

LES VALEURS D'EXPOSITION ADMISSIBLES

La mesure de l'exposition et le rôle de l'IRSST dans le
soutien du RSST

Troisième volet

15 décembre 2021

Conférenciers

- Depuis 1989, **André Tartre** est hygiéniste du travail agréé (Certified industrial hygienist - CIH). Il a travaillé au sein de différents départements gouvernementaux, d'entreprises privées, et est consultant depuis 2003. Il a travaillé pour des projets sur quatre continents, et est intervenu dans des domaines aussi variés que l'évaluation d'expositions à des produits chimiques « nouvelle génération », dans des projets d'évaluation de moisissures, de qualité de l'air intérieur, ou pour des vérifications de conformité. André est le vice-président de l'Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST).
- **Simon Aubin**, chimiste et hygiéniste agréé, travaille à l'IRSST depuis 2004. Après avoir occupé le poste de professionnel scientifique pour différentes sections de laboratoire, il occupe depuis plus d'un an le poste d'adjoint au directeur des laboratoires pour le volet recherche. Il est aussi candidat au doctorat en chimie à l'UQAM. Depuis 16 ans, Simon siège également comme expert aux Comités ISO et ASTM International, portant sur les méthodes de prélèvement et d'analyse pour la qualité de l'air en milieu de travail. Simon est co-auteur du chapitre Prélèvement intégré et analyse de l'air du manuel *Hygiène du travail* publié en 2021.

Plan de présentation

- Mise en contexte et objectifs
- Introduction (résumé)
- Domaine d'application d'une méthode
 - Implications dans un contexte d'abaissement de VEA
 - Ses bases
 - Enjeux possibles et exemples
- Période de questions

Objectifs

- Informer les participants des principaux changements de VEA
- Exposer un survol des méthodes de mesure répondant à ces changements
- Recueillir les questions et commentaires des intervenants sur le terrain pour optimiser le contenu du *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail* de l'IRSST

Modification de l'annexe I du RSST

Adoption et mise en vigueur:

- Modification ou nouvelle VEA (valeur, expression, notation(s), etc.)

Point 1 du décret, en vigueur au 26 mars 2020 : ~ 170 modifications

Point 2 du décret, en vigueur au 26 mars 2022 : ~ 9 modifications

Autre projet de règlement (non terminé) publié le 26 août 2020

Peut être consulté:

<https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/organisation/documentation/lois-reglements/projets-reglement-changements-reglementaires>

Le projet de règlement du 26 août 2020 ne sera pas abordé au cours des conférences-midi.

Rôle de l'IRSST : référence réglementaire

Méthodes vs RSST

- Article 44 du RSST :

« Ces gaz, ces fumées, ces vapeurs, ces poussières et ces brouillards présents dans le milieu de travail doivent être prélevés et analysés de manière à obtenir une précision équivalente à celle obtenue en appliquant les **méthodes décrites dans le Guide d'échantillonnage** des contaminants de l'air en milieu de travail publié par l'[IRSST] »

Une méthodologie de mesure est associée, par l'IRSST, à chacune des substances citées à l'Annexe I.

Mise à jour à venir bientôt

Tableau des substances du RSST du Guide d'échantillonnage [...], disponible sur site web IRSST:

www.irsst.qc.ca/laboratoires/analyses/contaminants-air

Abaissement VEA – dispositions prises par IRSST

Notions déjà vues lors du volet #1 des conférences-midi

Selon le type de modification :

Type de modification	Disposition*
Abaissement de la VEA	Abaissement du domaine d'applicabilité
Nouvelle fraction granulométrique	Utilisation d'un nouveau dispositif sélecteur et l'adaptation de la méthode d'analyse
Nouvelle substance (nouvelle VEA)	Développement de méthode

Sujet abordé aujourd'hui

Domaine d'application (applicabilité)

* Cas par cas, peut impliquer notamment un volume de prélèvement plus élevé, un développement de méthode ou la recommandation d'une méthode effectuée par un laboratoire externe.

Fiche de méthode – exemple de l'éthylbenzène

Contenu fiche web du Guide d'échantillonnage [...] de l'IRSST
(à venir)

Normes d'exposition du RSST Valeurs d'exposition admissibles

	ppm	mg/m ³
VEMP	20	87

VMR 

Éthylbenzène

> Méthode : IRSST - 250-1

[Protocole d'échantillonnage](#)

Dispositif :

Matériel requis :

#IRSST	Description
2120	Tube charbon actif 100/50 mg

Paramètres :

Débit : Max: 0,2 L/min

Volume VEMP : 3 L



[Protocole d'analyse](#)

Principe : Chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (CPG-DIF)

Incertitude analytique en % (CVa) : 3,4

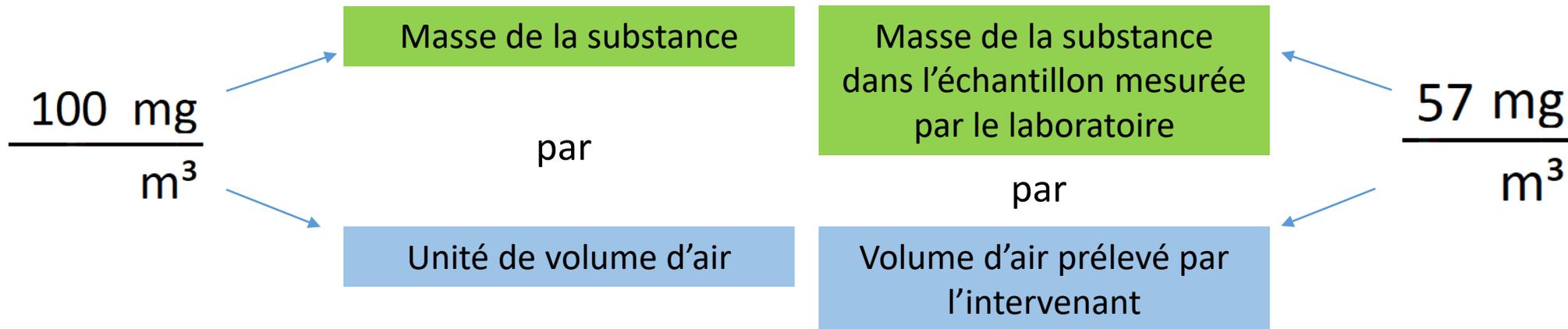
Valeur minimum rapportée : 20 µg

Bases du domaine d'application

La mesure d'une concentration dans l'air

VEA ou autre
valeur de référence

Concentration
mesurée (exemple)



La mesure d'une concentration dans l'air

Concentration mesurée :

Masse de la substance
dans l'échantillon mesurée
par le laboratoire

par

Volume d'air prélevé par
l'intervenant en hygiène

$$\frac{960 \mu\text{g}}{16,72 \text{ L}} = \frac{57 \text{ mg}}{\text{m}^3}$$

**Toujours le résultat
d'une division**

Numérateur (labo)
ou dénominateur (terrain) :

Importance égale !

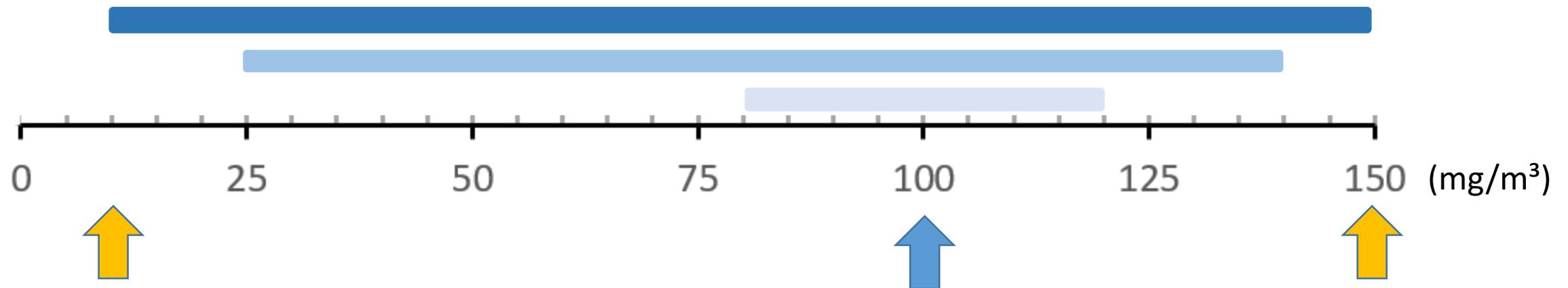
Domaine d'application d'une méthode en hygiène du travail

Toujours lié au besoin

Besoin fréquent = intervalle de concentration dans lequel on retrouve la VEA

Substance chimique avec VEA = 100 mg/m³

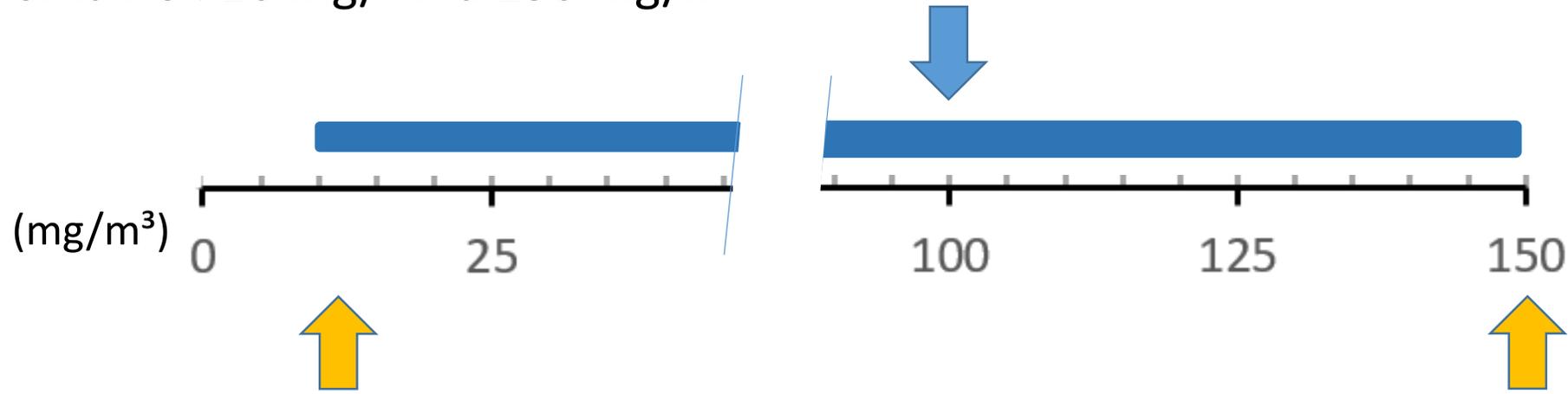
➔ 10 % à 150 % de la VEA (peut varier de 100% à 200%)



Établissement du domaine d'application

VEA = 100 mg/m³

Domaine : 10 mg/m³ à 150 mg/m³



Masse mesurée
(labo)

Limite analytique
inférieure

÷

Volume prélevé
(terrain)

Valeur fixe

Limite analytique
supérieure

÷

Valeur fixe

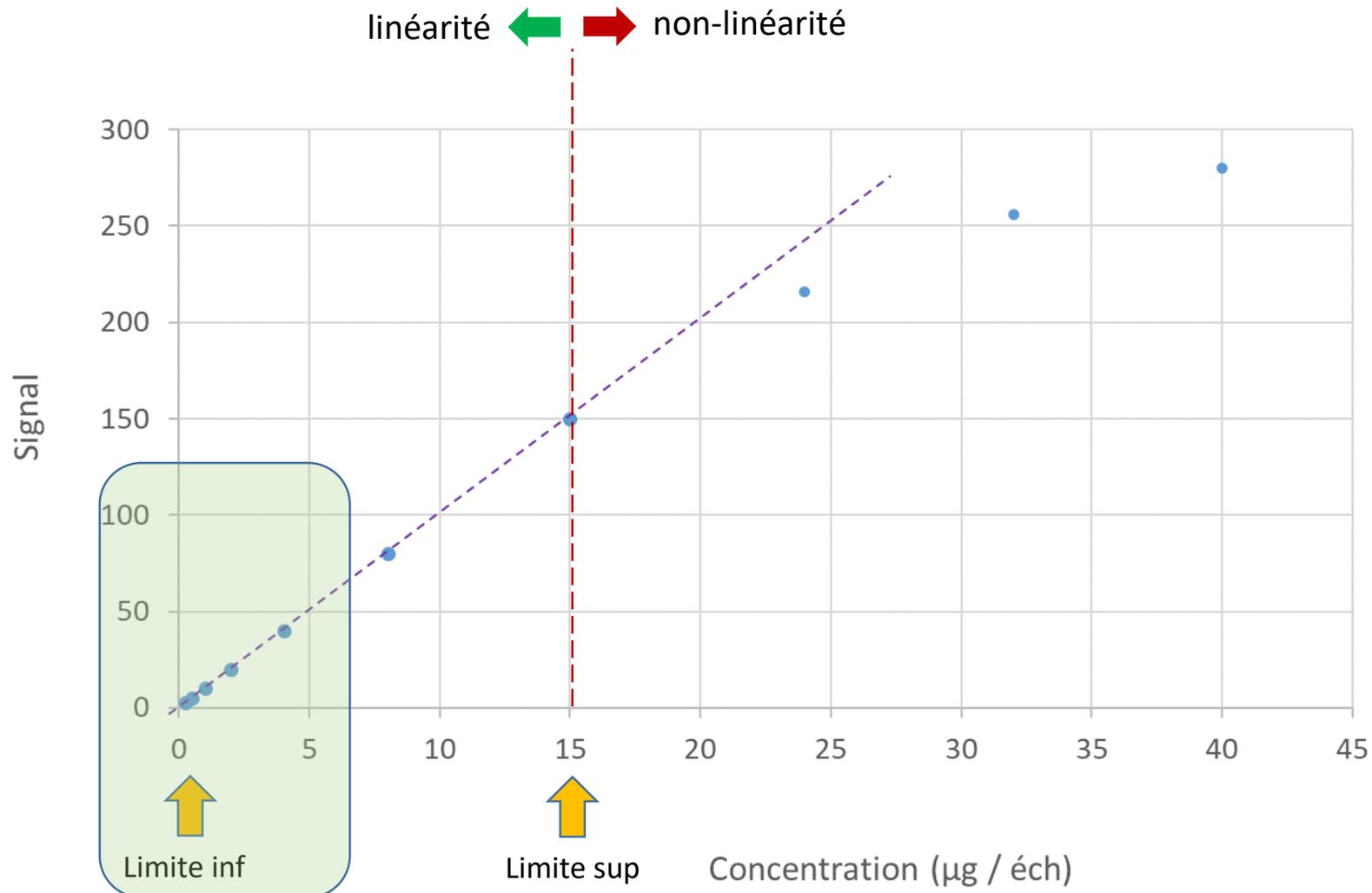
Données de
validation analytique

Basé sur jugement et
faisabilité

Partie laboratoire (numérateur)

- Domaine d'applicabilité en mg/m^3 (terrain) \rightarrow tributaire du domaine d'étalonnage (labo)

Exemple:



En général :

Limite inférieure du domaine d'étalonnage
= $1 \mu\text{g} / \text{éch}$

Limite de quantification

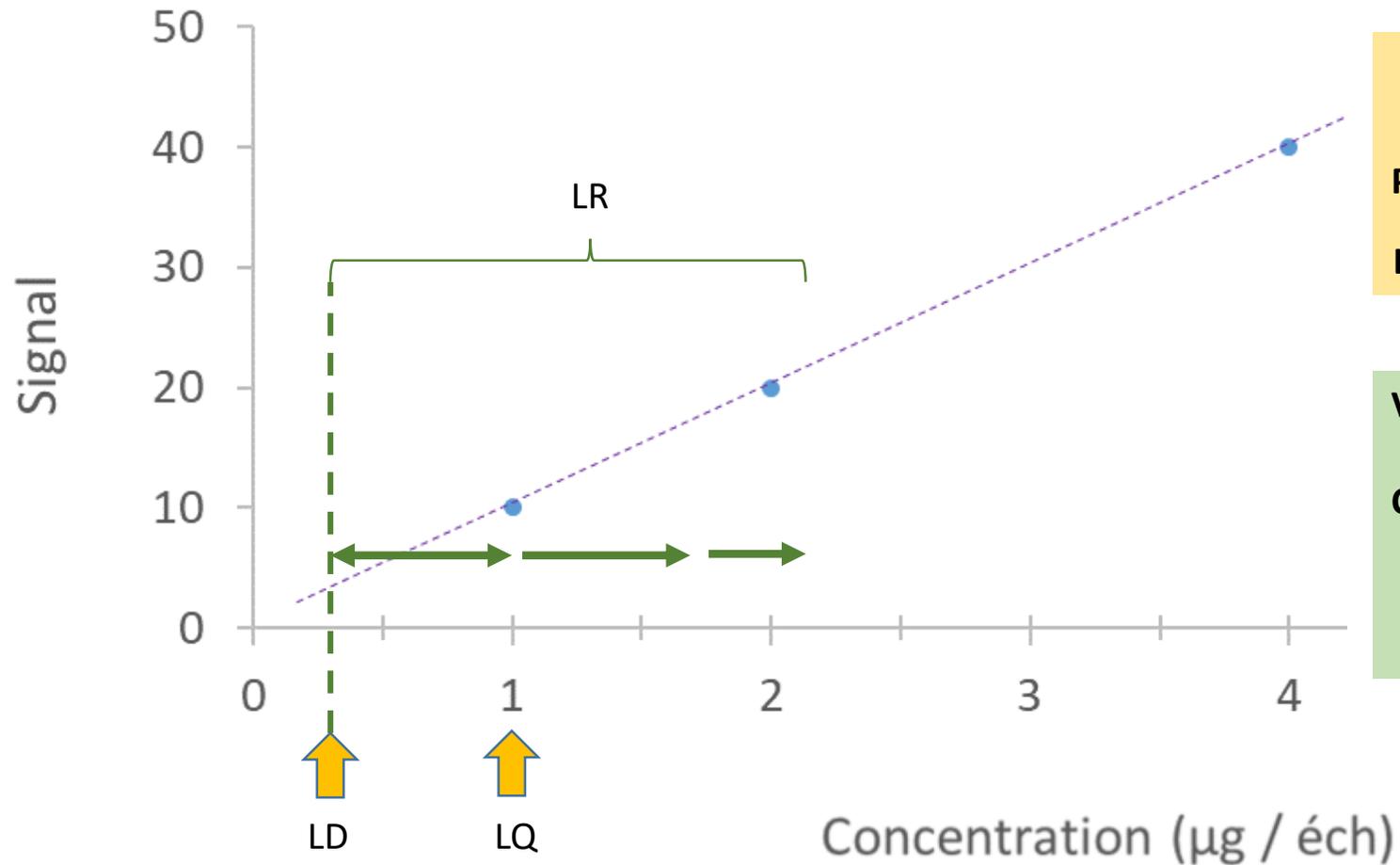
Limite supérieure du domaine d'étalonnage
= $15 \mu\text{g} / \text{éch}$

Limite de linéarité

(ou **capacité du support de collecte**)

Emphase sur la limite inférieure

Même exemple, échelle différente



Données obtenues lors de la validation de la méthode

Par définition :

Lim. détection(LD) < lim. quantification(LQ)

Valeur minimale rapportée (VMR) ?

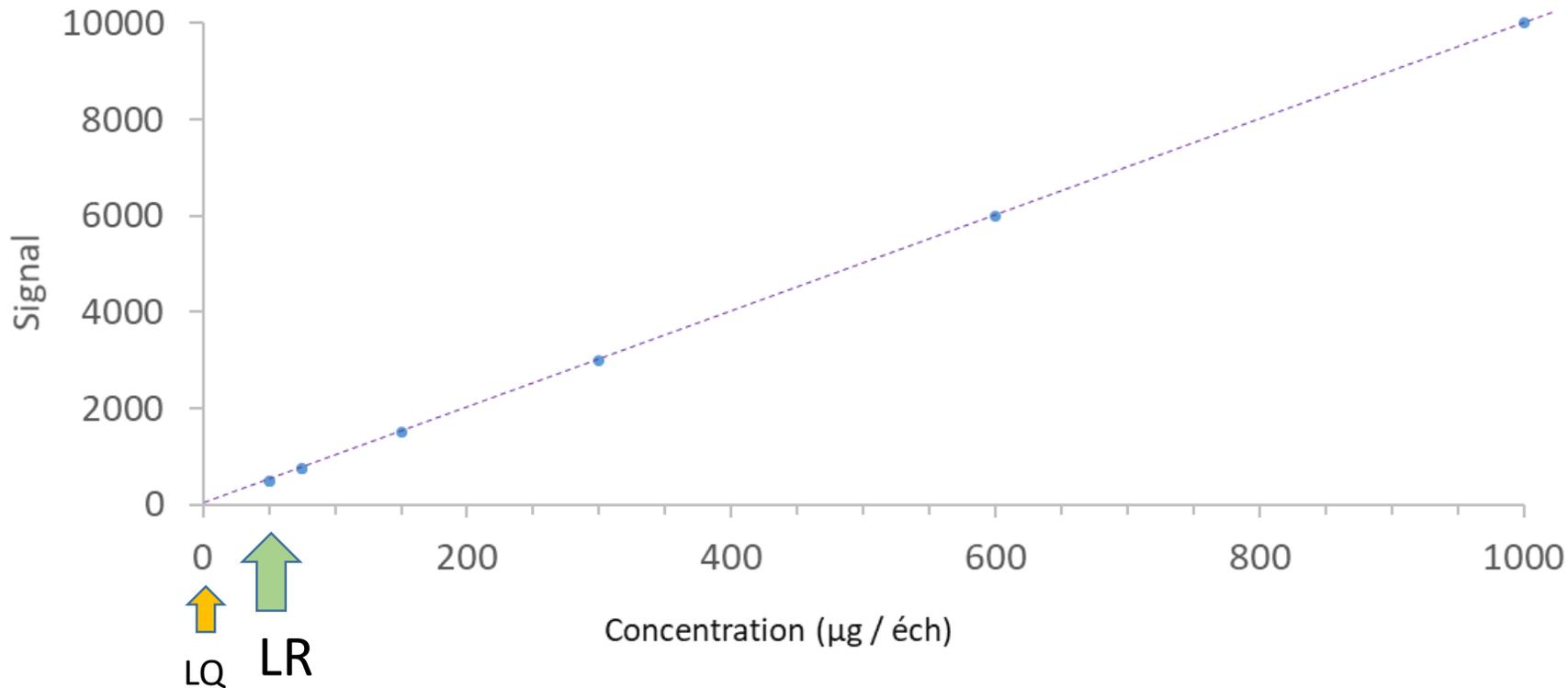
Concept de « limite rapportée (LR) »

→ $LR \geq LD$

→ Peut être supérieure à LQ

Utilisation limite rapportée (LR ou VMR)

- Autre substance avec VEMP à **50 mg/m³**
- Limite quantification de 1 µg / éch
- Volume recommandé VEMP = 10 L
- Représentation de son domaine d'étalonnage:



LQ validée n'est pas utile dans ce contexte-ci :

- Peu pertinent par rapport au besoin
- Performance laboratoire supplémentaire à maintenir

Le laboratoire assigne une LR (ou VMR) en tant que limite inférieure de son domaine d'application.

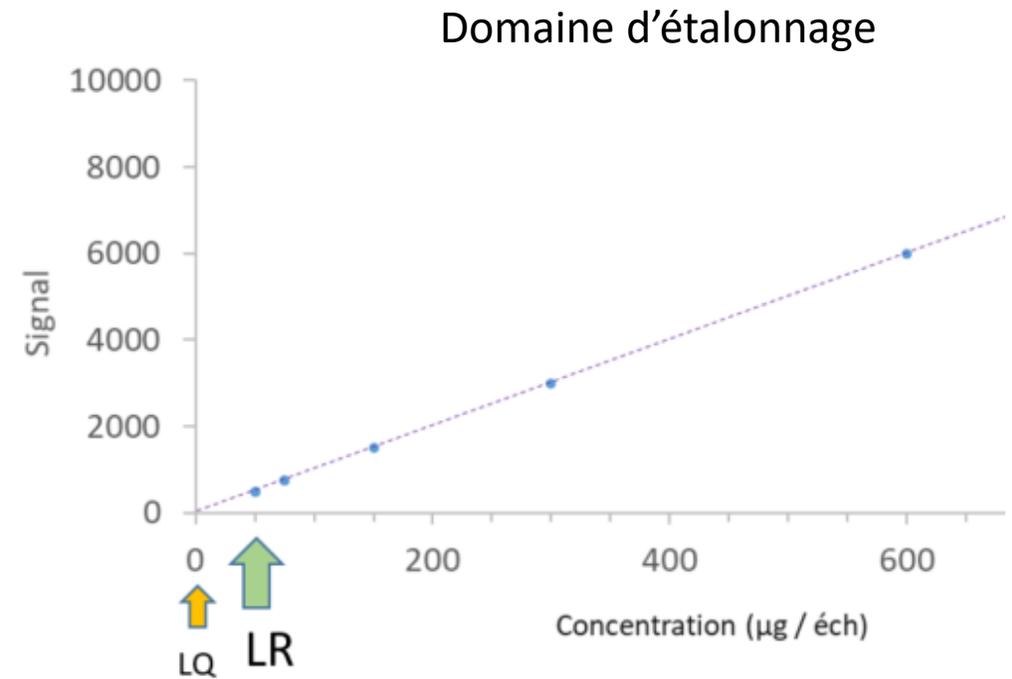
VMR = 50 µg / éch

**50 µg / 10 L = 5 mg/m³
(10% VEMP)**

Exemple sur un rapport d'analyse

Paramètres analytiques de la méthode

- Données de validation :
 - LD = 0,3 µg
 - LQ = 1 µg ←
- Limite rapportée :
 - LR = 50 µg



3 échantillons analysés

	unité	# 1	# 2	# 3
Volume prélevé	L	10	10	10
Résultat brut	µg / éch	20	50	22 000
Résultat rapporté	mg/m ³	< 5	5	2 200



Exemple avec l'éthylbenzène et sa VEMP

- Vue d'ensemble:

Paramètre	unité	Avant mise à jour RSST	Suivant mise à jour mars 2020
VEMP	ppm mg/m ³	100 434	20 87
Débit <u>maximum</u> recommandé	L/min	0,2	0,2
Volume VEMP*	L	10	10
LD	µg / éch	2	3
LQ	µg / éch	6	9
VMR	µg / éch	43	20
Limite supérieure	µg / éch	2700	2000

Domaine d'application

Dénominateur (valeur fixe)

Numérateur (borne inférieure)

Numérateur (borne supérieure)

*Il s'agit du volume d'échantillonnage recommandé pour vérifier la VEMP.

Exemple avec l'éthylbenzène et sa VEMP (87 mg/m³)

- Domaine d'application, calculs:

2 % VEMP

Borne inférieure

$$\frac{20 \mu\text{g}}{10 \text{ L}} = 2 \text{ mg/m}^3$$

Volume recommandé

Fixe, vraiment ?

230 % VEMP

Borne supérieure

$$\frac{2000 \mu\text{g}}{10 \text{ L}} = 200 \text{ mg/m}^3$$

« Il s'agit du volume d'échantillonnage recommandé pour vérifier la VEMP. »

Il y a d'autres objectifs que la vérification du respect d'une VEMP (ou VECD).
Contextes et scénarios multiples...

On retient que si <VMR, le volume prélevé était suffisant pour confirmer que l'exposition est suffisamment faible

Paramètres de prélèvement et leurs implications

Rappel :

$$\frac{960 \mu\text{g}}{16,72 \text{ L}} = \frac{57 \text{ mg}}{\text{m}^3}$$

Volume d'air prélevé par l'intervenant en hygiène

$$\text{Volume (L)} = \text{durée (min)} \times \text{débit (L/min)}$$

À déterminer selon le besoin:

- Niveau d'exposition pertinent à mesurer

En lien avec:

- Valeur limite courte ou longue durée
- Type de tâche à évaluer (durée ?)
- Propriétés physico-chimiques de la substance (volatilité, réactivité, etc.)
- Dispositif de prélèvement (principe, capacité, etc)
- Concentration anticipée
- Conditions environnementales (HR + T°)

En lien avec:

- Propriétés physico-chimiques de la substance (volatilité, réactivité, etc.)
- Dispositif de prélèvement (principe, géométrie, etc)
- Fraction granulométrique à prélever
- Concentration anticipée
- Conditions environnementales (HR + T°)

Vue d'ensemble des implications

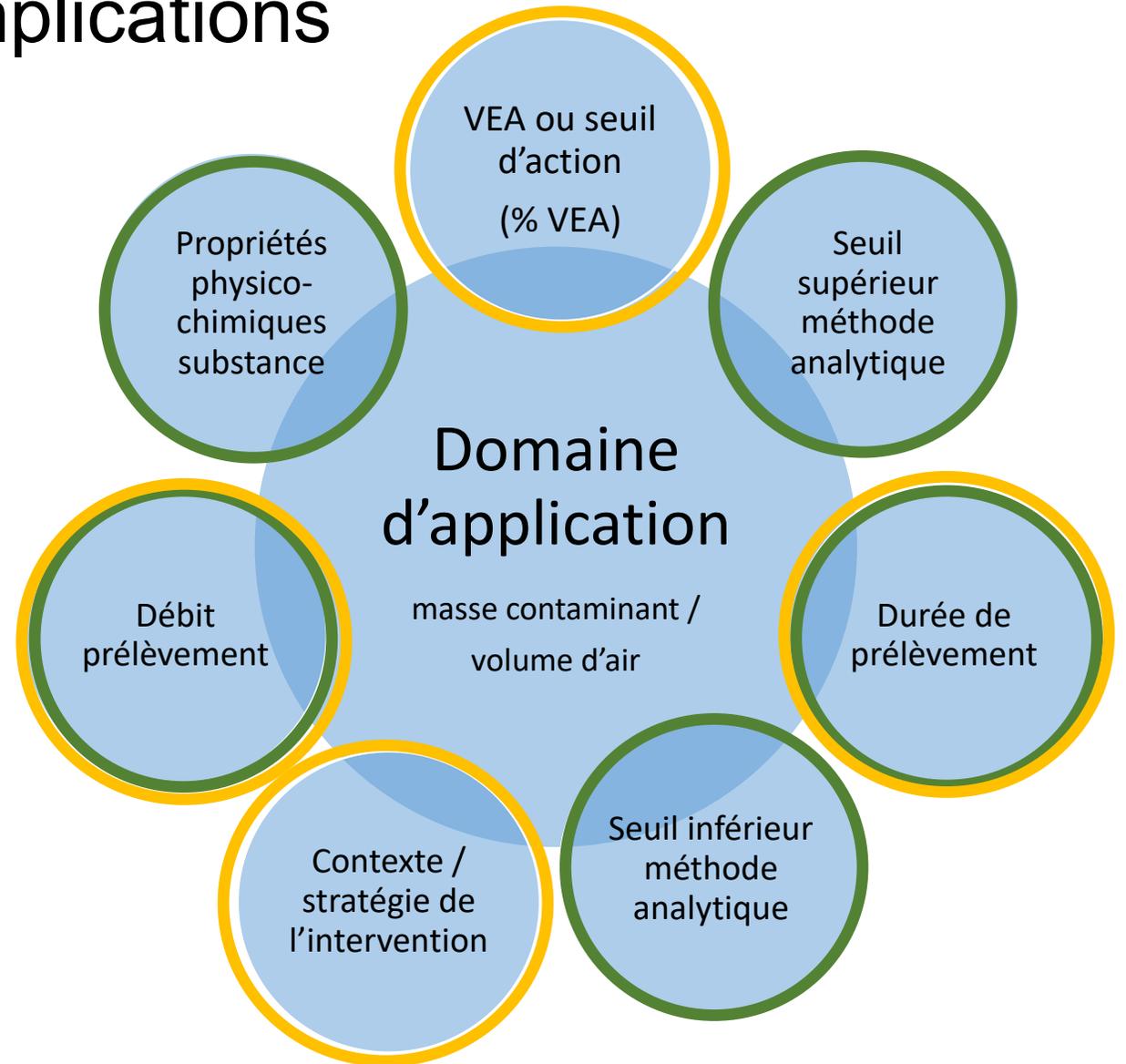
- Beaucoup d'interrelations...



- Plusieurs éléments pré-déterminés

➔ Développement ou implantation de la méthode au laboratoire

- Requiert bonne compréhension :
 - Stratégie et ses objectifs
 - Enjeux méthodologiques
- Quelques calculs à faire...



Exemple trivial

Pour contaminant X :

- VEMP = 1 mg/m³
- VMR = 30 µg
- Prélèvement sur tube charbon à 0,2 L/min
- Analyse GC-FID
- Contexte : tâche spécifique de 30 min plusieurs fois pendant le quart de travail

➔ Question/besoin : est-ce que le travailleur est exposé à > 3 mg/m³ pendant une tâche ?

Démarche:

Durée prélèvement = 30 min

Volume prélevé = 30 min x 0,2 L/min = 6 L

Hypothèse : résultat < VMR fourni par le laboratoire

Seule affirmation possible :

Concentration moyenne sur le 30 min < VMR (µg) / Vol. (L)

Calcul: 30 µg / 6 L = 5 mg/m³

Concentration (mg/m³)

Masse de la substance
dans l'échantillon mesurée par le
laboratoire

÷

Volume d'air prélevé par l'intervenant en
hygiène

Pondérée sur 30 min :

Exposition < 5 mg/m³

0,2 mg/m³ ? 2 mg/m³ ? **4 mg/m³ ?**

Est-ce que la question a été
adéquatement répondue :

NON

Domaine d'application : enjeu vs limite inférieure

Poussières de coton:

- VEMP = 0,1 mg/m³ Pthor
- VMR = 25 µg
- Prélèvement sur filtre
- Analyse gravimétrique

Enjeu de sensibilité :

➔ Limite inférieure = défi

- VMR élevée (liée au principe analytique)
- Débit fixe
- Seule option : durée de 8h

Concentration (mg/m³)

Masse de la substance
dans l'échantillon mesurée par le
laboratoire

÷

Volume d'air prélevé par l'intervenant en
hygiène

Volume
recommandé

Scénario 3

Débit 1,6 L/min
Durée 480 min
Volume = 768 L

Résultat labo = 25 µg

0,03 mg/m³
(30 % VEMP)



Cyclone GK2.69
Pthor
1,6 L/min (prescrit)

Complémentarité labo vs terrain : exemple

Benzo(a)pyrène :

- VEMP = 0,005 mg/m³
- Cancérogène 1 CIRC (*exposition minimum*)
- VMR = 0,1 µg
- Train de prélèvement (cassette + tube adsorbant)
- Analyse par GC-MS

Enjeu de sensibilité :

→ Limite inférieure très basse requise

- VMR très basse (principe analytique)
- Débit plus élevé (contexte « semi-volatile »)
- Durée de 8h

Concentration (mg/m³)

Masse de la substance
dans l'échantillon mesurée par le
laboratoire

÷

Volume d'air prélevé par l'intervenant en
hygiène

Volume
recommandé

Scénario 3

Débit 2 L/min
Durée 480 min
Volume = 960 L

Résultat labo = 0,1 µg

0,0001 mg/m³
(2 % VEMP)

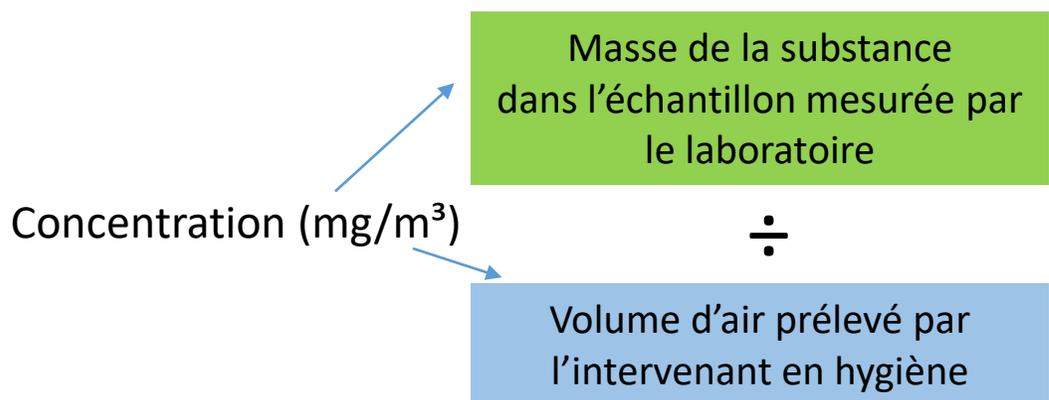


Train de prélèvement
pour HAP

Variation du « volume recommandé »

Raisons pour augmenter le volume, notamment :

- Abaisser la concentration minimale rapportée (CMR):
 - Seuil d'action plus bas
 - Tâche sur durée restreinte
 - Relocalisation d'un travailleur sensibilisé
 - Qualité de l'air intérieur
- Élargir couverture du quart de travail



Signifie d'augmenter la durée et/ou le débit

Enjeux :

- Durée :
 - Tâche évaluée assez longue ?
 - Concentration « assez faible » ?
 - Capacité du dispositif / support collecte
 - Volatilité du contaminant
 - Humidité et température
- Débit
 - Débit prescrit ? (ex.: cyclone)
 - Débit maximum (contaminant volatile)
 - Restriction causé par support de collecte
 - Concentration « assez faible » ?
 - Humidité et température

Variation du « volume recommandé »: exemples

Vapeurs organiques sur tube de charbon activé :

- Débit maximum à 0,2 L/min
- Exception pour les plus volatiles comme l'éthanol (0,05 L/min)

Facteurs favorisant claquage (et sous-estimation de la concentration):

- Concentration élevée
- Débit élevée
- Durée élevée
- Température ou humidité élevée

Autre considération exigeant compromis :

- Expositions multiples → plusieurs (5 à 15) substances sur même tube avec « volumes recommandés » différents



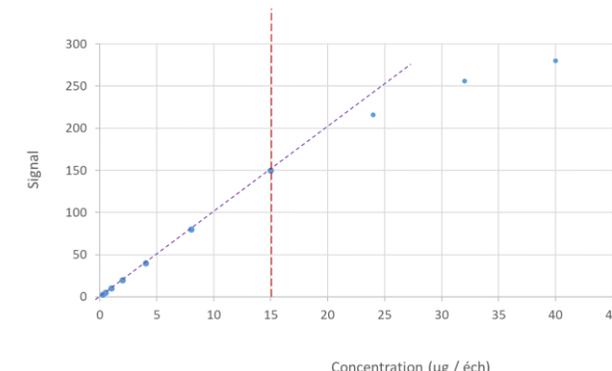
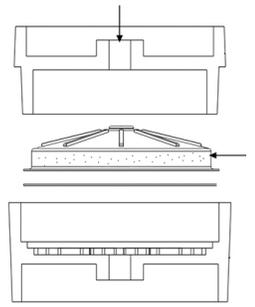
Variation du « volume recommandé »: exemples

Concentration anticipée sous-évaluée :

- Enjeux sur la capacité du dispositif de prélèvement:

- Phénomène de surcharge se traduisant par :

- Claquage (tube adsorbant ou absorbant, filtre imprégné)
- Colmatage du filtre (arrêt de la pompe)
- Perte d'échantillon lors de manipulation au labo (sous-estimation)
- En dehors du domaine d'application:
 - Dilution nécessaire (si possible)
 - Résultat entaché d'une plus grande incertitude



Variation du « volume recommandé »: exemples

Débit prescrit ou maximum :

- Prélèvement d'une fraction granulométrique (débit fixe) :

- Cyclone
- Impacteur
- Dispositif pour fraction inhalable
- CIP10
- Denudeur

Physique des
aérosols

- Intrinsèque au principe de prélèvement (débit maximum) :

- Tube adsorbant
- Filtre
- Barboteur

Enjeux de restriction du
débit, efficacité de
collecte, etc.



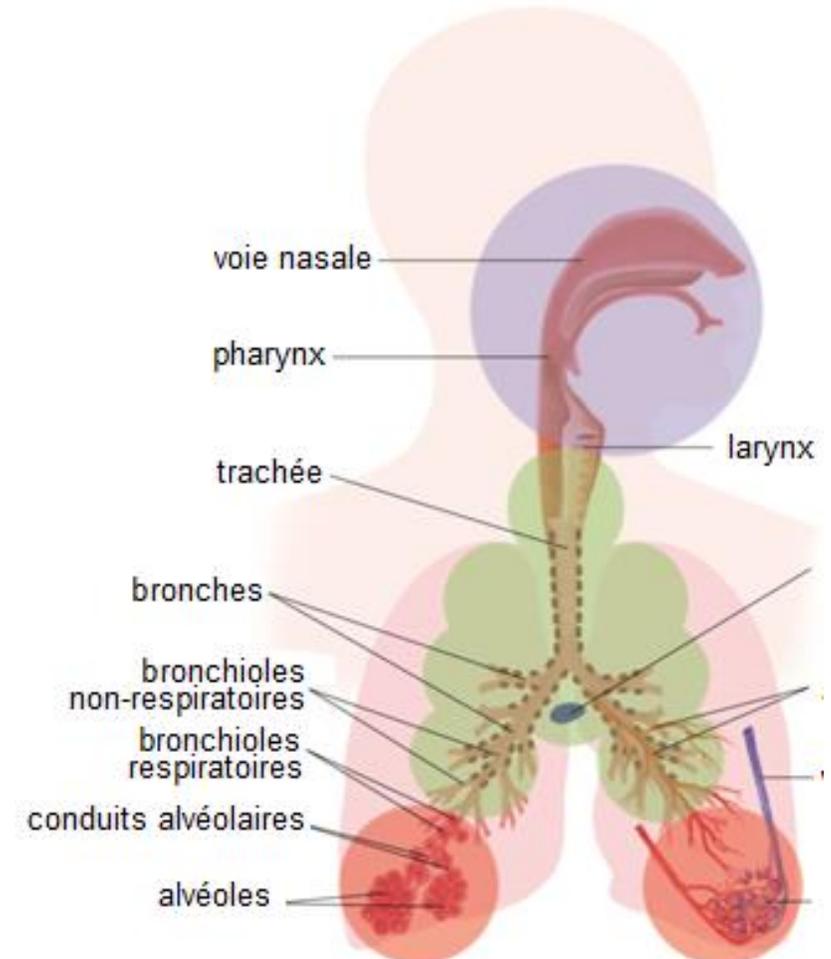
Période de questions

- Les conférenciers remercient le soutien des équipes AQHSST et IRSST pour la tenue de l'événement d'aujourd'hui
- **L'apport spécifique de collègues de l'IRSST œuvrant dans des disciplines variées de l'hygiène du travail est à souligner.**
- Les questions formulées en cours de présentation dans les espaces clavardage et « Questions & réponses » seront prises en compte.

Matériels supplémentaires

Critères sélectifs basés sur définitions de l'ACGIH®, CEN et ISO

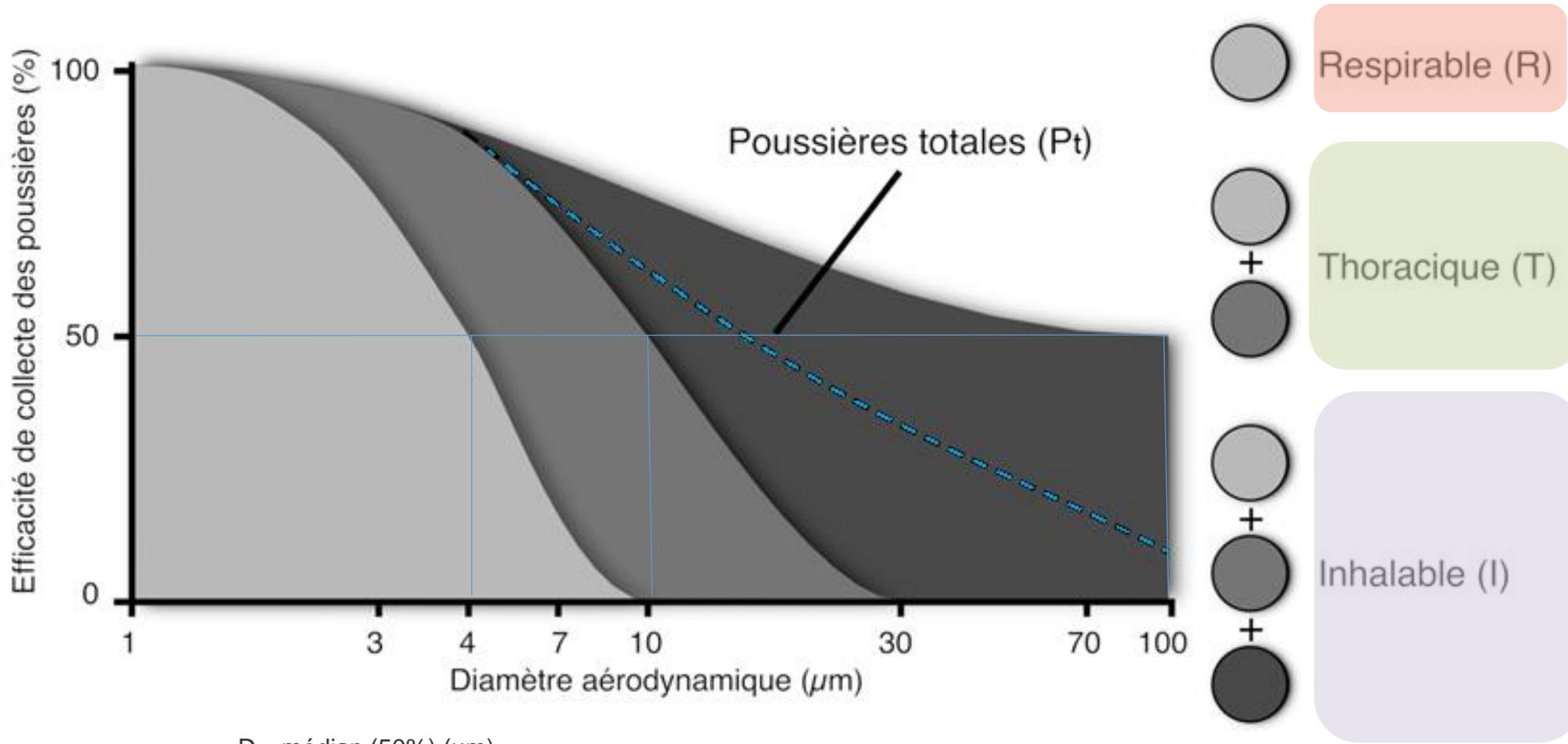
Zone	Diamètre*	Fraction poussière
Extra-thoracique	<100 µm	Inhalable (Pi)
Trachéo-bronchique	<25 µm	Thoracique (P _{thor})
Alvéolaire	<10 µm	Respirable (Pr)



Source: Cassaret & Doull (adaptée)

* Diamètre aérodynamique (D_{ae}), seuil supérieur approximatif, ne pas confondre avec le D_{ae} médian.

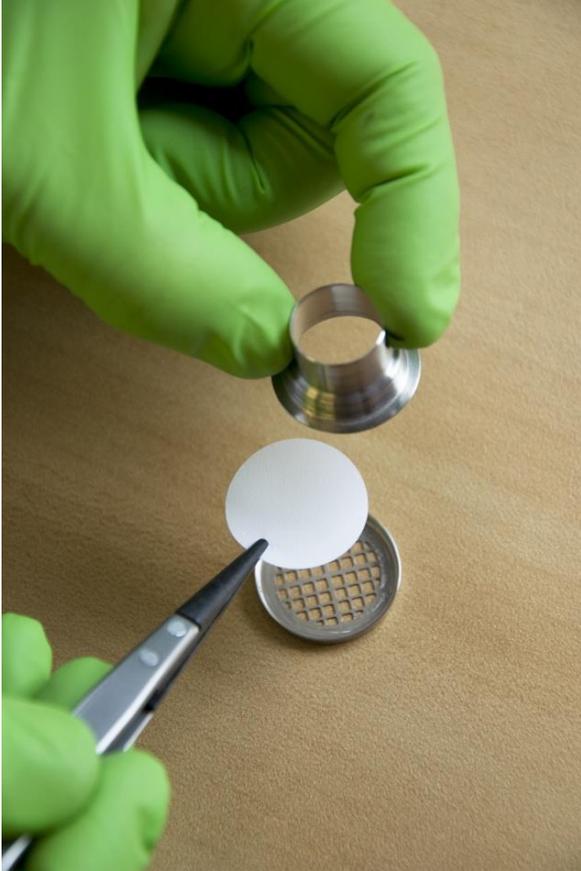
Fractions granulométriques – définition graphique



D_{ae} médian (50%) (µm)

R	4
T	10
I	100

Principe d'utilisation – cassette IOM (inhalable)



Principe d'utilisation – cassette DIS (inhalable)



Filtre et « capsule IOM » fusionnés, fait d'ECM ou CPV

La totalité est analysé.

