



Relation entre les changements réglementaires au RSST concernant les composés du chrome(VI) et leur comportement en laboratoire, ainsi que la réalisation de leur quantification suivant un échantillonnage de la fraction inhalable

Sébastien Gagné, M. Sc., Chimiste toxicologue
Abu Dawud Ouedraogo, Étudiant à la maîtrise
Direction des laboratoires, IRSST

Avril 2026



- Déroulement de la présentation



Relation entre les changements réglementaires au RSST concernant les composés du chrome(VI) et leur comportement en laboratoire



Quantification du chrome(VI) suivant un échantillonnage de la fraction inhalable

- **Projet en cours**
- **Development and Validation of an Analytical Method for Airborne Chromium Speciation and Field Comparison Study**

Co-auteurs: Isabelle Madore, Patrick Hayes, Shohreh Mohammadi, Hossein Kazemian et Simon Aubin



Financement: WorkSafeBC, IRSST et MITACS

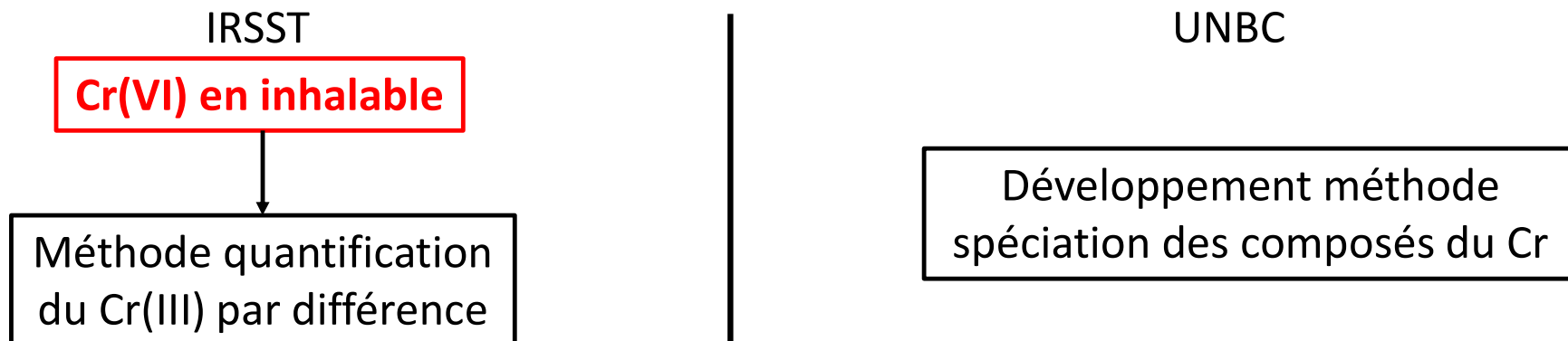


- Projet en cours

Cette recherche a été financée par WorkSafeBC.

Les points de vue, constatations, opinions et conclusions exprimés dans le présent document sont celles des auteurs et non celles de WorkSafeBC.

- Séquence des développements et des expériences



Développement et Validation d'une Méthode Analytique pour la Spéciation du Chrome dans l'Air et Étude de Comparaison Terrain
(Comparaison des méthodes de détermination du Cr(III) et Cr(VI))

Profil d'exposition des composés du chrome dans les milieux de travail québécois

- Différentes formes du chrome
- 3 formes communes du chrome:
 - Cr(0): métallique
 - Cr(III): présent dans la nature avec des propriétés toxicologiques de sévérité limitée
 - Cr(VI): forme très toxique de la famille du chrome, générée dans différentes industries

- Effets toxicologiques du chrome(VI)

Effets aigus:

- Irritation sévère des voies respiratoires : toux, brûlure nasale, douleur thoracique
- Dermatite irritative ou allergique
- Risque d'atteinte rénale aiguë ou hépatique

Effets chroniques:

- Cancérogène avéré pour l'homme (Groupe 1, CIRC)
- Bronchite chronique
- Sensibilisation durable → dermatite chronique
- Atteintes rénales et hépatiques

- Milieu de travail comportant du chrome(VI)
 - Soudage d'acier inoxydable [Cr(VI)]
 - Production de chromate [Cr(VI)]
 - Placage au chrome [Cr(VI)]
 - Industrie du ferrochrome [Cr(III) et Cr(VI)]
 - Pigments de chrome et peinture [Cr(III) et Cr(VI)]
 - Tannage du cuir [principalement Cr(III)]

- Évolution réglementaire des composés du chrome(VI)

Contaminants	CAS	Québec			ACGIH		
		VEMP	VECD / Plafond	Notations	TWA	STEL / Ceilling	Notations
Chromate (traitement de minerai de chromite) (exprimé en Cr)		VEMP Cr(VI) hydrosoluble: 0,005 mg/m ³ Cr(VI) hydro insoluble: 0,001 mg/m ³ Fraction « totale » Chromate de strontium: 0,0005mg/m ³ Train 3			0,0002 mg/m ³	0,0005 mg/m ³	Pi A1 Les composés solubles sont DSEN; RSEN
Chromate de calcium (exprimé en Cr)							
Chromate de plomb (exprimé en Cr)	7758-97-6						
Chromate de strontium (exprimée en Cr)	7789-06-2						
Chromates de zinc (exprimée en Cr)	13530-65-9; 11103-86-9; 37300-23-5						
Chrome VI, composés inorganiques hydro-insolubles (exprimée en Cr)							
Chrome VI, composés inorganiques hydro-solubles (exprimée en Cr)							

- Méthode ISO 16740 (IRSST MA-365)

NORME
INTERNATIONALE

ISO
16740

Première édition
2005-02-01

**Air des lieux de travail — Détermination
du chrome hexavalent dans les particules
en suspension dans l'air — Méthode par
chromatographie ionique et détection
spectrophotométrique avec diphényl
carbazine**

*Workplace air — Determination of hexavalent chromium in airborne
particulate matter — Method by ion chromatography and
spectrophotometric measurement using diphenyl carbazine*

Permet l'analyse sélective des
formes hydrosolubles et hydro
insoluble du chrome(VI)

- **Cassette d'échantillonnage**

Cassette conique 3 pièces de 25 mm en polypropylène;

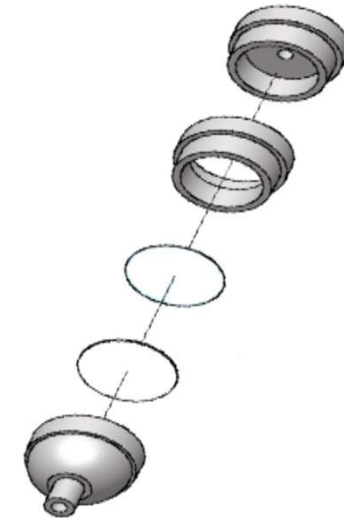
Support en polypropylène;

Filtre en fibre de quartz 25 mm

- Non imprégné (976)
- Imprégné de NaOH (977)

Débit de la pompe entre 1,5 et 4 L/min

Volume de prélèvement recommandé de 360 L



- ISO 16740

- Extraction des composés de chrome(VI) hydrosolubles

- *Solution d'extraction $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 / \text{NH}_4\text{OH}$ (tampon pH 8);
- Agitation 60 minutes;
- Filtration sur montage.

*Dans le cas de mélange (Cr(III), Fe(II), autres métaux), l'eau comme solution d'extraction donne de mauvais résultats



- ISO 16740
- Extraction des composés de chrome(VI) hydro insolubles
 - Solution d'extraction Na_2CO_3 / NaOH ;
 - Bain à ultrasons chauffant pour 60 minutes à 40°C ;
 - Filtration sur montage.



- ISO 16740

- Chromatographie ionique couplé au UV/Vis (CI-UV/Vis)

- Éluant $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 / \text{NH}_4\text{OH}$;
- Dérivation post-colonne avec 1,5-diphénylcarbazine, en milieu acide;
- Détection par spectrophotométrie dans le domaine du visible (540 nm).



- ISO 16740

- Courbe d'étalonnage

- Courbe de calibration 7 niveaux de concentration;
- Domaine de linéarité compris entre $0,04 \mu\text{g}$ et $5 \mu\text{g}$;
- Possibilité d'un 8^e niveau pour les concentrations plus élevées (jusqu'à $10 \mu\text{g}$).



- Solubilité des différents chromates

Chromate	Solubilité dans l'eau @ 20°C	Classification
Acide chromique	1000 g/L	Soluble
Chromate de potassium	629 g/L	Soluble
Chromate de sodium	873 g/L	Soluble
Chromate de calcium	22,3 g/L	Peu soluble
Chromate de plomb	Insoluble	Insoluble
Chromate de strontium	Insoluble	Insoluble
Chromate de zinc	Insoluble	Insoluble

Solubilité dans l'eau (OSHA, 2006): - Soluble $\geq 500\text{g/L}$

- Peu soluble $0,01\text{ g/L} - 500\text{ g/L}$

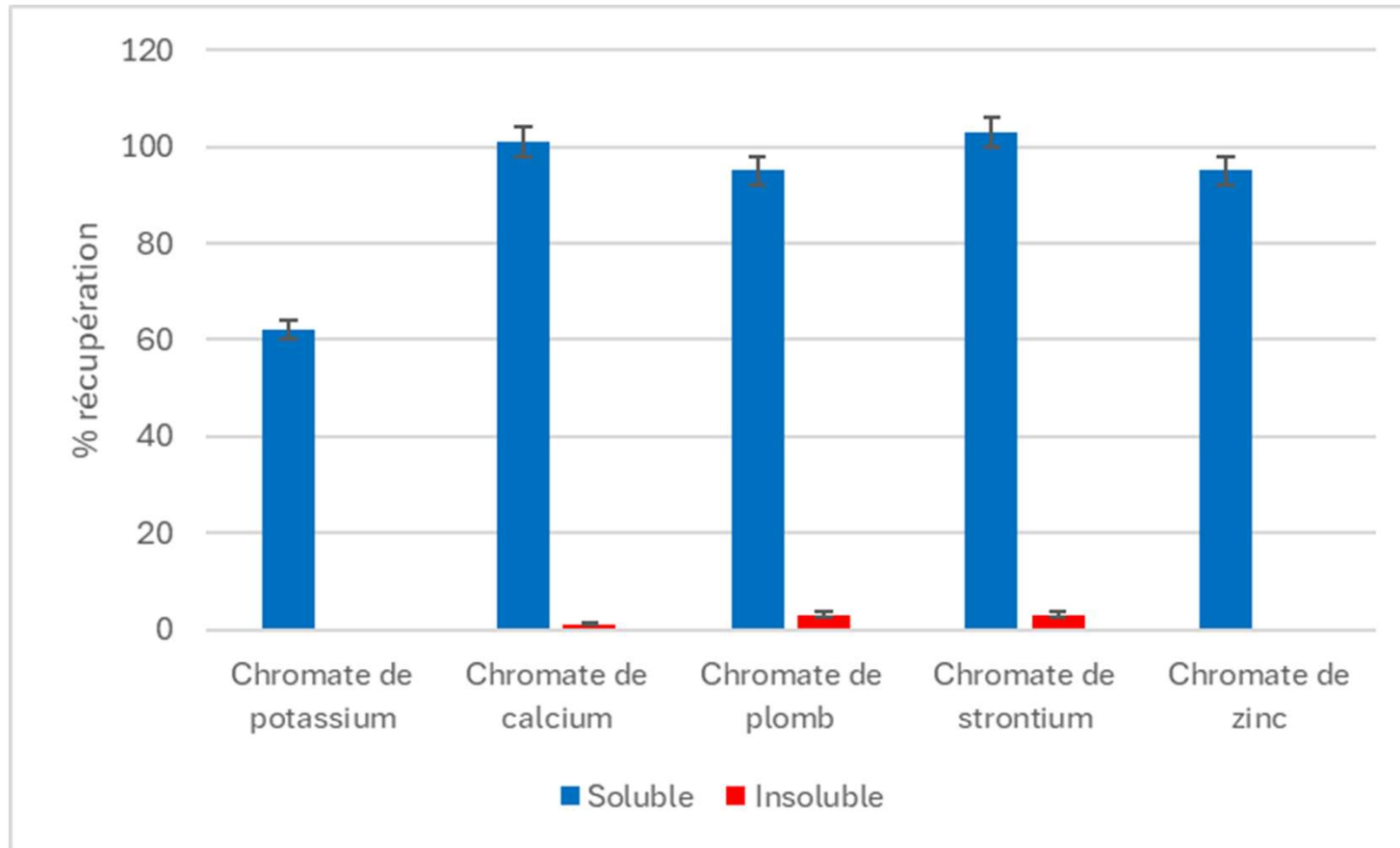
- Insoluble $< 0,01\text{ g/L}$

- Mise en garde

Coeur sensible s'abstenir



- Solubilité des chromates selon la méthode ISO 16740 au laboratoire



Les chromates individuels sont tous extraits par la solution d'extraction soluble indépendamment de leur classification

- Interprétation des données de laboratoire vs les normes

Les VEA du Cr(VI), à l'exception du chromate de strontium, sont liées à la solubilité des composés inorganiques concernés. Ainsi, une VEA existe pour les formes hydrosolubles et une autre pour les formes hydroinsolubles. Les formes hydrosolubles et hydroinsolubles sont déterminées au laboratoire selon la méthode IRSST 365, elle-même basée sur la norme ISO 16740 (2005). Bien qu'une classification de la solubilité des chromates individuels existe, il est établi que lors de l'analyse, un même chromate peut se retrouver à la fois dans la fraction hydrosoluble et dans la fraction hydroinsoluble. Ainsi, pour tous les composés inorganiques de Cr(VI), qu'ils aient ou non une VEA spécifique, les résultats fournis par la méthode IRSST 365 (Gagné *et al.*, 2016) seront exprimés en Cr(VI) hydrosoluble et/ou en Cr(VI) hydroinsoluble. L'application des VEA relève donc de l'ensemble des résultats de laboratoire émis par la méthode IRSST 365. Lorsque les deux formes sont présentes, le Rm s'applique puisque le même organe cible est impliqué. Dans le cas où le chromate de strontium est mesuré, la somme des résultats générés (hydrosoluble et hydroinsoluble) doit être comparé à sa VEA.

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. (2025). *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail* (Guide n° T-06, 8e éd., version 8.2). IRSST. <https://doi.org/10.70010/CLOP5833>

• Quantification du chrome(VI) suivant un échantillonnage de la fraction inhalable

Contaminants	CAS	Québec			ACGIH		
		VEMP	VECD / Plafond	Notations	TWA	STEL / Ceiling	Notations
Chromate (traitement de minerai de chromite) (exprimé en Cr)		VEMP Cr(VI) hydrosoluble: 0,005 mg/m ³ Cr(VI) hydro insoluble: 0,001 mg/m ³ Fraction « totale » Chromate de strontium: 0,0005mg/m ³ Train 3			0,0002 mg/m ³	0,0005 mg/m ³	Pi A1 Les composés solubles sont DSEN; RSEN
Chromate de calcium (exprimé en Cr)							
Chromate de plomb (exprimé en Cr)	7758-97-6						
Chromate de strontium (exprimée en Cr)	7789-06-2						
Chromates de zinc (exprimée en Cr)	13530-65-9; 11103-86-9; 37300-23-5						
Chrome VI, composés inorganiques hydro-insolubles (exprimée en Cr)							
Chrome VI, composés inorganiques hydro-solubles (exprimée en Cr)							
Chrome, métal	7440-47-3	0,5 mg/m ³			0,5 mg/m ³		Pi
Chrome III, composés (exprimée en Cr)		0,5 mg/m ³			0,003 mg/m ³		Pi Dans le cas de composés solubles : DSEN; RSEN

$$\text{Cr(III)} = \text{Cr total} - \text{Cr(VI)}$$

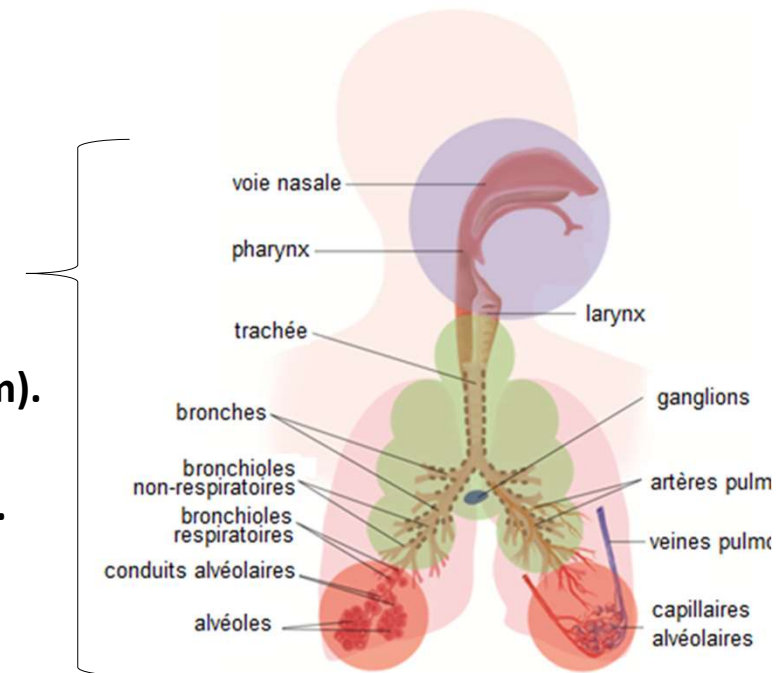
En inhalable

• Définition des fractions

- ❖ La portée du projet implique l'échantillonnage des aérosols en fraction en inhalable.
- ❖ Fraction Inhalable = Toutes les tailles de particules pouvant entrer dans les voies respiratoires.

❖ Trois fractions principales.

- **Inhalable** = toutes particules inférieures à **100 μm (D50)**.
- **Thoracique** = Toutes particules inférieures à **25 μm (D50= 10 μm)**.
- **Respirable** = Toutes particules inférieures à **10 μm (D50= 4 μm)**.

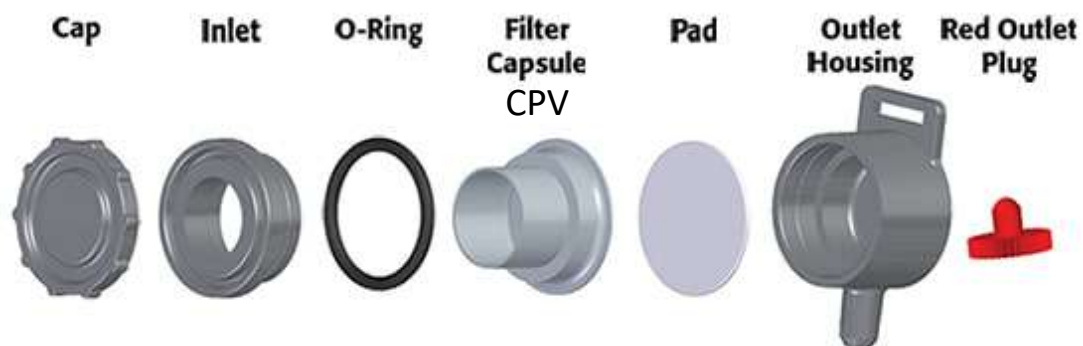


• Méthodologie

21

❖ Développement et optimisation de la méthode analytique

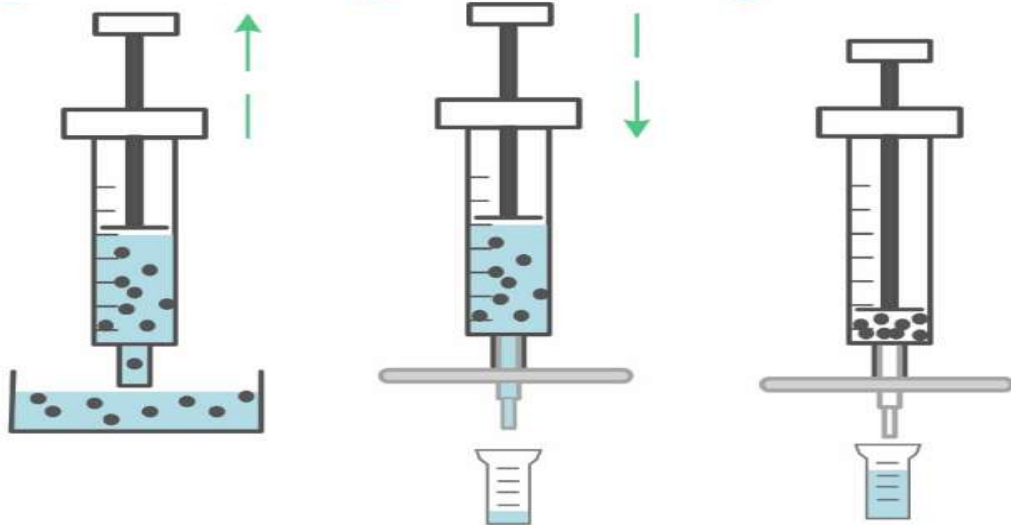
- Échantillonnage basé sur la fraction inhalable des particules → Échantillonneur inhalable jetable (DIS (CPV))
- Extraction unique en utilisant la solution d'extraction **hydro insolubles Na_2CO_3 / NaOH**
- Utilisation de :
 - **CI-Vis** (chromatographie ionique avec détection visible à 540 nm) pour Cr[VI]



• Optimisation de la méthode d'extraction par filtration

❖ Test par filtration

- Déposer une concentration connue de chromate sur le DIS.
- 2mL **solution d'extraction** dans le DIS.
- Transférer dans la seringue avant de transférer dans le tube de 50mL.
- Bonne récupération.
- Prends beaucoup de temps.
- Beaucoup de manipulation pouvant générer des erreurs.



- Optimisation de la méthode d'extraction

- ❖ Développement d'une nouvelle approche par centrifugation



Fabrication imprimante 3D



- Optimisation de la méthode d'extraction

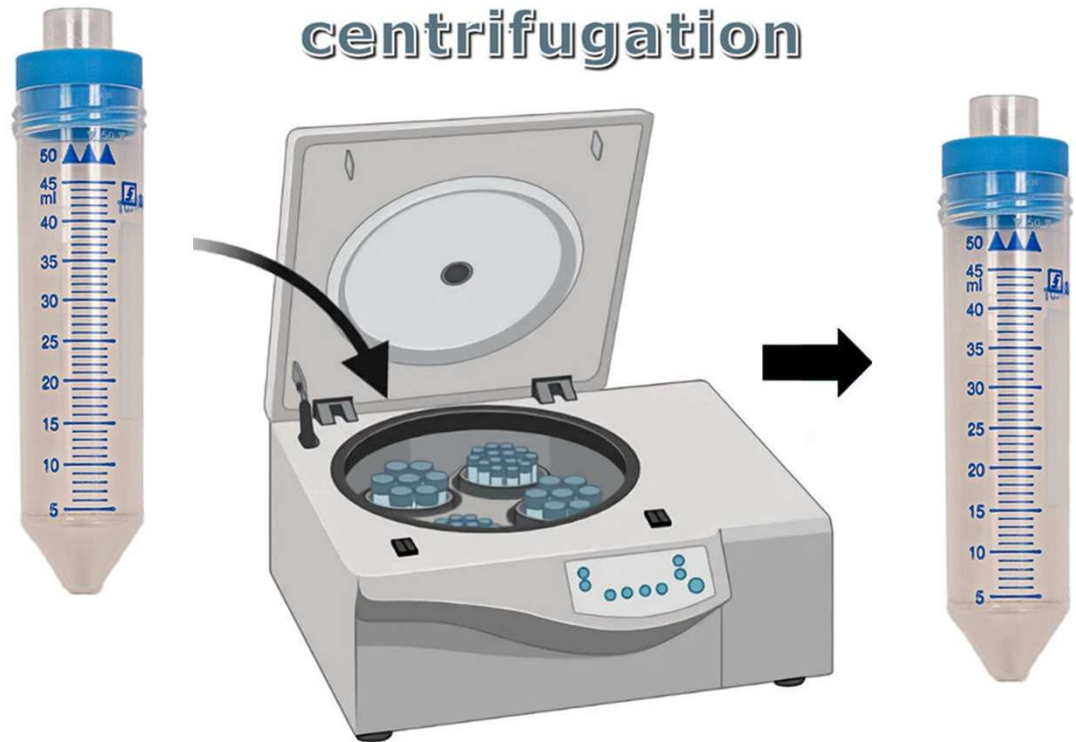
- ❖ Développement d'une nouvelle approche par centrifugation

Tests de centrifugation

- Test à différents temps entre **1** et **15min**.
- Test à différents **RPM** entre **1000** et **3500**.
- Résultats initiaux: Détérioration des filtres.



Fabrication imprimante 3D



• Méthode Extraction et Récupération optimale

❖ Par centrifugation

- **2500 RPM** pendant **5 minutes**.
- Tube de 50 mL ayant le support du DIS.
- **2 mL + 2 mL de solution d'extraction** dans le DIS.
- **1 mL solution d'extraction** dans chaque tube.
- **5mL d'eau** jusqu'à atteindre le trait de jauge de 10 mL.
- Analyser par CI-Vis.

25



centrifugation

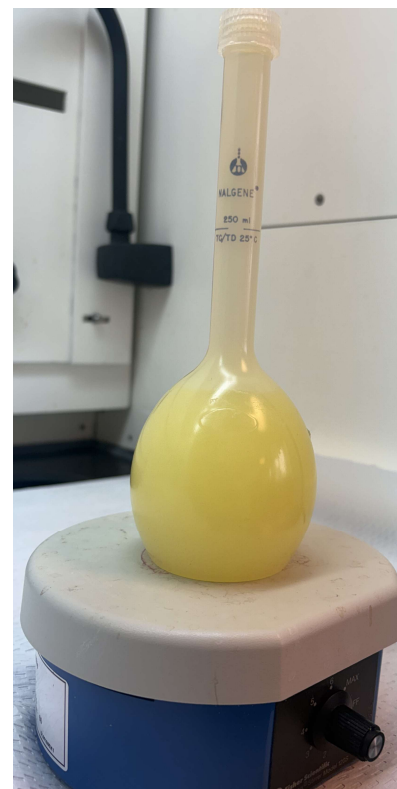


- Préparation des solutions

Solutions pour chromates de Pb, Ca, K, Zn dans une matrice ($\frac{1}{2}$ eau : $\frac{1}{2}$ Na_2CO_3 / NaOH).



Suspension pour chromate de Sr dans l'isopropanol comme matrice.



- Récupération pour les 5 chromates

Paramètre analytique	Chromate de				
	potassium	calcium	plomb	strontium	zinc
Récupération (%)	98 ± 6	103 ± 3	99 ± 2	89 ± 5	97 ± 5
Classification	Soluble	Peu soluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble

Récupération quantitative pour tous les chromates

• Paramètres analytiques

28

Paramètre analytique	Chromate de				
	potassium	calcium	plomb	strontium	zinc
LD (µg/éch.)	0,002	0,002	0,004	0,008	0,001
LQ (µg/éch.)	0,005	0,008	0,013	0,028	0,004
LR			0,04		
Répliquabilité (%)	2	1	2	5	2
Répétabilité (%)	3	4	6	6	4
Exactitude (%)	98	95	93	89	99

VEA: chromate strontium: 0,5 µg/m³

chromate soluble: 5 µg/m³

chromate insoluble: 1 µg/m³

V. Éch : 360 L
(180 min à 2 L/min)

Domaine d'application:

0,04 µg – 10 µg

0,11µg/m³ – 27,8µg/m³

Chromate strontium: 22% VEMP – 5600% VEMP

Chromate soluble: 2% VEMP – 560% VEMP

Chromate insoluble: 11% VEMP – 2800% VEMP

Les performances de la méthode sont adéquates pour tous les chromates

• Conclusion

- Les nouvelles VEA du RSST nécessitent des méthodes analytiques adaptées.
- La méthode développée basée sur l'utilisation d'un DIS suivie par une analyse CI-Vis est une nouvelle approche pour la quantification du Cr(VI).
- L'extraction par centrifugation (2500 RPM, 5 min) offre une récupération efficace et réduit les manipulations.
- La nouvelle méthode s'est avérée, sensible, exacte et reproductible.

• Travaux futurs

- Comparer les concentrations dans l'air en milieu de travail de Cr(III) et Cr (VI) obtenu par différence vs ceux obtenu par spéciation.
- Déterminer le profil d'exposition des composés du chrome dans les milieux de travail québécois.

- Remerciements

Étudiants:

- Guillaume Blanchet-Chouinard
- Chloé Depoumps

Technicienne

- Diane Cormier

Financements:

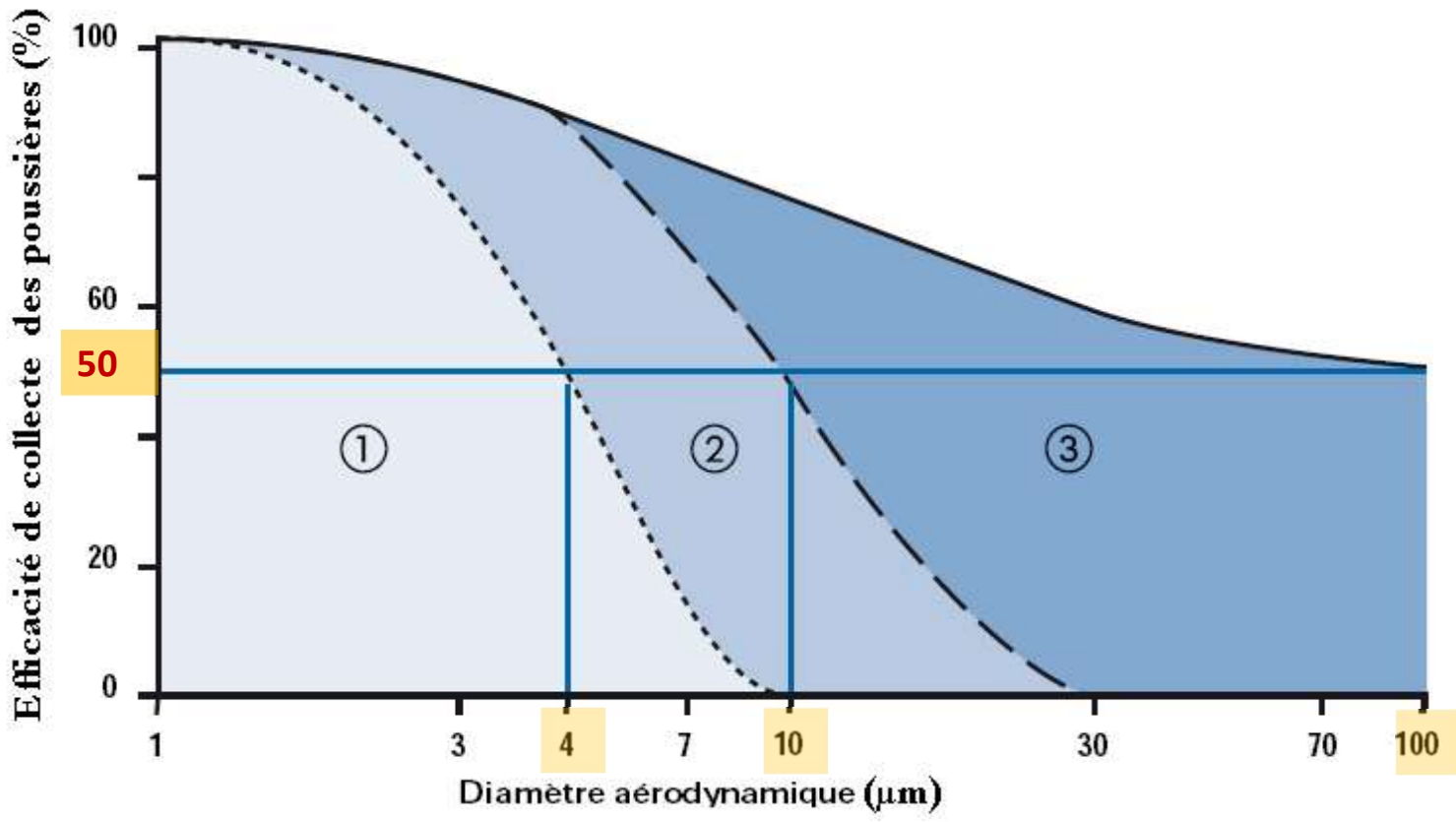
- IRSST
- WorksafeBC
- MITACS

Instrumentations:

- IRSST



- Définitions des fractions représentées par un graphique



Diamètre à 50% = diamètre de coupure

- ① Respirable (R)
- ① + ② Thoracique (T)
- ① + ② Inhalable (I)
- ③