux postes de travail (VME/VLE) déterminantes;
- en cas d'avancement à l'explosif, la vitesse d'écoulement doit être d'au moins 0,30 m/s dans le profil du tunnel ou de la galerie;
- 4 m³ d'air frais par minute et par kW-DIN de puissance nominale pour les gros engins d'excavation et de chargement engagés en souterrain*;
- 2 m³ d'air frais par minute et par kW-DIN de puissance nominale pour les gros engins de transport de matériaux d'excavation et de béton engagés en souterrain*;
- au moins 1,5 m³ d'air frais par minute et par personne.

* Il sera tenu compte, par une augmentation des débits d'air, d'un fonctionnement des moteurs à leur puissance nominale durant un temps supérieur à la moyenne, par exemple pour des avancements descendants.

Prise en compte des effluents induits par l'activité

Ça ne marche pas bien du tout

Exemple intervention sous confinement, site contaminé au PER et Cr VI

15








Protection respiratoire sélectionnée par l'entreprise

- Cagoule ventilée assistée (TH) avec cartouche ABEKP3

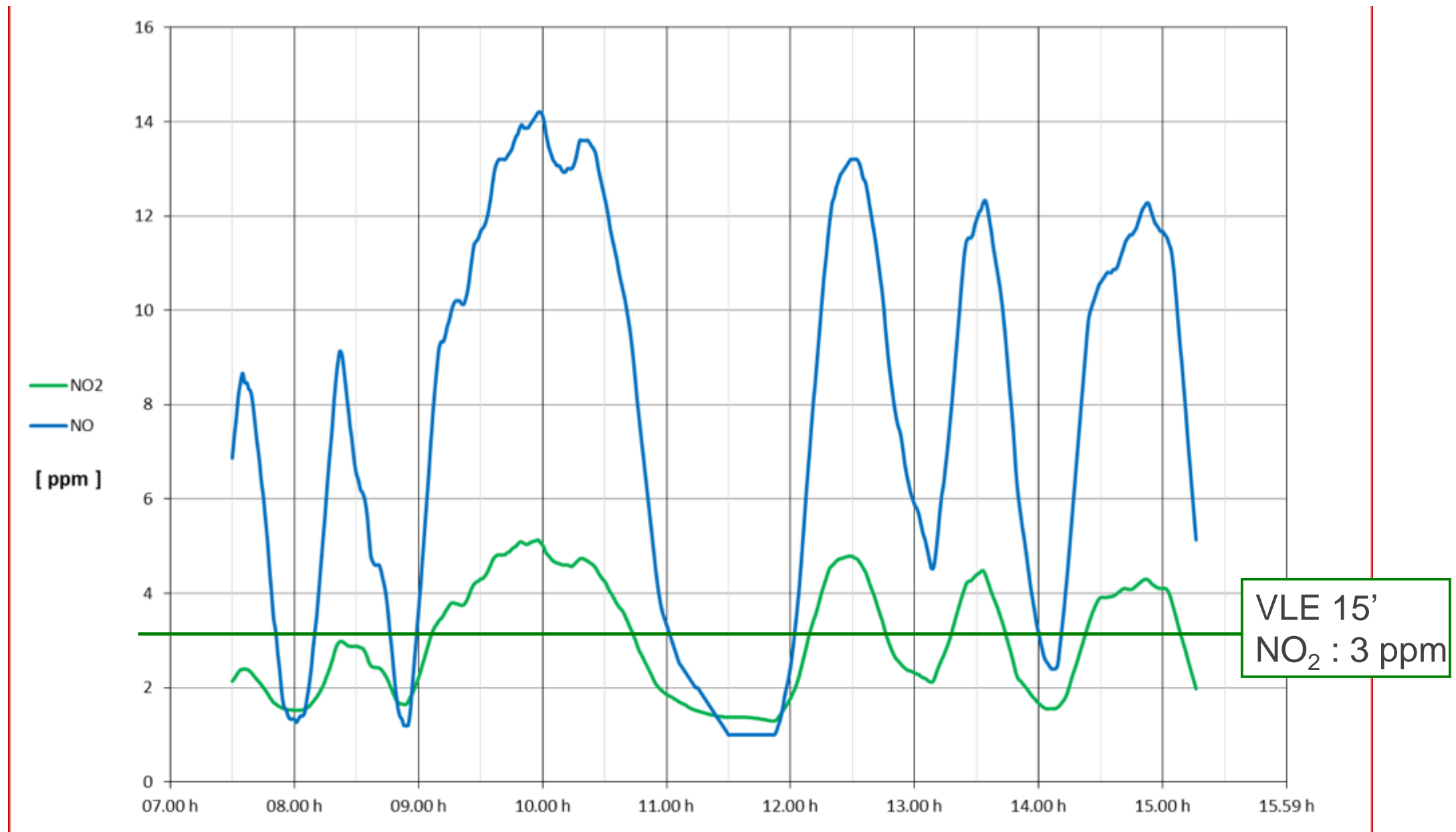


ABEKP3

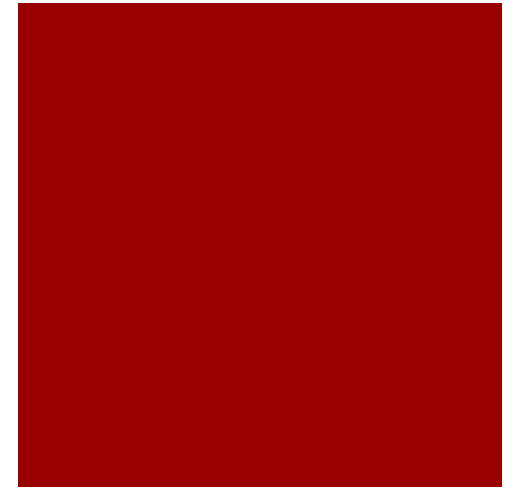
brun		A	Gaz & vapeurs de composés organiques avec point d'ébullition > 65 °C
gris		B	Gaz & vapeurs inorganiques, p.ex. chlore, hydrogène sulfuré, acide cyanhydrique, ...
jaune		E	Dioxyde de soufre, Acide chlorhydrique, ...
vert		K	Ammoniac & dérivés organiques d'ammoniac
blanc		P	Particules

Saignements de nez de 2 opérateurs dans la cagoule au bout de plusieurs jours d'activité



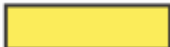


Emmissions des engins Diesel sous le confinement



Cartouche de masque universelle ?




ABEKP3

brun		A	Gaz & vapeurs de composés organiques avec point d'ébullition > 65 °C
gris		B	Gaz & vapeurs inorganiques, p.ex. chlore, hydrogène sulfuré, acide cyanhydrique, ...
jaune		E	Dioxyde de soufre, Acide chlorhydrique, ...
vert		K	Ammoniac & dérivés organiques d'ammoniac
blanc		P	Particules

NO, NO₂ ?

bleu		NO	Vapeurs nitreuses & oxydes d'azote
------	--	----	------------------------------------

CO ?

noir		CO	Monoxyde de carbone
------	--	----	---------------------

Sélection et validation des masques de protection respiratoire sur opérateur

19



Tests

1. Respiration normale
2. Respiration profonde
3. Tête gauche-droite
4. Flexion du buste en avant
5. Parler fort
6. Respiration normale

Full face, P3
usagé, taille M

3'200

2'500

3'500

420

150

2'500

574

Full face, P3
neuf, taille L

25'000

19'500

22'500

18'000

3'500

21'800

11500

Et l'effet de la barbe et du rasage ?

20



Tests

1. Respiration normale
2. Respiration profonde
3. Tête gauche-droite
4. Flexion du buste en avant
5. Parler fort
6. Respiration normale



312

>10'000

365

>10'000

247

874

252

765

320

1710

313

>10'000

295

1798

Prise en compte des limites des appareils de monitoring des expositions

Ça ne marche pas bien du tout

Les 3 appareils de monitoring usuels sur les chantiers spéciaux

22

Détecteur électrochimique (multicellule)



Photoionisateur (PID) pour les COV



Néphélomètre pour les poussières et aérosols



Détecteurs électrochimiques, pas si spécifiques que ça.

23

SENSOR CROSS INTERFERENCE TABLE

	SENSOR											
	Carbon Monoxide	Hydrogen Sulfide	Sulfur Dioxide	Nitrogen Dioxide	Chlorine	Chlorine Dioxide	Hydrogen Cyanide	Hydrogen Chloride	Phosphine	Nitric Oxide	Hydrogen	Ammonia
Carbon Monoxide	100	2	1	0	0	0	0	0	0	0	20	0
Hydrogen Sulfide	10	100	1	-8	-3	-25	400	60	3	10	20	130
Sulfur Dioxide	0	10	100	0	0	0	—	40	—	0	0	70
Nitrogen Dioxide	-20	-20	-100	100	12	—	-120	—	—	30	0	0
Chlorine	-10	-20	-25	90	100	20	-20	6	-10	0	0	-50
Chlorine Dioxide	—	—	—	—	20	100	—	—	—	—	—	—
Hydrogen Cyanide	15	10	50	1	0	0	100	35	1	0	30	5
Hydrogen Chloride	3	0	0	0	2	0	0	100	0	15	0	0
Phosphine	—	—	—	—	—	—	0	300	100	—	—	—
Nitric Oxide	10	1	1	0	—	—	-90	—	—	100	30	50
Hydrogen	60	0.05	0.5	0	0	0	0	0	0	0	100	0
Ammonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100



PID – non spécifique. Quel seuil d'action fixer ?

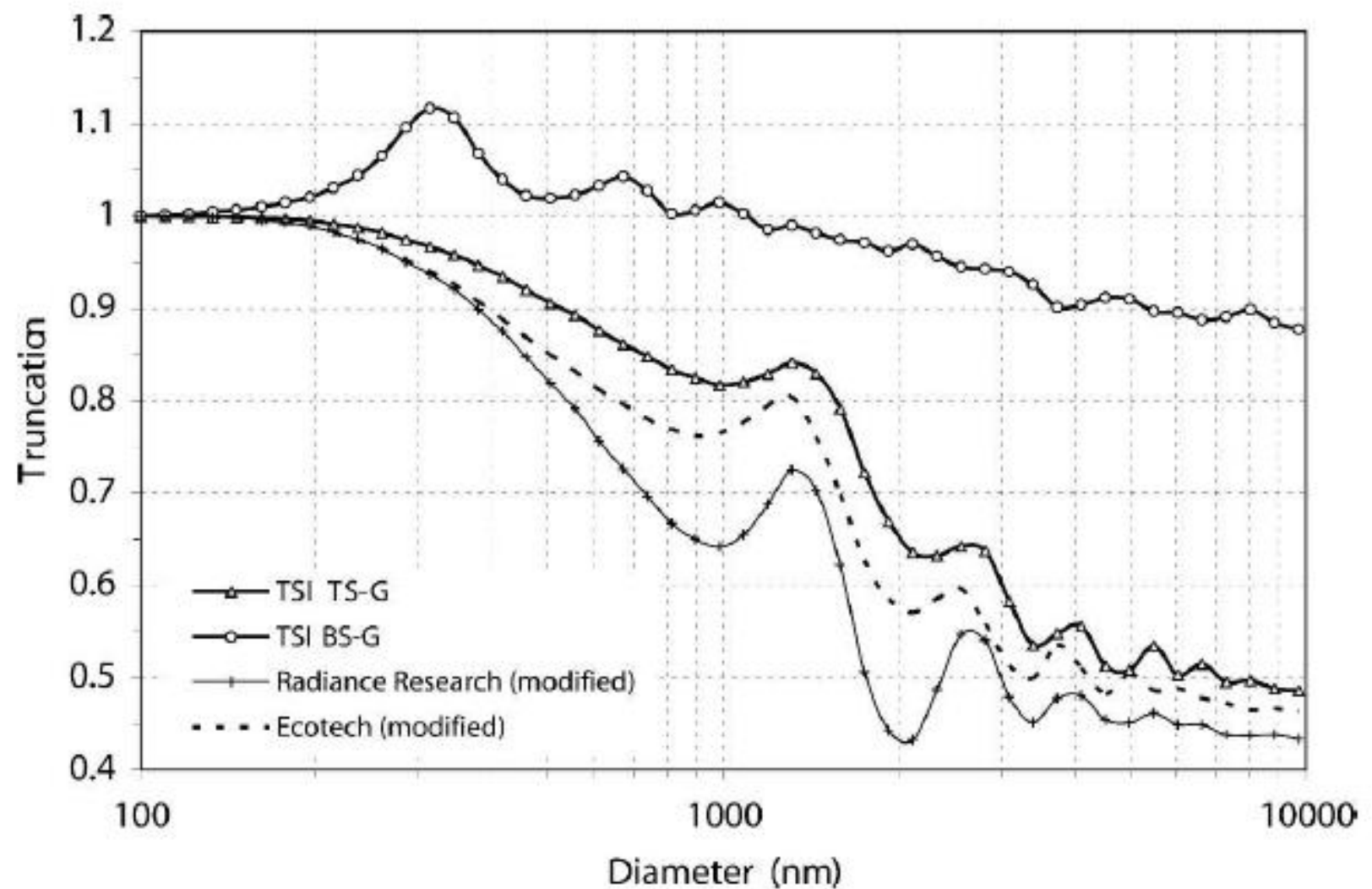
24

Substance	CAS	VME (SUVA 2016) ppm	Facteur de ionisation 10.6 eV (vs isobutylène)	Seuil d'action eq Isobutylène pour 50% VME (ppm)
Tetrachloroethylene (PCE)	127-18-4	50	0.57	43.9
Trichloroethylene (TRI)	79-01-6	10	0.54	9.3
Chlorure de vinyle (VC)	75-01-4	2	2.0	0.5

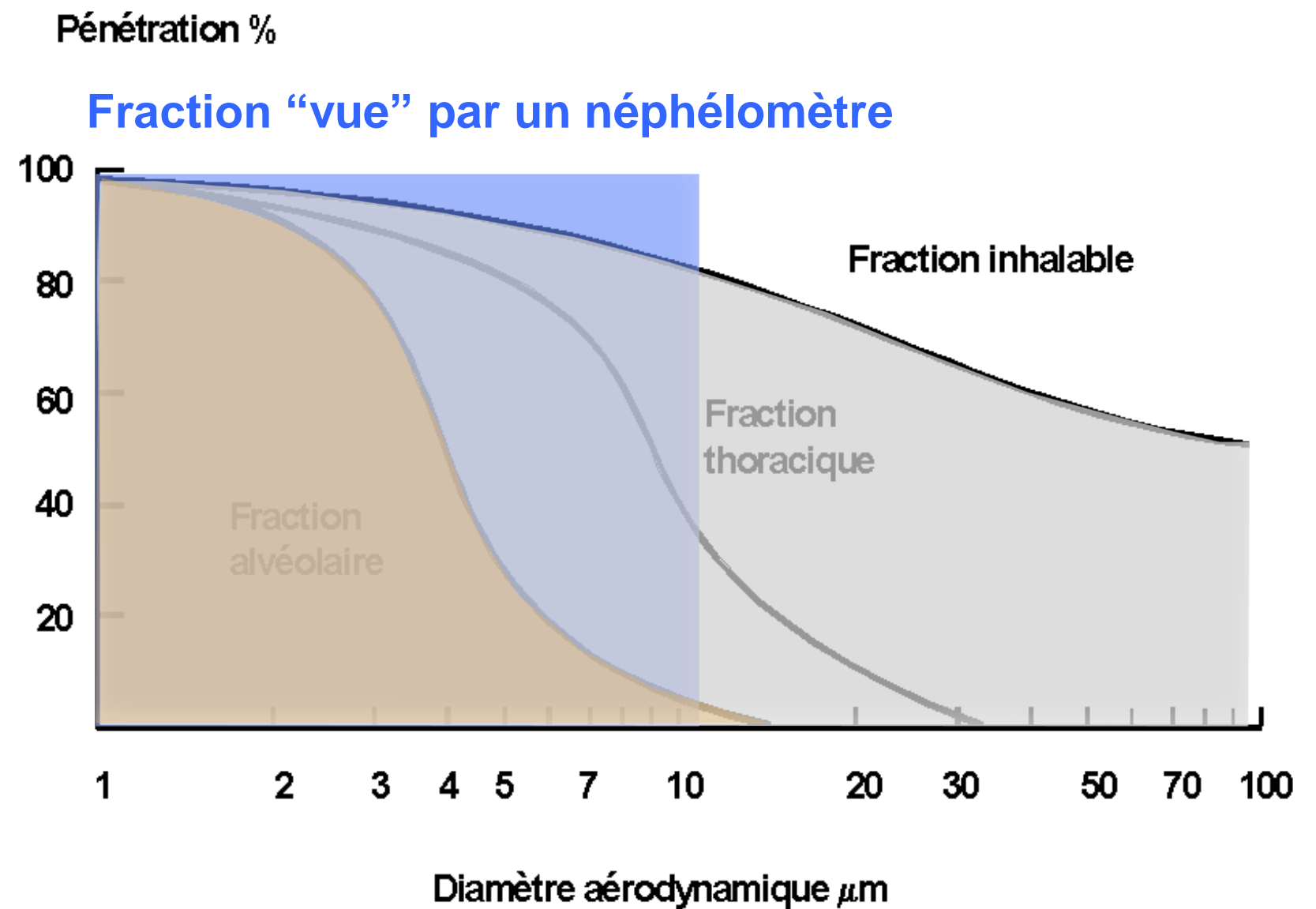
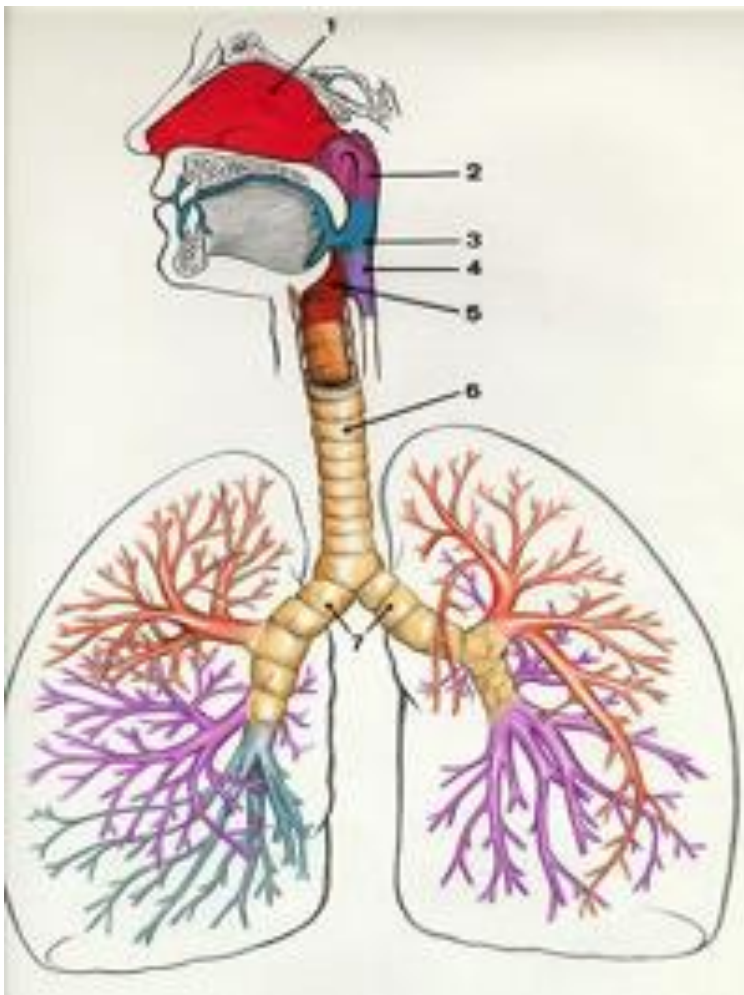


Fonctionnement et limite des néphélomètres

25

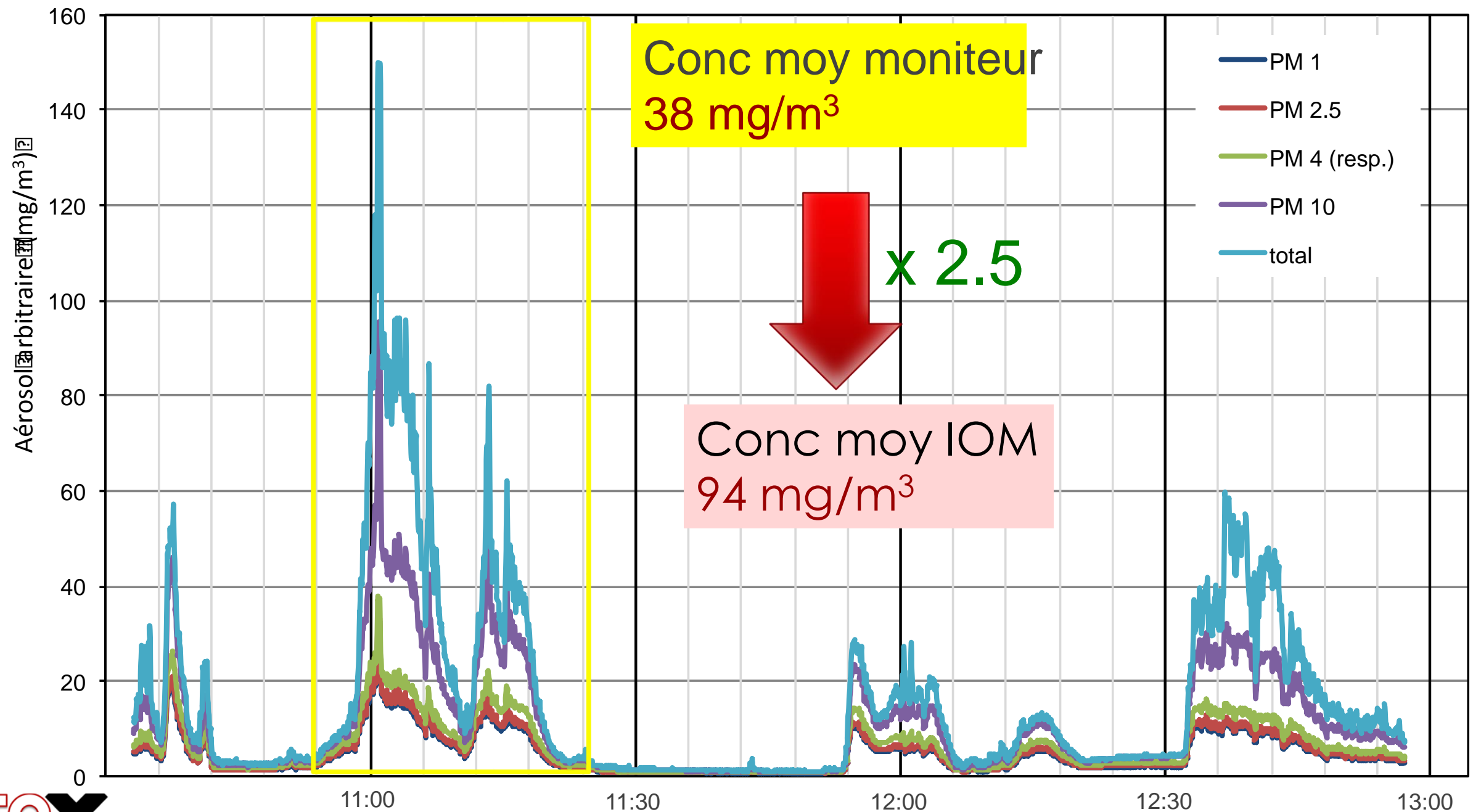


Limites des néphélomètres



Poussière, comparaison des méthodes de mesure

27



Risque de résorption cutanée

Ça ne marche pas bien du tout

Evaluation des taux de pénétration par la peau

29

Substance	CAS	Notation SUVA	Téb	Pvap (20 °C)	VME (ppm)	Abs cutanée (mg/cm ² /h) PermSkin (INRS)
Tetrachloroethylene (PCE)	127-18-4	R C2 M2	121 °C	19.4 hPa	50	0.003
Trichloroethylene (TRI)	79-01-6	R B C1a M2	87 °C	77.6 hPa	10	0.024
Chlorure de vinyle (VC)	75-01-4	C1a	-13.4 °C	gaz	2	

Qt. Absorbée
pour 2000
cm² de peau
en 1h



4.6 mg



49.3 mg

La pénétration des polluants à travers les gants et combinaison est rarement évaluée sur les chantiers

Mesure de la perméation des PCB indicateurs dans les combinaisons

30

			
Combinaison n° 1 – Extérieur jambe droite	Combinaison n° 1 – Intérieur jambe droite	Combinaison n° 1 – Extérieur jambe gauche	Combinaison n° 1 – Intérieur jambe gauche
0.0116 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.0014 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.0071 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.0004 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
Conforme < 6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Conforme < 6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Conforme < 6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Conforme < 6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

			
Combinaison n° 2 – Extérieur jambe droite	Combinaison n° 2 – Intérieur jambe droite	Combinaison n° 2 – Extérieur jambe gauche	Combinaison n° 2 – Intérieur jambe gauche
0.0076 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.0005 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.0063 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.0004 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
Conforme < 6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Conforme < 6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Conforme < 6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Conforme < 6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

Conclusion

Take home message

31

- Les étapes d'identification des dangers, évaluation des risques, dimensionnement / implémentation / validation des moyens de contrôle nécessitent des compétences particulières
- Les chantiers en général, et les chantiers de dépollution en particulier, ne bénéficient pas d'une juridiction d'exception, ils soumis aux prescriptions usuelles LTr et LAA, **incluant l'appel aux spécialistes MSST**

... pour être resté jusqu'au
bout

32

Merci!