

LES VALEURS D'EXPOSITION ADMISSIBLES

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

Deuxième volet

1^{er} 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)
- Retour sur volet 1 des conférences-midi
- Prélèvement et analyse de métaux ou composés de métaux
- L'évaluation des fumées de soudage
- Période de questions

Contexte

- Certaines VEA ont été modifiées en 2020, d'autres pourraient être modifiées bientôt.
- **Impact sur le travail d'intervenant en hygiène du travail :**
 - Nous avons planifié trois conférences virtuelles pour vous informer sur les meilleures stratégies à adopter face à ces modifications réglementaires
 - Nous voulons connaître vos expériences, en milieu de travail, en lien avec ces modifications.
 - Les échanges entre professionnels sur le terrain et dans les laboratoires serviront à faciliter l'intégration des modifications réglementaires dans votre pratique.

**Après ce deuxième volet,
envoyez vos questions, vos commentaires ou histoire vécue
avant vendredi le 3 décembre à 15h
À : info@AQHSST.qc.ca**

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.

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

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

Correspondance entre méthode et expression de la VEA

Exemples :

| Substance | VEA (mg/m ³) | Fraction | Méthode de référence ou recommandée |
|---|--------------------------|----------|--|
| Vanadium, pentoxyde de (exprimée en V) | 0,05 | Pi | Cassette IOM, filtre ECM, analyse ICP-MS |
| Métaux durs contenant du cobalt et du carbure de tungstène | 0,005 | Pthor | Cyclone GK2.69, filtre ECM, analyse ICP-AES |
| Émissions / gaz d'échappement \neq moteur diesel Diesel | 100 | IFV | Tube adsorbant, analyse CG-DIF |
| Acide peroxyacétique | 1,2 | IFV | Pré-filtre pour peroxyde d'hydrogène et tube absorbant en série, analyse CL-UV |

Lien « expression VEA → méthode recommandée »

Situation:

- Un milieu de travail produit un aérosol de béryllium d'une granulométrie indéfinie.
- Une évaluation de l'exposition dans un contexte de conformité au RSST est planifiée
- Quelle méthode doit être utilisée ?

Valeur et expression de la VEA du béryllium:

Béryllium [7440-41-7], métal et composés (exprimée en Be): 0,00015 mg/m³ (VEMP)

Toutes ses formes
chimiques

La valeur de la VEA est
en Be élémentaire.
Autrement dit « en µg
de Be par m³ »
(et non pas en BeO,
BeSO₄, etc.)

VEMP désigne que
la mesure de
l'exposition est
pondérée sur 8h

Fraction granulométrie
non spécifiée signifie
que la VEA est en
« poussière totale »

Lien « expression VEA → méthode recommandée »

Méthode recommandée par IRSST:

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



| Nom de la substance | | CAS |
|--|--|-----------|
| Béryllium [7440-41-7], métal et composés | Libellé exact de la substance dans le RSST | 7440-41-7 |
| Béryllium, fraction inhalable | Autre « substance » | 7440-41-7 |

1 à 2 de 2 substances (filtre appliqué sur un total de 753 substances) << < 1 > >>

Lien « expression VEA → méthode recommandée »

Nom de la substance

Béryllium [7440-41-7], métal et composés

Méthode IRSST 396
Cassette fermée (« poussières totales »)
Filtre ECM avec capsule à 1,5 L/min
Analyse par ICP-MS

Méthode à utiliser dans le cadre réglementaire

Nom de la substance

Béryllium, fraction inhalable

Substance non réglementée

Méthode IRSST 359
Cassette IOM (poussière inhalable, Pi)
Filtre ECM, à 2 L/min
Analyse par ICP-MS

Utilité: ACGIH® propose un TLV de 0,00005 mg/m³ (Pi)
Méthode disponible mais elle n'est destinée au cadre réglementaire

Prélèvement et analyse de métaux ou composés de métaux

- Principe:
 - Prélèvement des poussières aéroportées sur un filtre
 - Extraction/mise en solution (digestion acide)
 - Analyse par différentes techniques (AA, ICP-AES, ICP-MS, CI, etc.)

- Évolution des méthodologies de

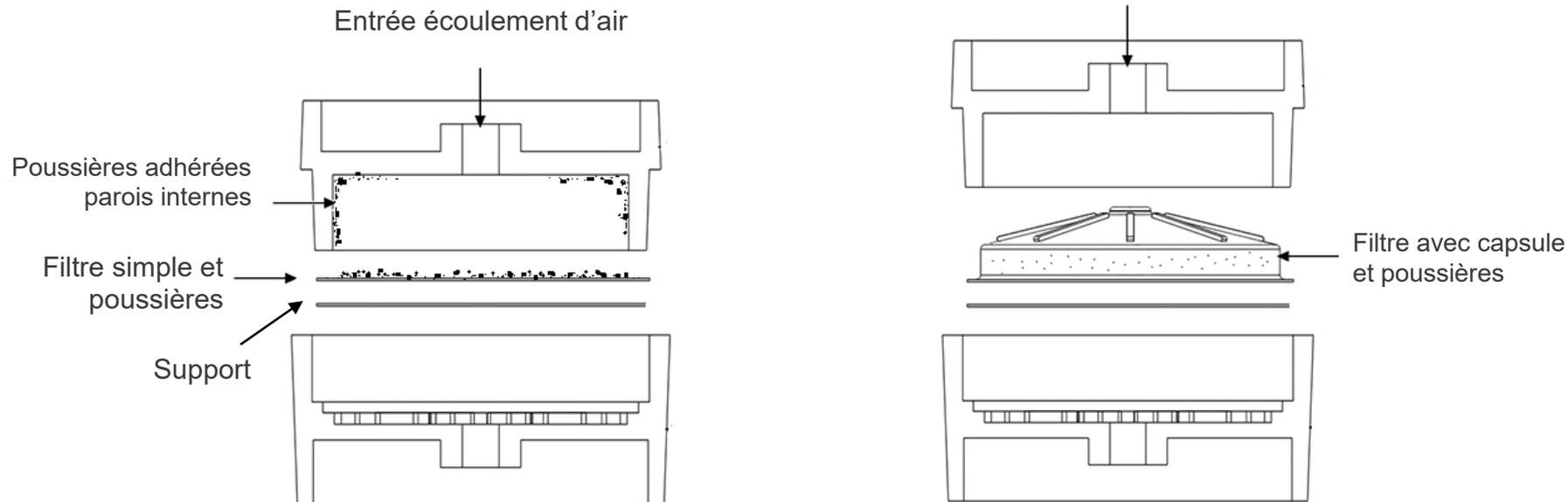
- Prélèvement:
 - Type de membranes filtrantes
 - Morphologie et géométrie des dispositifs
- Analyse:
 - Sensibilité
 - Spéciation
 - Productivité

Évolution liée à :

- Effets à la santé
- Physique des aérosols
- Abaissement valeurs limites d'exposition
- Technologies analytiques
- Autres phénomènes observés

1^{er} fait saillant dans l'évolution de la pratique de l'hygiène

- La prise en compte des poussières adhérees sur les parois
 - Enjeu visant initialement les poussières organiques (« non-conductrices »).
 - Mise en évidence au cours des années 2000 pour la mesure de l'exposition aux métaux



Nouvelle approche
validée et disponible
à l'IRSST depuis
2018

Nouvelle approche
(fraction poussière totale)

1^{er} fait saillant dans l'évolution de la pratique de l'hygiène

- **Avantages:**

- Prise en compte de l'ensemble des particules aspirées dans le dispositif
- Conforme aux bonnes pratiques et normes internationales

- **Limitation:**

- Impossible de produire un résultat gravimétrique (mesure pondérale)

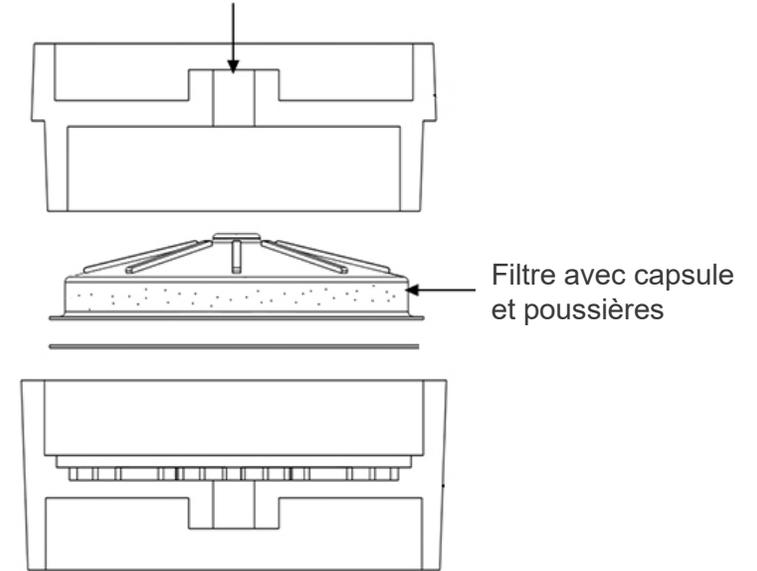
Pour plus d'information:



www.irsst.qc.ca/laboratoires/infolabo

InfoLABO n° 2018-11

InfoLABO n° 2018-14



Nouvelle approche

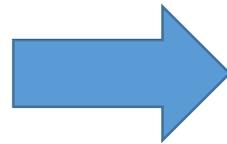
2^e fait saillant dans l'évolution de la pratique de l'hygiène

- L'adoption de la convention ISO/CEN/ACGIH® sur les fractions granulométriques
 - Certains métaux ont désormais une VEA exprimée en poussière inhalable, thoracique ou respirable.
 - Potentielle multiplication des dispositifs de prélèvement devant être utilisés.



tous les métaux*

+ nouvelles VEA



tous les métaux*

* Rares exceptions

2^e fait saillant dans l'évolution de la pratique de l'hygiène

- **Avantages:**

- En meilleure phase avec l'état des connaissances actuelles
- Permet une évaluation plus ciblée par rapport aux différentes atteintes (locales ou systémiques)

- **Limitations:**

- Peut complexifier la mesure pour certains scénarios d'exposition

Vue d'ensemble des principaux contaminants de type « métaux »

(1/2)

| Substance | VEMP (mg/m ³) | Fraction | Élément analysé |
|--|---------------------------|---------------------|-----------------|
| Aluminium, fumées de soudage Aluminium, métal Aluminium, sels solubles | 5 10 2 | Poussière totale | Al |
| Béryllium | 0,00015 | Poussière totale | Be |
| Cadmium, élémentaire et ses composés | 0,025 | Poussière totale | Cd |
| Chrome, métal et ses composés (Cr III)* | 0,5 | Poussière totale | Cr |
| Cobalt, élémentaire et composés inorganiques | 0,02 | Poussière totale | Co |
| Cuivre, fumées de Cuivre, poussières et brouillards de | 0,2 1 | Poussière totale | Cu |
| Fer, sels solubles Fer, trioxyde de, fumées et poussières | 1 5 | Poussière totale | Fe |
| Lithium, hydrure de | P0,05 | Poussière inhalable | Li |
| Magnésium, oxyde de | 10 | Poussière inhalable | Mg |

* Chrome VI omis volontairement (méthode spécifique)

P = valeur plafond

Vue d'ensemble des principaux contaminants de type « métaux »

(2/2)

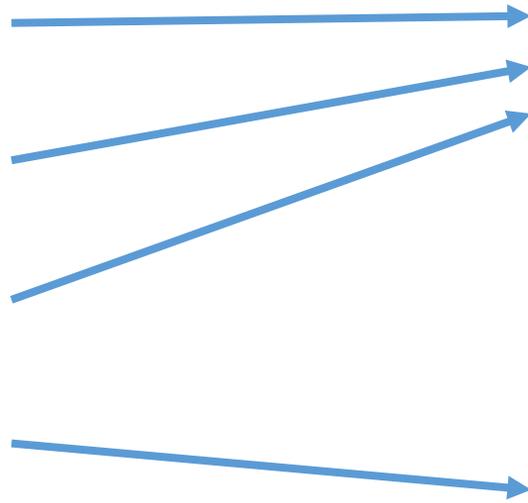
| Substance | VEMP (mg/m ³) | Fraction | Élément analysé |
|---|---------------------------|---|-----------------|
| Manganèse, Fumées, poussières et composés Manganèse, tétr oxyde de | 0,2 1 | Poussière totale | Mn |
| Métaux durs contenant du cobalt et du carbure de tungstène | 0,005 | Poussière thoracique | Co et W |
| Molybdène, Métal et composés insolubles | 10 3 | Poussière inhalable Poussière respirable | Mo |
| Molybdène, composés solubles | 0,5 | Poussière respirable | |
| Nickel, métal Nickel, composés insolubles Nickel, Composés solubles Nickel, Subsulfure de nickel | 1,5 0,2 0,1 0,1 | Poussière inhalable | Ni |
| Plomb, et ses composés inorganiques | 0,05 | Poussière totale | Pb |
| Tungstène, composés insolubles Tungstène, composés solubles | 5 1 | | |
| Vanadium, pentoxyde de | 0,05 | Poussière inhalable | V |
| Zinc, chlorure de (fumées) Zinc, oxyde de | 1 2 | Poussière totale Poussière respirable | Zn |

Même substance, VEMP différentes selon fraction

Mise en situation (scénario générique 1)

- Évaluation de l'exposition, tâche de meulage de pièces métalliques
- Mesure de:

- Fer
- Chrome
- Cobalt
- Nickel



Poussière totale



Poussière inhalable

Mise en situation (scénario générique 2)

- Évaluation de l'exposition, procédés sur divers types d'acier

- Mesure de:

- Fer



- Chrome



- Cobalt



- Nickel



- Oxyde de zinc



Poussière
totale



inhalable



respirable

↑ Complexité !

Une substance et ses VEA de différentes fractions

Exemple de la VEA du molybdène, métal et composés insolubles :

- 10 mg/m³ poussière inhalable
- 3 mg/m³ poussière respirable

1) Toujours mesurer les deux fractions ?

- Les deux VEA doivent être respectées
- Dans un contexte de surveillance environnementale (exposition déjà caractérisée, procédé et méthode de travail inchangés, etc.):
 - Une des deux fractions pourrait être sélectionnée en tant que mesure de suivi

2) Est-ce possible de mesurer les deux fractions simultanément dans le même échantillon ?

- À l'étude à l'IRSST, cassette IOM avec 2 supports (filtre et mousse en série)



Les fumées de soudage

Désignent l'ensemble des gaz et particules générés lors de procédés de soudage ou techniques connexes.

Focus sur phase particulaire:

- Particules issues d'une condensation
- Diamètre inférieur à 1 μm , majoritairement $< 0,1 \mu\text{m}$ (100 nm)
- De composition métallique ou d'oxydes métalliques
- Liste non-exhaustive des contaminants rencontrés, à base de ou oxydes de:

- Aluminium
- Baryum
- Béryllium
- Cadmium
- Chrome
- Cobalt
- Cuivre
- Fer
- Manganèse
- Nickel
- Plomb
- Vanadium
- Zinc

VEA spécifiques
(vues précédemment)

VEA non-spécifique:

« Fumées de soudage (non autrement classifiées) »

5 mg/m³ (VEMP)

Mesure de l'exposition basée sur une analyse gravimétrique

« indicateur d'exposition »



Fumées de soudage par microscope électronique à balayage (source: INRS ED 6132)

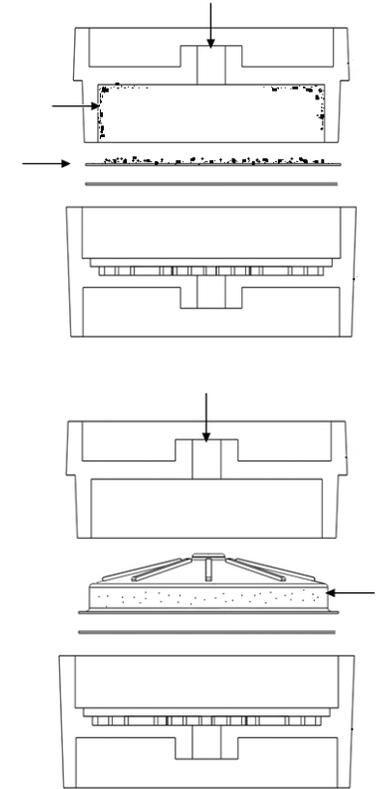
Mesure de l'exposition aux fumées de soudage

Historiquement, en poussière totale:

- Métaux spécifiques: filtre ECM (membrane simple)
- Fumées de soudage (non-spécifique): filtre CPV **prépesé** (membrane simple)
 - Autre possibilité: mesure gravimétrique sur filtre ECM **prépesé** (membrane simple)

En 2018*, nouvelle méthode IRSST utilisant filtre ECM avec capsule (*Solu-sert*tm):

- Mise en évidence de la limitation de la membrane simple:
 - Sous-estimation de l'exposition
 - Incohérence potentielle entre le résultat gravimétrique et celui de l'analyse spécifique des métaux
- Le filtre-capsule est à favoriser malgré la non-possibilité de comparaison à la VEA « fumées de soudage »
 - Évolution à la baisse des VEA spécifiques métaux
 - Performances analytiques supérieures
 - Abandon en 2004, par l'ACGIH®, du TLV « fumées de soudage »



Jusqu'en 2003, l'ACGIH® mentionnait que la concentration totale de particules n'étaient utile que si aucun matériau toxique n'était utilisé dans le procédé de soudage.

* InfoLABO n° 2018-11 consultable sur www.irsst.qc.ca/laboratoires/infolabo

Mesure de l'exposition aux fumées de soudage

2020 : nouvelles VEA pour certains métaux

- Implication: fraction poussière totale **ainsi qu'**inhalable et respirable

- Exemple:

- Fumées de soudage (gravim.) →

- Fer →

- Chrome →

- Cobalt →

- Nickel →

- Oxyde de zinc →



Filtre simple



Filtre-capsule



Poussière totale

Inhalable

Respirable

À l'intérieur de la visière du soudeur ...?

Mesure de l'exposition aux fumées de soudage

- Même exemple, autre approche:

- ~~• Fumées de soudage (gravim.)~~

- Fer

- Chrome

- Cobalt

- Nickel

- Oxyde de zinc



Filtre-capsule



Poussière
totale

inhalable

respirable

Mesure de l'exposition aux fumées de soudage

- Autre exemple (anticipé):

- Fer
- Chrome
- Cobalt
- Oxyde de zinc



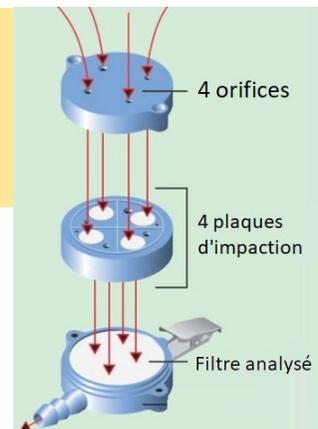
Filtre-capsule

Poussière totale



respirable

Impacteur parallèle (PPI),
actuellement utilisé dans
un projet de recherche
IRSST

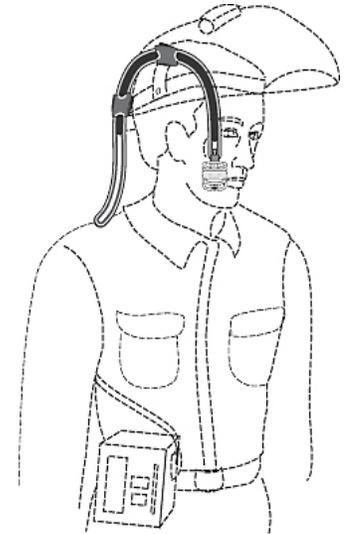


Source : SKC

Mesure de l'exposition aux fumées de soudage

Prélèvement en zone respiratoire :

- Définition RSST « ... la zone comprise à l'intérieur d'un hémisphère de 300 mm de rayon s'étendant devant le visage et ayant son centre sur une ligne imaginaire joignant les oreilles. »
- Procédé de soudage → travailleur très près de la source
 - Variabilité favorisée, selon:
 - Port de la visière/masque (APR)
 - Position du travailleur par rapport à la pièce soudée
 - Gaucher ou droitier
 - Présence ou non de la ventilation, etc.
- Littérature scientifique consultée:
 - Tendance à la baisse de la concentration extérieur → intérieur de la visière
 - Variabilité peut être importante
- Historiquement, le prélèvement à l'intérieur de la visière est favorisé



Adaptateur SKC Cat. No. 225-600, développé par l'IRSST

Mesure de l'exposition aux fumées de soudage

Contenu de la fiche* « fumées de soudage non autrement classifiées »

- Avant 2012 :

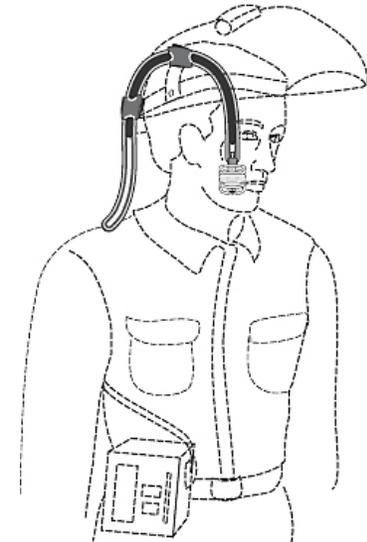
« Pour l'évaluation des fumées de soudage, l'échantillonnage personnel doit être effectué à l'intérieur du masque à l'aide d'un adaptateur disponible chez SKC Cat. No. 225-600. »

- Depuis 2012 :

« Pour l'évaluation des fumées de soudage, si l'échantillonnage personnel doit être effectué à l'intérieur du masque utilisez un adaptateur disponible chez SKC Cat. No. 225-600. »

Explication du changement:

- **Le port d'un APR** muni d'une visière implique que le prélèvement doit se faire à l'extérieur.



Adaptateur SKC Cat. No. 225-600, développé par IRSST

* Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail de l'IRSST

Mesure de l'exposition aux fumées de soudage

En résumé:

- Plusieurs fractions granulométriques à prélever en simultané
- Il ne semble pas envisageable de prélever avec > 2 dispositifs à l'intérieur de la visière
- La mesure en gravimétrie totale vs VEA non-spécifique: pertinence limitée
 - Points de vigilance:
 - Contaminant classé 1 (cancérogène pour l'homme) par le CIRC.
 - Conformité au RSST
 - Actuellement à l'étude par l'ACGIH®

La mise à jour du Guide d'échantillonnage de l'IRSST est en cours. À terme, elle reflètera l'évolution des:

- **VEA**
- **Dispositifs de prélèvement et de leur disponibilité**
- **Pratiques**
- **État des connaissances**

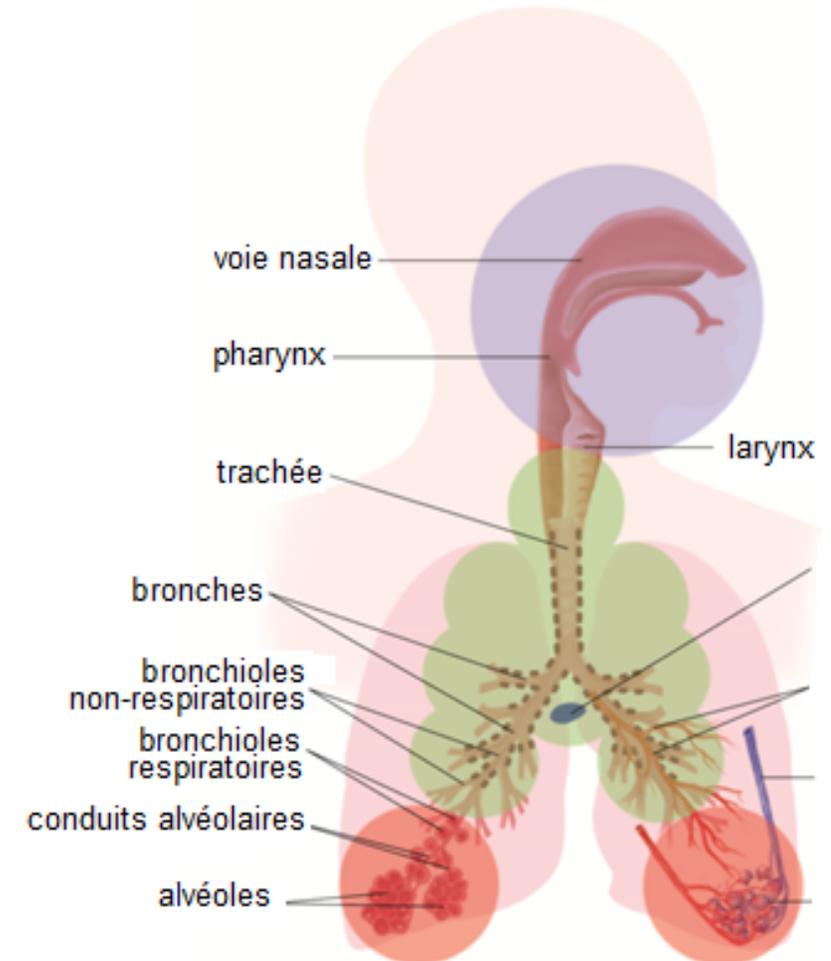
Période de questions

- Les conférenciers remercient le soutien des équipes AQHSST et IRSST pour la tenue de l'événement d'aujourd'hui
- Les questions formulées en cours de présentation dans les espaces clavardage et « Questions & réponses » seront prises en compte :
 - Séance tenante (éclaircissements ou explications)
 - Au volet 3 des conférences-midi

Matériels supplémentaires

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

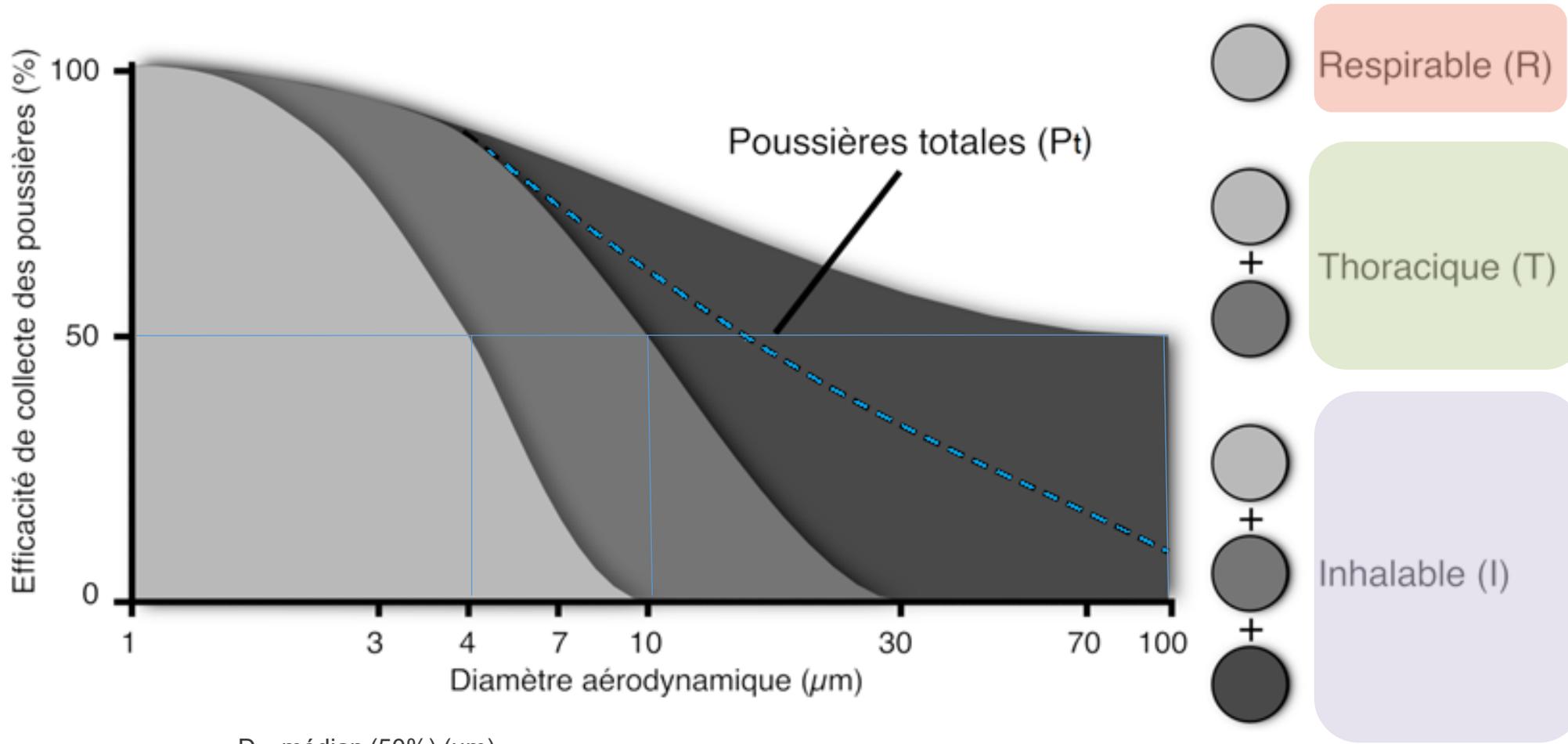
| Zone | Diamètre* | Fraction poussière |
|--------------------|-----------|---------------------------------|
| Extra-thoracique | <100 µm | Inhalable (Pi) |
| Trachéo-bronchique | <25 µm | Thoracique (P _{thor}) |
| Alvéolaire | <10 µm | Respirable (Pr) |



Source: Cassaret & Doull (adaptée)

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

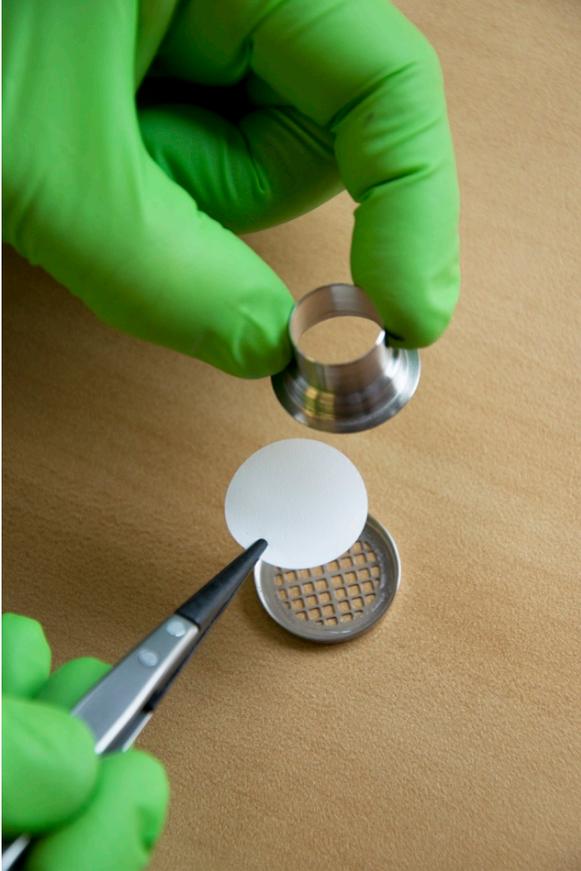
Fractions granulométriques – définition graphique



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.



ECM: esters cellulose mélangés

CPV: chlorure de polyvinyle