



36<sup>e</sup>

## Congrès National de Médecine & Santé au Travail

Du 14 au 17 juin 2022  
Palais de la Musique et des  
Congrès de Strasbourg

# Enjeu des polyexpositions chimiques en milieu de travail

Atelier pré-congrès, 14 juin 2022



# Questionnaire DPC / Infirmiers et médecins

**DPC 9475220002**



## **I** Les polyexpositions en milieu professionnel : panorama et enjeux

## **II** Evaluation des risques sanitaires liés à des polyexpositions chimiques

## **III** Amélioration de la prise en compte des polyexpositions chimiques

## **IV** Conclusion

# I / Les polyexpositions en milieu professionnel : panorama et enjeux

## Contexte

Expositions professionnelles aux produits chimiques = **2<sup>ème</sup> cause de MP reconnues (après les TMS)**, avec 4015 reconnues en 2019 par les régimes général et agricole, dont 1707 cancers

**mais 1<sup>ère</sup> cause de décès d'origine professionnelle** : 230 décès en 2019

à l'origine de 5,7 % des cancers chez l'homme et 1 % chez la femme



## Contexte

- **Enquête SUMER 2017** (*Surveillance médicale des risques professionnels*)

Panorama des principaux risques professionnels (dont les risques chimiques), dans le secteur privé et la fonction publique

- 1/3 des salariés du secteur privé exposés à au moins une substance chimique la semaine précédant l'enquête
- 10 % des salariés exposés à au moins un produit cancérogène
- 15 % des salariés exposés à au moins 3 substances chimiques, dans la quasi totalité des secteurs d'activité

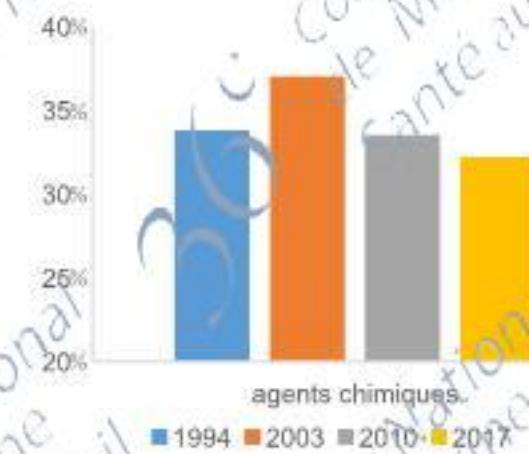
# Contexte

- **Risques chimiques en 2017**

- 1/3 des salariés du secteur privé exposés à au moins une substance chimique
  - > 58 % dans le secteur de la construction, 38 % dans l'industrie, 29 % dans le tertiaire
  - > 34 % des salariés de l'agriculture (baisse assez forte depuis 1994, -15 %)
- Ouvriers qualifiés et non qualifiés les plus exposés (61 % et 56 %)

- **Evolution du % de salariés exposés dans le secteur privé**

Après une hausse en 2003, retour au niveau de 1994



# Contexte

**10 % des salariés exposés à au moins un cancérogène**

- Niveau reste stable entre 2010 et 2017, concerne plus de 1,8 millions de salariés
- Surtout dans la construction (31 %)
- Ouvriers qualifiés (30 %)
- Attention : évolutions variables selon les substances (forte baisse pour les substances soumises à des évolutions réglementaires : perchloroéthylène, trichloroéthylène)

**15 % des salariés exposés à au moins trois substances chimiques = polyexposition**

Surtout dans la construction (~ 30 % des salariés)

Ouvriers qualifiés et non qualifiés les plus exposés (33 % et 23 %)

# Contexte

## **Plan Santé au Travail 2021-2025 (PST4),**

- Objectif 2 : Accorder une priorité aux principaux risques professionnels
  - > Action 2.1 . Prévenir l'exposition aux produits chimiques
    - Mieux connaître les expositions et les polyexpositions

## **Loi Santé au Travail, article R4412-6 du Code du travail :**

Entrée en vigueur depuis le 31 mars 2022

« Pour l'évaluation des risques, l'employeur prend en compte, notamment:  
[...] 6° En cas d'expositions simultanées ou successives à plusieurs agents chimiques, les effets combinés de l'ensemble de ces agents »

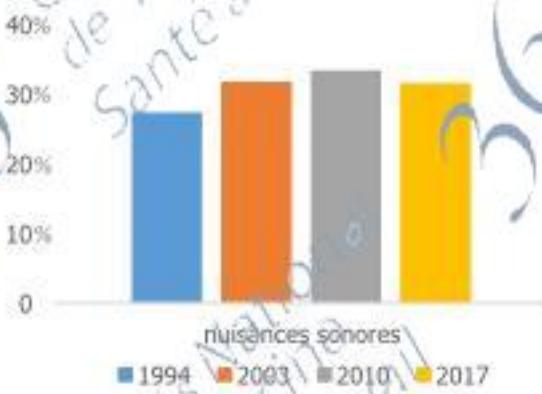
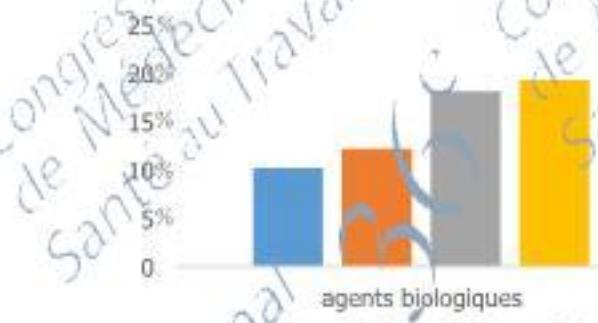
# Contexte

## Différents types de polyexpositions :

Plusieurs agents chimiques

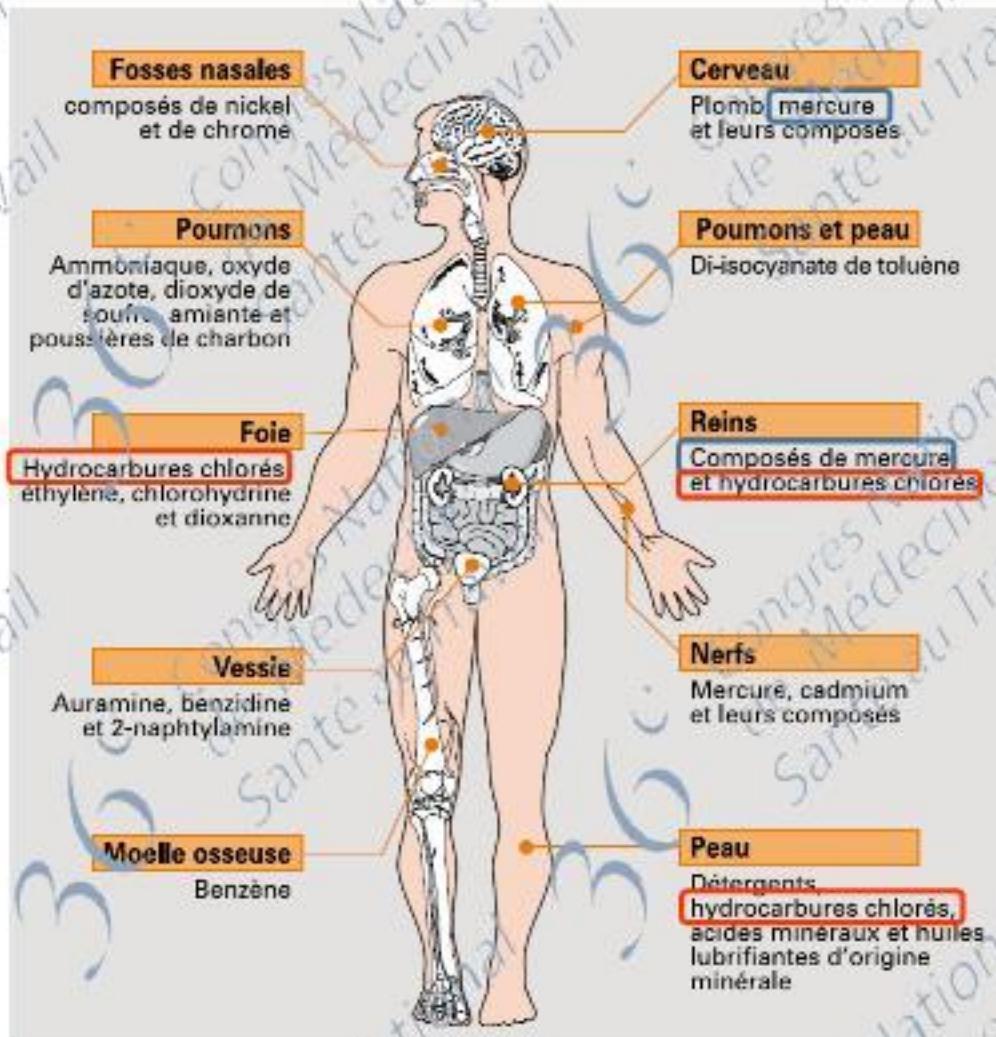
Agents chimiques, biologiques, nuisances physiques (bruit, vibration...)

En même temps ou successivement



**Présence simultanée des substances dans l'organisme**

## Quels effets sur la santé?



# Comment peut-on évaluer les effets sur la santé ?

- Études épidémiologiques (prospective, rétrospective, étude de cas...)
  - ✓ jusqu'à plusieurs années,
  - ✓ nombreux facteurs confondants possibles,
  - ✓ prise en compte difficile de plusieurs facteurs de risques,...
- Etudes toxicologiques
  - > durée étude (quelques semaines à plusieurs mois),
  - > recherche effet dose / substance du mélange étudié,
  - > nombre minimum d'animaux,
  - > nécessité de tester toutes les combinaisons possibles de concentrations et de substances du mélange...

# Polyexpositions et interactions toxicologiques

## **Expositions simultanées ou séquentielles à plusieurs substances**

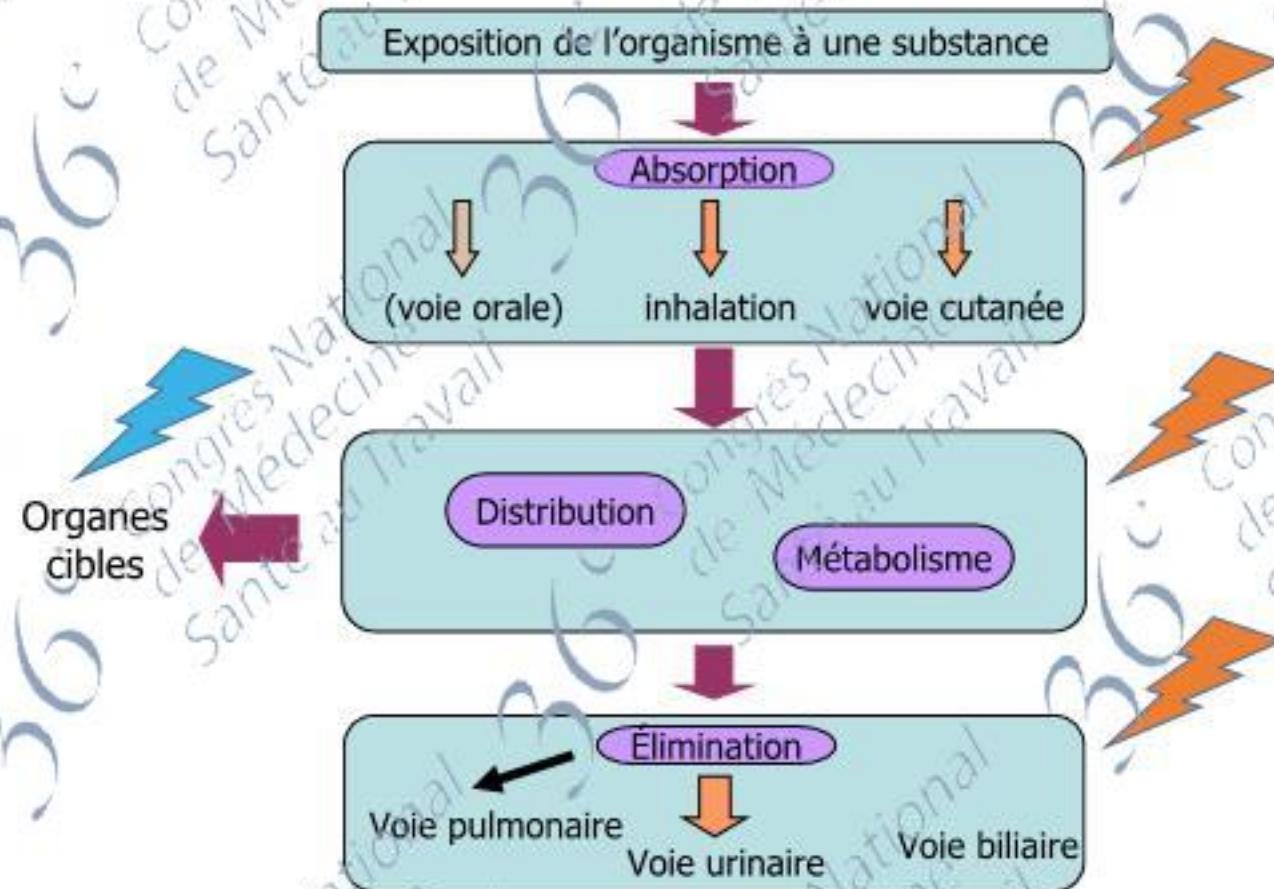
- conséquences pouvant être imprévues, différentes de la somme des effets causés par chacun des composants du mélange
- influence d'une substance sur la toxicité d'une autre substance



**Interaction de nature toxicocinétique** : modification d'une ou des étapes de l'ADME d'une substance par une autre (via réactions enzymatiques)

**Interaction de nature toxicodynamique** : modification des interactions avec la/les cibles et des effets observés (compétition site de liaison moléculaire, modification liaison au récepteur...)

# Polyexpositions et interactions toxicologiques



# Polyexpositions et interactions toxicologiques

1/ **ADDITIVITE** = absence d'interaction

Interactions toxicologiques	Modèle	Effet
Additivité	Addition	$1 + 2 = 3$ La réponse est <b>égale</b> à la somme des réponses des substances prises individuellement

**2-Butoxyéthanol**  
diminution, entre autres, des globules rouges,  
pouvant causer une anémie

Monoxyde de carbone  
fixation sur l'hémoglobine diminuant la  
quantité disponible pour le transport de l' $O_2$   
(+/- réversible)

**Mécanismes d'action toxicologique différents mais conduisant à une perturbation de la capacité de transport de l' $O_2$  = effet additif**

**L'additivité : hypothèse prise « par défaut », en l'absence de connaissance sur l'interaction**

# Polyexpositions et interactions toxicologiques

## 2/ INFRA-ADDITIVITE

interaction avantageuse : une substance diminue les effets toxiques d'une autre substance

Interactions toxicologiques	Modèle	Effet
Infra-additivité	Antagonisme	$1 + 3 = 2$ La réponse est <b>inférieure</b> à la somme des réponses des substances prises individuellement

*Ex : éthanol / méthanol*

# Polyexpositions et interactions toxicologiques

• Infra-additivité ou antagonisme



# Polyexpositions et interactions toxicologiques

## Infra-additivité ou antagonisme

➤ Méthanol et éthanol : même voie métabolique

Alcool déshydrogénase : enzyme non spécifique avec une plus grande affinité pour l'éthanol



**Diminution de la toxicité  
du méthanol**



# Polyexpositions et interactions toxicologiques

## 3/ SUPRA-ADDITION

interaction néfaste : une substance augmente les effets toxiques d'une autre substance

Interactions toxicologiques	Modèle	Effet
Supra-additivité	Potentialisation	$0 + 3 = 5$ Une substance ayant peu ou pas de toxicité augmente la réponse d'une autre substance

*Ex : solvants cétones (non hépatotoxiques) + halogénés (hépatotoxiques) : effets sur le foie exacerbés en cas de co-exposition*

Interactions toxicologiques	Modèle	Effet
Supra-additivité	Synergie	$1 + 2 = 5$ La réponse est <b>supérieure</b> à la somme des réponses des substances prises individuellement

*Ex : co-exposition solvants + bruit, les solvants augmentant les effets du bruit*

# Polyexpositions et interactions toxicologiques

## • Supra-additivité : potentialisation ( $0 + 3 = 5$ )

### > Solvants cétonés (ex. : 2-hexanone) :

- Pas d'effet sur le foie (cible principale : système nerveux)
- Inducteurs des cytochromes P450

### > Solvants halogénés (ex. : chloroforme) :

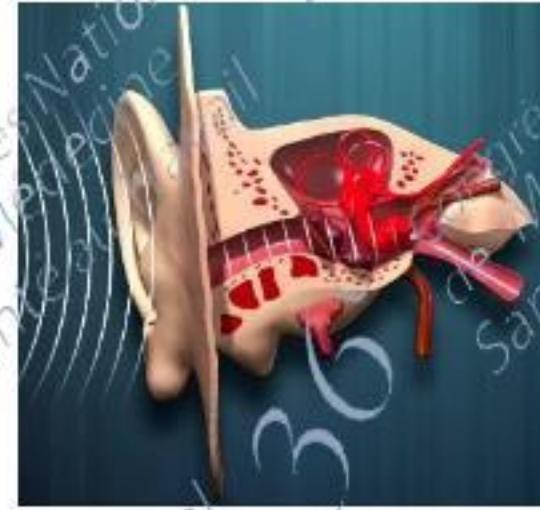
- Hépatotoxiques
- Métabolisés notamment par les cytochromes P450, conduisant à la formation de phosgène

### > Co-exposition : effets hépatiques amplifiés via induction enzymatique

## Augmentation de la toxicité

# Polyexpositions et interactions toxicologiques

- Supra-additivité : synergie ( $1 + 2 = 5$ )
  - > Co-exposition bruit + substances chimiques ototoxiques



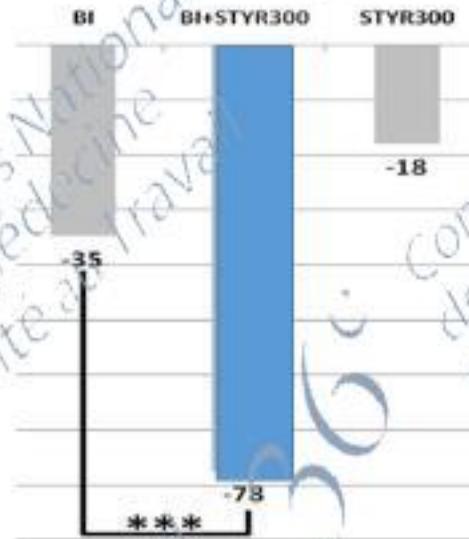
**BRUIT**  
effets en fonction de son  
intensité et sa nature

**SUBSTANCES CHIMIQUES**  
ototoxiques

# Polyexpositions et interactions toxicologiques

- Mécanismes impliqués divers (substances lipophiles ou hydrophiles)
  - médicaments : antibiotiques, anti-cancéreux
  - solvants aromatiques
  - métaux<sup>1</sup>

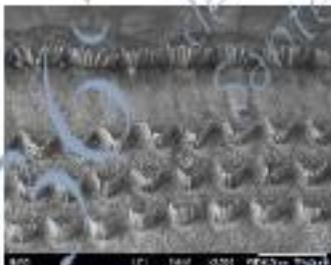
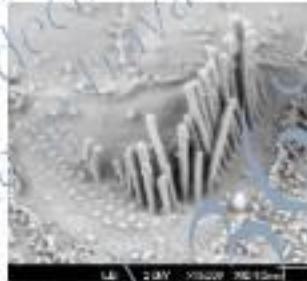
**Synergie - augmentation de  
la toxicité**



4 semaines, 6 h/jour, 300 ppm

<sup>1</sup> Laureline Coates-Verley, Ludivine Wathier et Benoit Pouyatos  
Ototoxicité des métaux  
RST n°165, INRS, 2021

# Polyexpositions et interactions toxicologiques



Dommages mécaniques (stéréocils)  
irréversibles

Fatigue auditive : partiellement  
réversible

## Constat

- Évaluation complexe des effets toxicologiques des mélanges / interactions toxicologiques
  - Coût des études (tox ou épidémio)
  - Délais d'obtention des résultats
  - Infinité de combinaisons à tester
  - Contexte réglementaire de plus en plus encadré...

**Impact des polyexpositions sur la santé des travailleurs difficile à évaluer et donc rarement pris en compte**

## **II / Evaluation des risques sanitaires liés à des polyexpositions chimiques**

# Intervenant : Laureline COATES

**Conseiller médical en santé au travail**

*Pôle Risques Toxicologiques*

*Département Études et Assistance Médicales*

**INRS**

**Mixie France**





→ Outil qui aide à évaluer les effets sur la santé d'une exposition à plusieurs substances chimiques

- Adapté au contexte réglementaire français (VLEP 8h réglementaires et indicatives)

- S'adresse à tous les préveteurs :

- Médecins du travail, intervenants en prévention des risques professionnels (IPRP), infirmiers en santé au travail, techniciens hygiène sécurité,...



- Concept créé il y a 20 ans par l'Université de Montréal et l'IRSST
- 2021 : entente tripartite entre l'INRS, l'IRSST et l'Université de Montréal
  - Doter les deux outils d'un corpus de données communes
  - Augmenter le nombre de substances présentes dans les 2 outils
  - Présence de substances entièrement révisées ou seulement mises à jour « réglementairement »

**385 substances**



- Équipe Mixie France pluridisciplinaire (toxicologues, épidémiologistes, médecins du travail, statisticien)

- Rédaction des fiches par des chercheurs : 27 toxicologues, épidémiologistes ou médecins du travail
- 1<sup>ère</sup> relecture globale des fiches
- Discussions et validation au sein du groupe Mixie
- Mise en ligne

- Fiches provenant de l'IRSST/Université de Montréal

- Discussions avec les experts canadiens
- Mise en ligne

# Fonctionnement



Hypothèse : additivité des effets



# 24 classes d'effets

- Atteintes oculaires
- Atteintes des voies respiratoires supérieures
- Atteintes des voies respiratoires inférieures
- Perturbation du transport de l'oxygène
- Atteintes du système hématopoïétique
- Acidose métabolique
- Stimulation du métabolisme basal
- Perturbateur endocrinien
- Atteintes du système immunitaire
- Atteintes hépatiques
- Atteintes de la rate
- Atteintes rénales et de l'appareil urinaire

- Atteintes cardiovasculaires
- Atteintes du système nerveux autonome
- Atteintes du système nerveux central
- Atteintes du système nerveux périphérique
- Atteintes du système auditif
- Atteintes osseuses et dentaires
- Atteintes cutanées
- Atteintes du système reproducteur masculin
- Atteintes du système reproducteur féminin
- Atteintes sur le développement du fœtus, de l'embryon et/ou de l'enfant
- Effets cancérogènes et/ou mutagènes
- Sensibilisants



# 24 classes d'effets

- Atteintes oculaires
- Atteintes des voies respiratoires supérieures
- Atteintes des voies respiratoires inférieures
- Perturbation du transport de l'oxygène
- Atteintes du système hématopoïétique
- Acidose métabolique
- Stimulation du métabolisme basal
- Perturbateur endocrinien
- Atteintes du système immunitaire
- Atteintes hépatiques
- Atteintes de la rate
- Atteintes rénales et de l'appareil urinaire



## Effets associés

- Cataracte
- Irritation des yeux
- Atteinte de la cornée
- Autres atteintes oculaires
- Atteintes osseuses et dentaires
- Atteintes cutanées
- Atteintes du système reproducteur masculin
- Atteintes du système reproducteur féminin
- Atteintes sur le développement du fœtus, de l'embryon et/ou de l'enfant
- Effets cancérogènes et/ou mutagènes
- Sensibilisants

# Fonctionnement



Substance 1

Substance 2

Substance 3

Classes d'effets

Classes d'effets

Classes d'effets

# Fonctionnement



Substance 1

Substance 2

Substance 3

Classes d'effets

Classes d'effets

Classes d'effets

Identification des classes d'effets communes

# Fonctionnement



Substance 1

Substance 2

Substance 3

Classes d'effets

Classes d'effets

Classes d'effets

Identification des classes d'effets communes

**Utilisation qualitative**

# Fonctionnement



Substance 1

Substance 2

Substance 3

Classes d'effets

Classes d'effets

Classes d'effets

Identification des classes d'effets communes

Calcul de l'indice d'exposition à effets additionnels (IAE)

$$\text{IAE} = (C_1/\text{VL}_1) + (C_2/\text{VL}_2) + (C_3/\text{VL}_3)$$

**Utilisation qualitative**

# Fonctionnement



Substance 1

Substance 2

Substance 3

Classes d'effets

Classes d'effets

Classes d'effets

Identification des classes d'effets communes

Calcul de l'indice d'exposition à effets additionnels (IAE)

$$\text{IAE} = (C_1/\text{VL}_1) + (C_2/\text{VL}_2) + (C_3/\text{VL}_3)$$

**Utilisation qualitative**

**Utilisation quantitative**

## Cas particuliers

- Pour certaines classes d'effets, Mixie n'applique pas l'additivité :
  - Effets CMR
  - Sensibilisants
  - Perturbateurs endocriniens
- Message d'avertissement pour inciter l'utilisateur à réduire l'exposition à cette substance au niveau le plus bas possible

Classe atteintes sur le système auditif : additivité + message d'alerte

**Guide d'utilisation de MiXie France (NST 358) de 2020  
(mise à jour été 2022)**



# Mise à jour du guide d'utilisation en 2022

- Perturbateur endocrinien
  - En réflexion
- Meilleure prise en compte de la réalité de l'exposition professionnelle : études menées avec des substances sous forme liquide ou pour des concentrations supérieures aux limites de MiXie pas forcément retenues, même en présence d'une classification CLP pour ces effets (irritation cutanée, oculaire ou des voies respiratoires supérieures)
- Cancers : classification complétée

**À venir : modifications des classes activées pour les substances concernées par ces changements**

# Exemple d'utilisation quantitative

<http://www.inrs-mixie.fr>

The screenshot shows the INRS-Mixie website's "Publications et outils" (Publications and tools) section. The page has a dark header with links for "Poser une question à l'INRS", "Espace Presse", "Toute notre info", "Fila RSS", and "Ma sélection". Below the header is a search bar with the placeholder "Rechercher sur le site" and an "OK" button. The main content area is divided into three columns:

- Affiches et autocollants**: Includes links to "Hygiène et sécurité du travail - HST", "Références en santé au travail - RST", "Travail & Sécurité - TS", and "Lettres d'information thématiques".
- Bases de données**: Includes links to "Télessuivi des maladies professionnelles", "Biotox", "Fiches toxicologiques", "Nexxpol - Méta-suivi des polluants", "Solvants", "Ébats", "Dentier", and "Toutes les bases de données".
- Outils (feuilles de calcul, logiciels...)**: Includes links to "Bât et travail", "Médecins", "Ateliers", "Ma France", "Solrich", "Maxiplant", "Outil faire le point RPS", and "Collections juridiques".

# Activités de soin et de décoration de l'ongle



Vernis, durcisseurs, dissolvants, produits pour ongles artificiels

## Soin et décoration de l'ongle

- Ethanol
- Acétone
- Acétyl n-butyle
- Acétyl d'éthyle
- Méthanol
- Toluène
- Acétonitrile
- Méthyléthylcétonate
- Cyclohexane
- Acrylate de n-butyle
- ...

**INRS** Santé et sécurité au travail

INRS | Actualités | Démarches de prévention | Risques | Métiers et secteurs d'activité | Services aux entreprises | Publications et outils

Accueil > Publications et outils > Outils > MiXie France > Calculateur

## MiXie France

MiXie France est un outil simple et facile à utiliser qui permet, à partir de données de mesure, d'évaluer le potentiel additif ou non des substances chimiques et de situer les niveaux d'exposition cumulés par rapport aux valeurs-limites d'exposition professionnelle (VLEP).

### Saisie des substances

N°	Substance	Valeur limite	Concentration	IE
Pour commencer à utiliser l'outil, ajoutez une substance				

+ Ajouter une substance

Rechercher sur le site... OK

## Mixie France

Mixie France est un outil simple et facile à utiliser qui permet, à partir de données de mesure, d'évaluer le potentiel additif ou non des substances chimiques et de situer les niveaux d'exposition cumulés par rapport aux valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP).

### Saisie des substances

N°	Substance	Valeur limite	Concentration	IE	
S1	Alcool éthylique 64-17-5	0 VLEP-8h : 1900 mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	?	
S2	Acétone 67-64-1	0 VLEP-8h : 1210 mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	?	

Ajouter une substance

Recherche par nom chimique ou numéro CAS

ex. dichloro, n-propylque, 123-91-1

ou

Liste des substances

Analyser ce mélange

Annuler

Valider

# Etape 1/ sélection des substances – analyse quantitative

## Saisie des substances

N°	Substance	Valeur limite	Concentration	IE
S1	Alcool éthylique 64-17-5	VLEP-8h : 1900 mg/m <sup>3</sup>	400 mg/m <sup>3</sup>	21%
S2	Acéone 67-64-1	VLEP-8h : 1210 mg/m <sup>3</sup>	250 mg/m <sup>3</sup>	21%
S3	Acétate de n-butyle 123-86-4	VLEP-8h : 241 mg/m <sup>3</sup>	100 mg/m <sup>3</sup>	41%
S4	Acéate d'éthyle 141-78-6	VLEP-8h : 734 mg/m <sup>3</sup>	60 mg/m <sup>3</sup>	7%
S5	Méthanol 67-55-6	VLEP-8h : 260 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>	19%
S6	Toluène 109-88-3	VLEP-8h : 76.8 mg/m <sup>3</sup>	30 mg/m <sup>3</sup>	39%
S7	Acetonitrile 75-05-8	VLEP-8h : 70 mg/m <sup>3</sup>	15 mg/m <sup>3</sup>	21%
S8	Méthyléthylcétone 78-93-3	VLEP-8h : 600 mg/m <sup>3</sup>	100 mg/m <sup>3</sup>	17%
S9	Cyclohexane 110-82-7	VLEP-8h : 700 mg/m <sup>3</sup>	175 mg/m <sup>3</sup>	25%
S10	Acrylate de n-butyle 141-32-2	VLEP-8h : 11 mg/m <sup>3</sup>	4 mg/m <sup>3</sup>	36%

+ Ajouter une substance

Analyser ce mélange

# Etape 1/ sélection des substances – analyse quantitative

## Analyse de la situation de travail

Attention, le mélange contient au moins une substance associée à la classe "Atteintes sur le développement".

MIXIE n'applique pas l'additivité pour cette classe. Il convient d'éviter les expositions aux substances associées à ces effets ou, à défaut, de les réduire au plus bas niveau possible. Une attention particulière doit être portée aux femmes enceintes ou désireuses de débuter une grossesse ou qui allaitent. Cf « **Reproduction** ».

Attention, le mélange contient au moins une substance associée à la classe "Sensibilisants".

MIXIE n'applique pas l'additivité pour cette classe. Il convient d'éviter les expositions aux substances associées à ces effets ou, à défaut, de les réduire au plus bas niveau possible. Cf « **L'esthme professionnel** » - **fiches allergologie professionnelle** ».

La situation de travail est potentiellement à risque vis-à-vis des multi-expositions, en considérant les hypothèses de MIXIE.

Il y a une ou plusieurs classes toxicologiques pour lesquelles l'indice d'exposition à effets additionnels IAE est supérieur à 100 %. Nous vous conseillons de réduire les expositions aux substances concernées.

Le mélange contient au moins une substance associée à la classe "Atteintes du système auditif".

Certaines substances chimiques peuvent rendre l'oreille interne plus vulnérable au bruit. Leur présence dans un mélange, même si l'IAE est inférieur à 100 %, est susceptible de générer un risque pour l'audition en cas d'exposition au bruit. Cf « **Dossier bruit** ».

## Etape 3/ tableau résultats

**Analyse du mélange**

Mode d'affichage des résultats :  SYNTHÉTIQUE  COMPLET

Classe d'effets toxiques	IAE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Altérités sur le développement du foetus, de l'embryon et/ou du Fœtus	N.A.					19%	39%		17%		
Sensibilisants	N.A.										36%
Altérités du système nerveux central	190%	21%	21%	41%	7%	19%	39%		17%	29%	
Altérités oculaires	104%	21%	21%	41%	7%	13%			21%	17%	
Altérités des voies respiratoires supérieures	147%	21%		41%	7%				17%	29%	36%
Altérités cutanées	100%						39%		29%	36%	
Altérités du système auditif	39%						39%				
Altérités des voies respiratoires inférieures	21%						21%				
Perurbation du transport de l'oxygène	21%							21%			
Altérités du système nerveux périphérique	21%	21%									

# Informations sur les substances

## Méthyléthylcétone

Sous substance revue par les experts de l'INRS, 2021.

Mise à jour : 28 juin 2021

- Généralités
- Classifications
- Toxicocinétique et métabolites

- Effets toxiques
- Bibliographie

### Généralités

### Identification

N° CAS

Synonymes

78-93-3

- Butanone
- 2-Butanone
- MEK

Fiches associées dans les autres bases de données

FicheTox

Métropol

Biotox

DEMETER

- Diméthyl éthanone ou Méthyléthylcétone
- Butanone M-106
- Butanone M-191
- Butanone
- <http://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/bdd-demeter/DEM-044/DEM%20044.pdf>

## Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)

### Nature

réglamentaire contraignante

### VLEP-8h

- 600 mg/m<sup>3</sup>
- 200 ppm

- 900 mg/m<sup>3</sup>
- 300 ppm

Peau

### VLEP-15mn

### Mentions

## Classifications

### Mentions de danger CLP

EUH065 ; H225 ; H319 ; H336

### DFG

Reprotoxique : C

# Informations sur les substances

## Toxicocinétique et métabolites

### Éléments de toxicocinétique

Chez l'Homme, la 2-butanone (ou méthyléthylcétone) pénètre rapidement dans l'organisme surtout par voie pulmonaire (70 % du produit inhalé sont absorbés chez le travailleur en 4 h) mais aussi par voie cutanée de façon non négligeable (environ 3 %). Une faible partie est éliminée sous forme inchangée dans l'air expiré (3 %) avec des demi-vies de 30 et 81 minutes et dans les urines (moins de 1 %). Le métabolisme de la 2-butanone est saturable à partir de 50 à 100 ppm. Les métabolites sont rapidement éliminés dans les urines par diffusion simple (environ 2 % sous forme de 2,3-butanediol) avec une demi-vie d'élimination d'environ 3-4 heures. L'excrétion urinaire atteint un plateau en fin de poste. La demi-vie d'élimination de la 2-butanone urinaire est de l'ordre de 4 heures. Elle ne s'accumule pas dans l'organisme (BIOTOX 2020).

Animal : La MEK ne s'accumule pas de manière significative chez le rat (20, 200 ou 1400 ppm pendant 1 mois) : les concentrations sanguines sont similaires après des périodes d'inhalation de six heures ou d'un mois, et les concentrations cérébrales n'augmentent que légèrement après un mois d'exposition (Cosnier et al 2018).

### Métabolites

La 2-butanone est métabolisée principalement par oxydation pour donner de la 3-hydroxy-2-butanone (qui forme du 2,3-butanediol), mais aussi par réduction du 2-butanol (BIOTOX 2020, Cosnier et al 2018).

CLASSE TOXICOLOGIQUE	EFFET TOXIQUE	CONDITIONS EXPÉIMENTALES
Atteintes des voies respiratoires supérieures	Irritation des voies respiratoires supérieures	Nelson 1944 En général, malgré une variabilité interindividuelle, des signes d'irritation légers au niveau du nez et de la gorge déboulent à 100 ppm pour 3 à 5 minutes d'exposition.
Atteintes du système nerveux central	Dépression du système nerveux central	CLP H336  Cette classe est retenue du fait de la classification H336 de la MEK. Toutefois, il faut noter que cette dépression du SNC n'est susceptible d'apparaître qu'à la suite d'une exposition courte à de très fortes concentrations.
Atteintes oculaires	Irritation des yeux	CLP H319  Grant 1922 (cité dans FT 14, 2020) Chez l'homme, signes d'irritation oculaire modérée rapportés à 350 ppm.
Atteintes sur le développement du fœtus, de l'embryon et/ou de l'enfant	Atteinte fœtale	Sailletant et al 2006 - Rats, exposés à 0, 1000, 2000, 4000 ou 6000 ppm de MEK, 6 heures / jour, Jours de gestation 6 à 20

## Etape 3/ tableau résultats

### Analyse du mélange

Mode d'affichage des résultats :  SYNTHÉTIQUE  COMPLET

Classe d'effets toxiques	IAE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Altérités sur le développement du foetus, de l'embryon et/ou du Fœtus	N.A.					19%	39%		17%		
Sensibilisants	N.A.										36%
Altérités du système nerveux central	100%	21%	21%	41%	7%	19%	39%		17%	29%	
Altérités oculaires	104%	21%	21%	41%	7%	13%		21%	17%		36%
Altérités des voies respiratoires supérieures	147%	21%		41%	7%				17%	29%	36%
Altérités cutanées	100%						39%		29%	36%	
Altérités du système auditif	39%						39%				
Altérités des voies respiratoires inférieures	21%						21%				
Perurbation du transport de l'oxygène	21%							21%			
Altérités du système nerveux périphérique	21%	21%									

# Substances activant les classes d'effets

## Atteintes du système nerveux central

Cette classe regroupe les effets sur le système nerveux regroupant l'encéphale et la moelle épinière.

### Effets associés

- Autres atteintes du système nerveux central
- Convulsions
- Dépression du système nerveux central

### Substances associées

- $\epsilon$ -Caprolactame (vapeur)
- $\gamma$ -HCH (Lindane)
- 1,1,1,2-Tétrachlorodifluoroéthane
- 1,1,2,2-Tétrachlorodifluoroéthane
- 1,1,2-Trichlorotrifluoroéthane (F 113)
- 1,1-Diméthylhydrazine
- 1,2-Dichloroéthane
- 1-Méthoxy-2-propanol
- 2,4-D
- 2-Amino-pyridine
- 2-Chloro-1,3-butadiène
- 2-Diéthylaminoéthanol
- 2-Hexanone
- 2-Méthoxyéthanol
- 2-Méthylcyclohexanone

(...)

# Bilan

## **Approche mono-substance**

Pour chaque substance  
cc < VLEP

**Pas de dépassement**

## **Approche multi-substances**



Activation de 4 classes d'effet  
IAE > 100 %  
+ 2 classes d'alerte



**Risques  
pour la santé des salariés exposés**

## Quizz interactif 1/2

Application du congrès / interactivité

# Prise en compte des polyexpositions en Amérique du Nord

# Intervenant : Philippe Sarazin

**Chercheur, IRSST, Montréal, QC, Canada**

M. Sc. Biochimie et biologie moléculaire; Ph. D. Santé publique - option Toxicologie et analyse du risque

- Études doctorales à l'Université de Montréal
- Superviseur: Pr Jérôme Lavoué
- Titre du projet : Caractérisation des mesures d'exposition recueillies par l'agence fédérale américaine OSHA pour l'estimation des expositions professionnelles en Amérique du Nord

# Rôle à l'IRSST

Membre de l'équipe « Prévention des risques chimiques et biologiques » de l'IRSST depuis 2009 (chercheur depuis 2016)

Responsable de la programmation de recherche en Science de l'évaluation de l'exposition:

- Évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques
- Modélisation de l'exposition
- Hygiène du travail
- Analyse du risque chimique

➔ Evaluation et caractérisation de l'exposition aux fumées et leurs composantes métalliques lors d'activités de soudage au Québec

Michèle Bouchard et Naïma El Majidi / Université de Montréal  
Philippe Sarazin et Loïc Wingert / IRSST

➔ Portrait de situations de multiexposition en milieu de travail au Québec à partir de banques de données d'exposition professionnelle

Maximilien Jérôme Lavoué et Vikki Ho, Université de Montréal ; Philippe Sarazin et France Labrèche, IRSST

# Publications récentes

Journal of Exposure Science and Health, 2022, 1-12  
doi:10.1080/jexsph.2021.109336  
Original Article

**Occupational Co-exposures to Multiple Chemical Agents from Workplace Measurements by the US Occupational Safety and Health Administration**

Delphine Bosson-Rieutort<sup>1,2</sup>, Philippe Sarazin<sup>2</sup>, Dominique J. Bicout<sup>2</sup>,  
Vikki Ho<sup>1,3</sup> and Jérôme Lavoué<sup>1,2,4,5,6</sup>

➤ Situations de multiexposition aux États-Unis à partir des données d'OSHA → preuve de concept

➤ Multiexposition pour 31 % des 125 000 situations de travail

International Journal of Environmental Research and Public Health  
Case report

**Mixie, a web tool to improve the health assessment of workers exposed to several chemical substances**

Bénédicte La Rocca<sup>1</sup> and Philippe Sarazin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Toxicology and Biostatistics department, French National Research and Safety Institute for the Prevention of Occupational Accidents and Disease (INRS), 1 rue du Montet, 54200 Vandœuvre-lès-Nancy, France; benedicte.larocca@inrs.fr  
<sup>2</sup> Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRST), 385 Boulevard de Maisonneuve Ouest, Montréal, QC H3A 3C2, Canada; philippe.sarazin@IRST.ca

➤ Outil permettant d'évaluer le risque dans des situations de multiexposition

# De la visibilité en France: revue HST de l'INRS



Dossier

## POLYEXPOSITIONS CHIMIQUES MASSIVES ET DIFFUSES: UNE RÉALITÉ MÉCONNUE

### ❶ Polyexpositions chimiques massives et diffuses: de quoi parle-t-on?

p. 32

### ❷ Des retardateurs de flamme dans les filières de traitement des DEEE

p. 34

### ❸ Recyclage des piles et accumulateurs portables: biométrieologie des expositions aux métaux

p. 42

### ❹ Compostage et méthanisation des déchets: une polyexposition à prendre en compte

p. 51

### ❺ Les sites et usages pollués des terrains propres à la polyexposition chimique

p. 61

### ❻ Commerces et entrepôts de stockage: une pollution variable selon les produits

p. 67

### ❼ Des outils pour évaluer les polyexpositions

p. 72

### ❽ La toxicologie expérimentale à l'épreuve des polyexpositions

p. 80

### ❾ La méthode « screening »: une aide au diagnostic et à l'évaluation de la polyexposition aux composés organiques volatils

p. 80

## L'édition de...

PHILIPPE SARAZIN, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) du Québec, Montréal (Canada)



L'environnement professionnel est une importante source d'exposition aux agents chimiques nocifs pour les travailleurs. Une fraction importante de ces situations peut s'expliquer à des concentrations pour lesquelles plusieurs agents sont en contact avec le travailleur, à l'intérieur d'une même entreprise permettant leur action combinée, et donc les conséquences sur la santé peuvent être importantes. Il est vrai que les risques sur la santé peuvent être importants dans l'environnement de travail. Ces approches sont cependant plus pertinentes que le principe des précautions professionnelles individuelles tenus à distance avec ce qu'il faut faire au cours de la carrière, ce qui conduit les travailleurs à être constamment exposés à des substances chimiques arrivant de différentes sources, sur plusieurs années. Des recommandations sont nécessaires pour plusieurs raisons: 1) l'adoption du Risque (RDCR) propose une approche pour l'estimation de la polyexposition chez l'humain dépourvu de l'exposition à des substances. Une approche similaire a été adoptée dans la loi sur la santé et le sécurité du travail du Québec; 2) il existe des agents chimiques dont certains ou presque de drogues et qui ont une forte utilisation sur les marchés domestiques et internationaux, les effets de ces agents sont considérés comme utilisés. Il existe quelques cas d'abus ou d'abus intentionnel.

Plusieurs recherches reconnaissent l'importance de l'amélioration des connaissances sur ce sujet. L'IRSST s'intéresse à ce thème dans sa période 2018-2022 pour ses programmes thématiques sur les politiques sur les conditions de travail.

<https://www.inrs.fr/rmedia.html?ref=INRS-DG%2031>

# La réglementation en Amérique du Nord

- L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®) est l'organisme qui tient le haut du pavé:
  - Organisme non-gouvernemental
  - Valeurs limites d'exposition (TLV, threshold limit values) depuis 1942
  - TLV Booklet (non disponible en ligne)
  - Produits chimiques dans l'air (TLV-TWA, TLV-STEL, TLV-ceiling)
  - Indices biologiques d'exposition
  - Agents physiques
  - Documentation de référence : Documentation on TLV's
  - Sert de base à la réglementation dans de nombreux pays → **dont le Québec**



Proposait dès 1962 une procédure de décision sur le respect des valeurs limites d'exposition considérant le principe d'additivité des effets toxiques

# La réglementation en Amérique du Nord

- L'analyse de risque s'est traditionnellement concentrée sur un traitement individuel des agresseurs environnementaux (U.S Environmental Protection Agency, 2003);
- Avec une gestion des risques visant progressivement plutôt les populations et l'ensemble des agresseurs auxquels elles sont exposées, les analyses multi-agresseurs se sont développées dans les années 1980-1990s;
- Depuis les années 2000, de nombreux cadres formels détaillés ont été proposés par de grandes agences comme l'U.S Environmental Protection Agency (EPA) et l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR);
- Les guides de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) et de l'ATSDR préconisent en première approche de considérer tous les agents agissant sur le même organe cible comme ayant possiblement des effets additifs.



## La réglementation au Québec (RSST)

Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) découle directement de la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) et s'applique au Québec.

- Il définit les normes minimales quant à l'environnement de travail et à l'exécution sécuritaire des travaux, et ce, en vue d'assurer la santé et la sécurité des travailleurs.

Annexe I : Valeurs d'exposition admissibles de gaz, poussières, fumées, vapeurs ou brouillards dans le milieu de travail et Valeurs d'exposition admissibles des contaminants de l'air.

# La réglementation au Québec (RSST)

- Ce qui est prescrit dans le RSST:

« lorsque deux ou plusieurs substances sont présentes au poste de travail, et qu'elles ont des effets similaires sur les mêmes organes du corps humain, les effets de ces substances sont considérés comme additifs, à moins qu'il en soit établi autrement »

- Cette approche accentue toutefois la complexité d'analyse puisqu'elle nécessite d'établir les effets toxiques pour chaque agent du mélange;

C'est à partir de cet enjeu que l'IRSST et l'Université de Montréal (UdeM) ont développé MiXie afin de soutenir les préventeurs dans l'évaluation des risques pour la santé des travailleurs dans des situations de multiexposition;

- Préventeurs au QC : médecins du travail, intervenants en prévention des risques professionnels (IPRP), infirmiers en santé au travail, hygiénistes du travail.

# La réalité des intervenants en SST au Québec

Processus d'enregistrement des résultats d'exposition dans l'air



# La réalité des intervenants en SST au Québec

Processus d'enregistrement des résultats d'exposition dans l'air



Prélèvements



Préveniteur SST

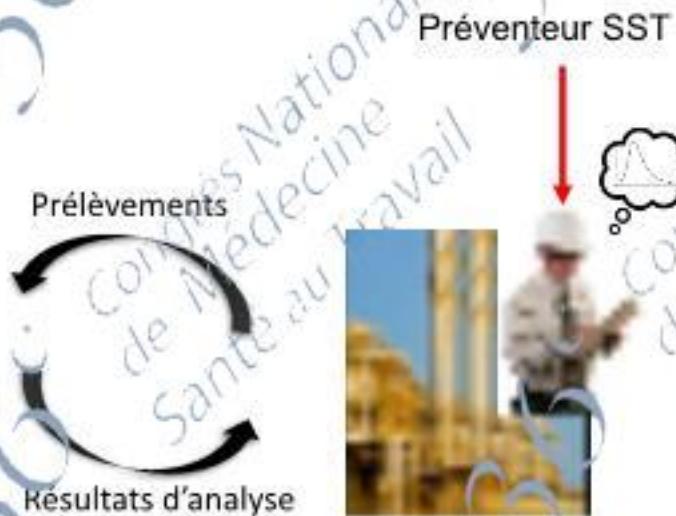
# La réalité des intervenants en SST au Québec

Processus d'enregistrement des résultats d'exposition dans l'air



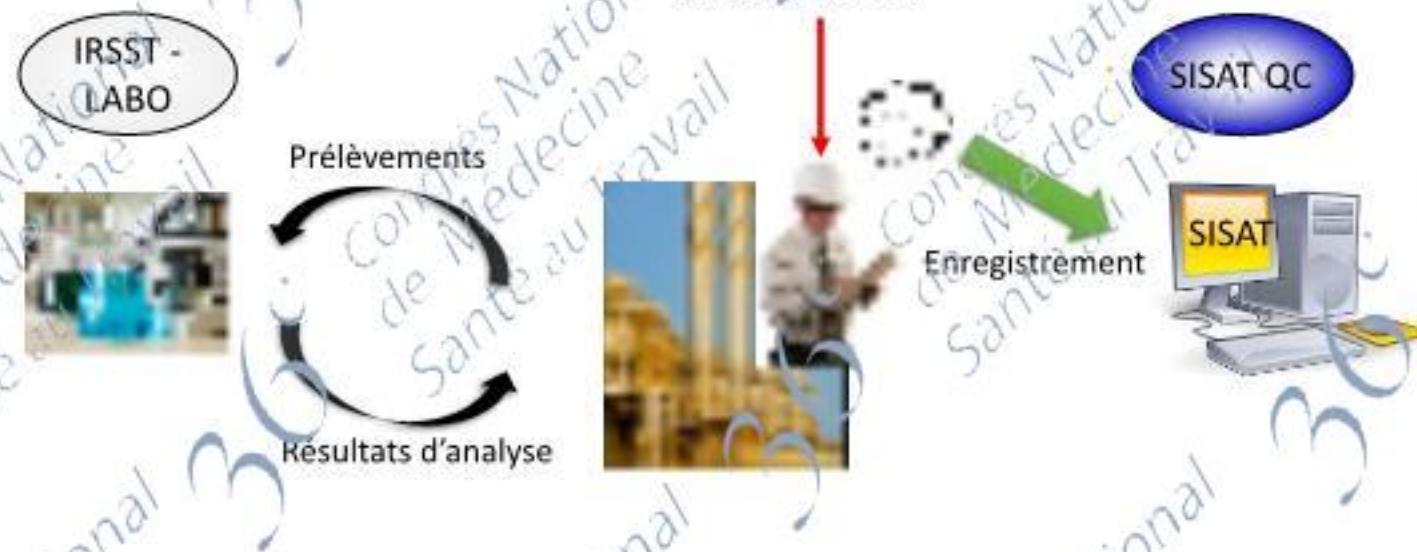
# La réalité des intervenants en SST au Québec

Processus d'enregistrement des résultats d'exposition dans l'air



# La réalité des intervenants en SST au Québec

Processus d'enregistrement des résultats d'exposition dans l'air



## Le calcul automatique de l'IAE dans le SISAT

Rm	Agresseur	Valeur d'exposition	Norme RSST	Indice RSST	Valeur de référence	Descriptif
<b>Peintre - Classe 1 - Atteinte oculaire</b>						
	Méthyl éthyl cétone (butanone-2) (MEK)	1,2279 mg/m <sup>3</sup>	150 mg/m <sup>3</sup>	0,008	VEMP	
	Toluène (toluol)	1,4804 mg/m <sup>3</sup>	188 mg/m <sup>3</sup>	0,008	VEMP	
	Triméthylbenzène	3,5002 mg/m <sup>3</sup>	123 mg/m <sup>3</sup>	0,028	VEMP	
	Xylène (isomères o, m, p) (diméthylbenzène)	5,442 mg/m <sup>3</sup>	434 mg/m <sup>3</sup>	0,013	VEMP	
<b>Peintre - Classe 2 - Irritation des voies respiratoires supérieures</b>						
	Méthyl éthyl cétone (butanone-2) (MEK)	1,2279 mg/m <sup>3</sup>	150 mg/m <sup>3</sup>	0,008	VEMP	
	Toluène (toluol)	1,4804 mg/m <sup>3</sup>	188 mg/m <sup>3</sup>	0,008	VEMP	
	Triméthylbenzène	3,5002 mg/m <sup>3</sup>	123 mg/m <sup>3</sup>	0,028	VEMP	
	Xylène (isomères o, m, p) (diméthylbenzène)	5,442 mg/m <sup>3</sup>	434 mg/m <sup>3</sup>	0,013	VEMP	

# La réalité des intervenants en SST au Québec

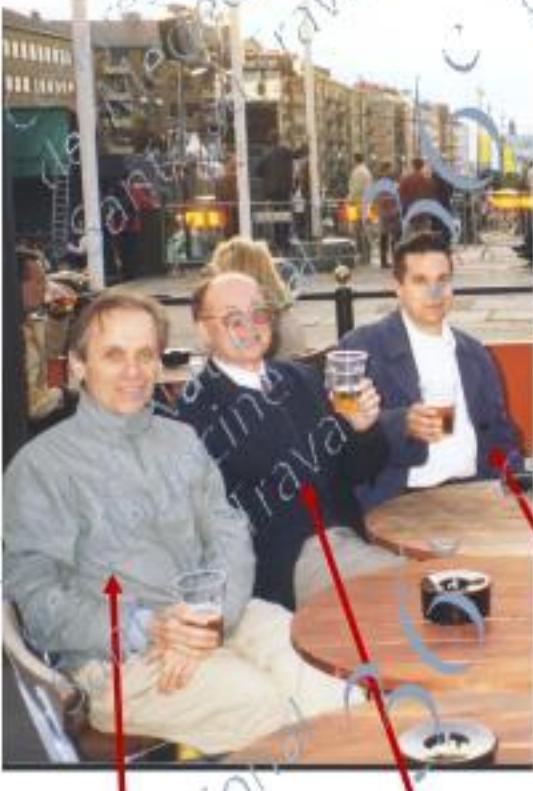
- Donc, au final, la prise en compte de la polyexposition est prescrite dans le RSST au QC mais peu d'outils sont disponibles pour soutenir les préventeurs...

**Etat des lieux similaires dans le reste du Canada et aux États-Unis.**

# Historique de MiXie



# 1998 : un premier projet de recherche



Michel Gérin

Ada Vyskocil



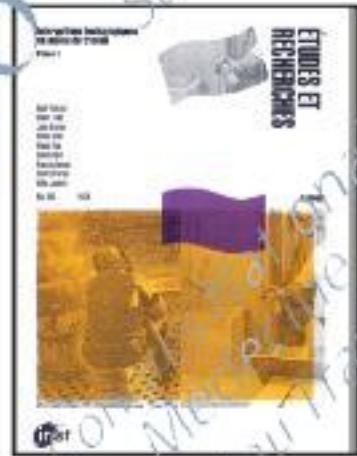
Jérôme Lavoué

Dans l'ordre habituel, Michel Gérin, directeur du DSEST depuis 2002, Jules Brodeur, directeur de 1976 à 1986, et Claude Viau, directeur de 1994 à 2002. Photo prise en 1990, dans les laboratoires du département.

# 1998 : un premier projet de recherche

- **Interactions toxicologiques en milieu de travail**

- Recenser les organes cibles des substances chimiques prises individuellement, de même que les effets des substances sur ces organes;
- Réaliser une analyse critique de l'information portant sur des interactions pour les différents mélanges possibles;
- Présenter l'ensemble de l'information sous forme de fiches rassemblées dans une base de données;
- Rendre la base de données disponible sur Internet pour en permettre l'accès au plus grand nombre d'utilisateurs possible.



## Historique de MiXie



## 2001 : mise en ligne de Mixie QC

- Logiciel retenu pour construire les fiches toxicologiques des substances : Microsoft Access version 97;
- Application MiXie créée avec le langage JavaScript : consiste essentiellement en une série de pages HTML;
- Valide avec le logiciel de navigation Internet Explorer (version 4 ou ultérieure) ;
- ~600 substances du Règlement québécois.
- Recommandation initiale des auteurs : « *Nous recommandons de faire les mises à jour toxicologiques une fois par an. Nous prévoyons un coût annuel récurrent pour cette mise à jour équivalant à un mois de salaire d'un agent de recherche par année.* »

## Les premières images de MiXie en 2001...

DOIRQMT\Version3\Interactions\htm\recherche.htm - Microsoft Internet Explorer

Fichier Édition Affichage Favoris Quits ?  
Liens : Adresse : DOIRQMT\Version3\Interactions\htm\recherche.htm

# Produit	VE Admissible	VE mesurée	VE / VEA (%)
A Toluène	UEHP : 277 mg/m <sup>3</sup>	285	100,38%
B Hexane normal	UEHP : 176 mg/m <sup>3</sup>	159	90,31%
C Acétate d'éthyle	UEHP : 1440 mg/m <sup>3</sup>	285	100,31%
D Acétone sélect			
E Acétone sélect			
F Acétone sélect			
G Acétone sélect			
H Acétone sélect			

Calculer

Produits

[A] = {C1, C2, C19, C30}

Toluène  
UEHP : 277 mg/m<sup>3</sup>  
Exposition mesurée(%) : 100,38%

[B] = {C20, C27}

Hexane normal  
UEHP : 176 mg/m<sup>3</sup>  
Exposition mesurée(%) : 90,31%

[C] = {C1, C2}

Acétate d'éthyle  
UEHP : 1440 mg/m<sup>3</sup>  
Exposition mesurée(%) : 100,31%

Combinaisons possibles

[A & [C]] = {C1, C2}

Exposition calculée : 100,38% [ 100,38% / 100,31% ]

## Historique de MiXie



# Historique de MiXie

Une  
première  
collaboration  
avec  
l'Europe

1998

2001

2005

2009

2013

2017

2021

## 2009 : une première collaboration avec l'Europe

- Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET)  
➔ maintenant Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)
- Objectifs:
  - disposer d'un utilitaire similaire à MiXie QC à l'usage des professionnels en santé et sécurité au travail en France
  - mises à jour pour environ 140 substances
  - VLEP francaises

# Historique de MiXie



# Historique de MiXie

1998

2001

2005

2009

2013

2017

2021

Refonte  
technique  
de  
MiXie FR

# Historique de MiXie



# 2021 : entente tripartite IRSST – INRS - UdeM



Chaque partie s'engage à élaborer des fiches toxicologiques MiXie, suivant un format et une méthodologie d'évaluation communes

- Validation collégiale des classes toxicologiques retenues en comité tripartite
- Établissement d'une liste des substances à évaluer chaque année
- Se doter d'un corpus commun de substances dans les outils MiXie QC et MiXie FR

# 2021 : entente tripartite IRSST – INRS - UdeM

Chaque partie s'engage à élaborer des fiches toxicologiques MiXie, suivant un **format et une méthodologie d'évaluation communes**



# Projet « polyexpo » actuellement en cours

- Nouvelle étude entamée en 2019 (durée : 42 mois) visant à :
  - Etablir un portrait des situations de multiexposition dans les milieux de travail applicables au Québec
  - Identifier dans quels cas ces mélanges pourraient être associés à un risque combiné élevé
- Principalement basée sur l'exploitation des banques de données québécoise (LIMS) et française (COLCHIC/SCOLA), qui contiennent l'ensemble des résultats d'exposition correspondant aux mesures effectuées au QC et en FR depuis 1985
- Les analyses sur les effets additifs des substances (MiXie) permettront d'identifier, pour un ensemble de classes d'effets toxiques, les situations d'exposition correspondant à un risque combiné élevé



Université  
de Montréal



# Projet en cours : résultats préliminaires

- Résultats d'exposition dans l'air contenus dans les banques françaises COLCHIC/SCOLA 2010-2019 (n ~ 200,000)
- 23% des 16,000 situations de travail étaient surexposées à au moins une classe d'effet toxique (*Sauvé et al. 2020*)  
➔ **augmentation de 34%** comparativement à une approche d'évaluation de risque basée sur les substances individuelles



Jean-François Sauvé, Andrea Emili, Bénédicte La Rocca, Frédéric Clerc, Gautier Mater

Portrait descriptif du risque associé à la polyexposition aux substances chimiques en milieu de travail en France sur la période 2010-2019

SFSE meeting, Virtual, November 2020

## Première réflexion

Vous mesurez deux agents toxiques (bromoéthane et chloroforme) pour le foie durant une journée de travail.

Les concentrations mesurées sont de 15 ppm pour le bromoéthane (Valeur limite d'exposition = 50 ppm) et de 2 ppm pour le chloroforme (Valeur limite d'exposition = 5 ppm).

$$\text{IAE} = 15 \text{ ppm}/50 \text{ ppm} + 2 \text{ ppm}/5 \text{ ppm}$$

$$\text{IAE} = 0,3 + 0,4$$

$$\text{IAE} = 0,7$$

---

→ Quelle interprétation feriez-vous du résultat obtenu?

- A. Le risque est absent
- B. Le risque est présent

→ Quelles seraient vos actions et quelles recommandations feriez-vous au milieu de travail?

# Première réflexion : quelques pistes

IAE sécuritaire selon le principe d'additivité

Par contre:

- Vérifier si d'autres substances hépatotoxiques sont présentes au milieu de travail
- Vérifier s'il y a possibilité de supra-additivité entre bromoéthane et chloroforme
- Vérifier si ce sont des substances qui peuvent s'accumuler d'un jour à l'autre au niveau des tissus (demi-vie élevée, élimination lente)
- S'assurer que les employés ont accès à des EPI + qu'ils savent s'en servir adéquatement
- Réaliser périodiquement des diagnostics de la santé des employés
- Informer les employés sur les effets possibles des substances présentes au poste de travail
- Réaliser de nouvelles campagnes de mesures afin de s'assurer que les niveaux d'exposition n'augmentent pas (grande variabilité des concentrations dans l'air en milieu de travail)

## Deuxième réflexion

Que pensez-vous du calcul de l'IAE lorsque les travailleurs sont exposés simultanément à plusieurs substances ayant des effets similaires sur les mêmes organes, mais que l'échantillonnage des substances en question a été fait en 2 temps (pas la même journée)?

- A. On ne peut pas calculer l'IAE
- B. On peut calculer l'IAE

## Deuxième réflexion : quelques pistes

Même si l'est préférable de calculer un IAE à partir d'expositions mesurées en simultanée, il peut être adéquat de faire le calcul en se basant sur des mesures à différents moments, mais c'est une question de jugement professionnel:

La concentration d'une substance peut être liée à celle d'un autre, ça peut donner lieu à des difficultés importantes d'interprétation

- Vérifier s'il est légal de procéder à ce calcul dans ce cas de figure: ça peut dépendre des juridictions
- Un exemple: les prélèvements réalisés sur un travailleur exposé à un gaz et un oxyde de métal ne se feront pas nécessairement en même temps (dispositifs de prélèvement très différents). Un intervenant pourrait juger qu'il est préférable de mesurer le gaz à partir de 9h00 le mardi et le métal à partir de 9h00 le mercredi, s'il juge que le niveau de production est davantage similaire le matin d'une journée à l'autre, plutôt qu'entre la matin et l'après-midi dans une même journée
- Un intervenant pourrait être plus « confortable » de calculer l'additivité pour deux substances avec des demi-vies plus longues lorsqu'elles sont mesurées à des moments différents. L'élément de base est toujours le même : est-on confiant que le travailleur est exposé aux 2 substances, même si on les mesure à des moments différents? Si les 2 substances ont des demi-vies courtes, on doit être très confiant que le travailleur est effectivement exposé aux 2 substances en même temps. Si les 2 substances ont des demi-vies longues, on n'a pas besoin d'être aussi confiant que le travailleur est exposé aux 2 substances en même temps.

# Exemples d'utilisation qualitative de Mixie France

# Intervenant : Nicolas BERTRAND



Réponsable des projets de l'équipe pluridisciplinaire  
AMETRA06 CDI  
juin 2022 - aujourd'hui - 6 mois  
Nîmes, Provence-Alpes-Côte d'Azur, France

Agence nationale de sécurité sanitaire - Anses  
juin 2008 - 12 ans 2 mois

Membre du GT "Analyse des conditions de travail des agents du nettoyage" 2008-2011 : rapport final - 8 mois

Membre du CES "Evaluation des risques chimiques liés aux articles et produits de consommation" juillet 2014 - aujourd'hui - 8 ans 2 mois

Membre du groupe de travail "Perturbateurs endocriniens et substances reprotoxiques" 2010 - 2014 - 4 ans

Etude de filière, expérimentation, approfondissement et évaluation des risques, substitution

EHESS, Ecole des hautes études en santé publique  
Ingénieur de Génie Sanitaire, Santé environnementale  
2004 - 2006

École Nationale Supérieure de Sécurité Sociale (ENSS) -  
Prévention des risques professionnels  
2009 - 2010

Cursus "Ingénieur Prévention" des CNAM et de l'INRS

École nationale supérieure de Chimie de Rennes  
Ingénieur Chimie analytique  
2001 - 2006

## Et avant...

Responsable du service prévention  
Service de santé au travail de la Méditerranée - SST2B, Temps plein  
avr. 2020 - déc. 2021 - 1 an 8 mois  
Bastia, Corse, France

Ingénieur Prévention des Risques Professionnels  
INRS France  
Jul. 2009 - Juil. 2009 - 1 an 10 mois  
Paris

Ingénieur Chimiste  
ERPC  
2007 - 2007 - 2 ans

Evaluation des dispositifs réglementaires d'autorisation de mise sur le marché de substances chimiques  
EACH, 8 cycles, Sécurité nouvelle et existante.

## 36<sup>e</sup> – Les données accessibles aux SPST

# Quelles données existent en ERC ?

- Des campagnes de mesures atmosphériques quantitatives
- Des inventaires et des évaluations des risques chimiques (SEIRICH, QUARKS, COLIBRISK, Stoffenmanager...)
- Les bases de données des SPST qui conservent et tracent les FDS des adhérents

← **Peu d'entreprises réalisent les contrôles de VLEP**

← **Des inventaires complets ont été réalisés par un grand nombre d'entreprises**

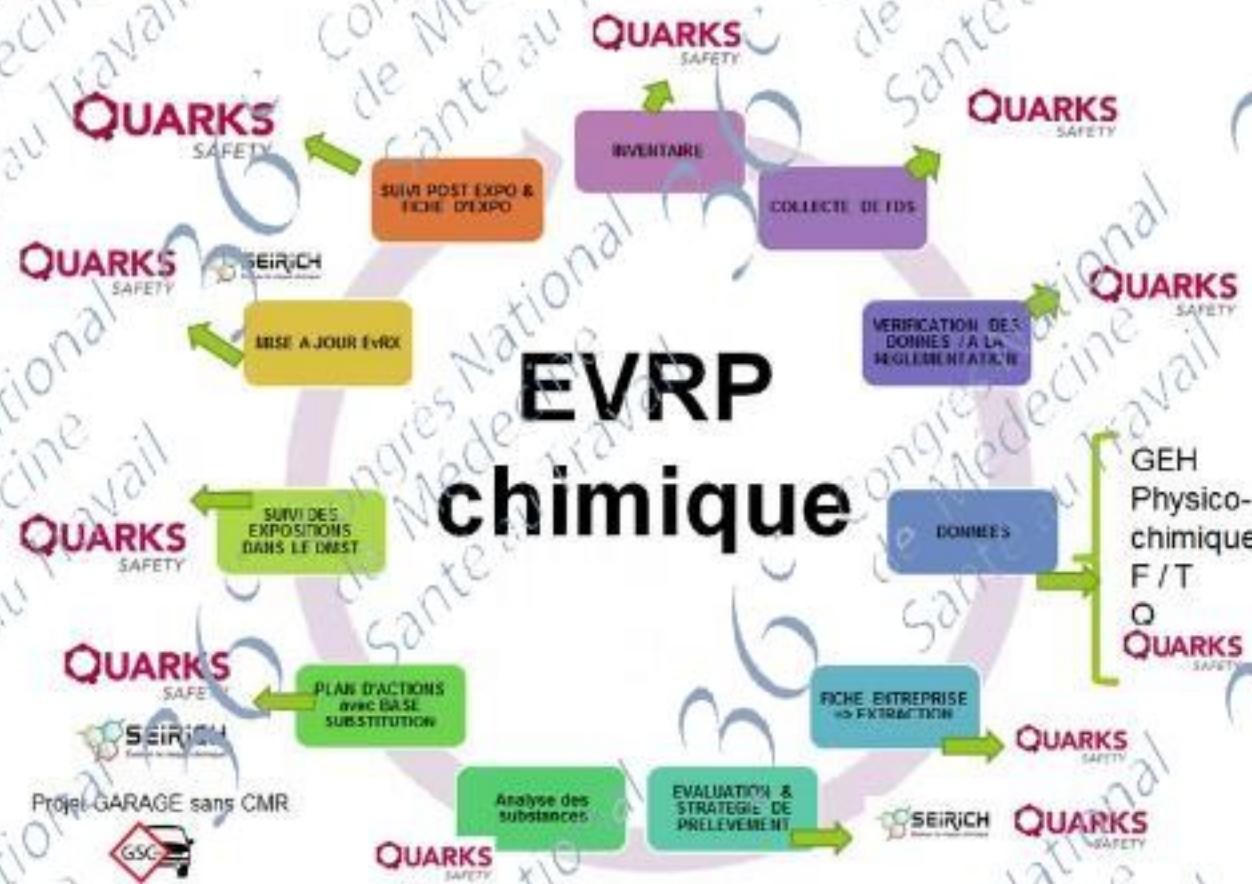
← **Les SPST n'ont pas les FDS de 100% de leurs adhérents, mais ont des données dans les principaux secteurs exposés aux produits chimiques**

# Quarks, outil de gestion interservices des FDS

**QUARKS**  
SAFETY



# Quarks, outil de gestion interservices des FDS



# Quarks, outil de gestion interservices des FDS

## CHIFFRES 2021 APRÈS 3 ANS D'EXPLOITATION

Nombre d'utilisateurs du réseau	300 utilisateurs
Nombre de SPSTI	19 SPSTI dont 12 en base commune
FDS saisies au total	40 000 FDS dont 20 000 en base commune avec 1200 nouvelles FDS/mois
Adhérents ayant bénéficié d'une prise en charge de leurs FDS	1318 adhérents
Substances présentes dans Quarks	315 000 substances
Adhérents concernés	> 200 000 adhérents
Salariés suivis	> 2 000 000 salariés

## **2 – Crédit de la formation : 36c.**

# Création base de données AMETRA06

- Extraction des FDS des adhérents AMETRA06 dans les secteurs :



► Du nautisme  
NAF 33.15Z



► Des garages  
NAF 45.20A 45.20B 45.11Z 45.19Z 45.32Z 45.40Z 47.30Z  
77.11A 77.11B 77.39Z 52.21Z 71.20A 81.29B et 502Z



► De l'imprimerie  
NAF 18.12Z et 18.11Z



► Des laboratoires  
NAF 86.22C



► Du nettoyage  
NAF 81.10Z 81.21Z 81.22Z 81.29A 81.29B

# Création base de données AMETRA06

- Extraction des FDS des adhérents AMETRA06 dans les secteurs :



➤ Du nautisme  
NAF 33.15Z

**1178 FDS différentes**



➤ Des garages  
NAF 45.20A 45.20B 45.11Z 45.19Z 45.32Z 45.40Z 47.30Z  
77.11A 77.11B 77.39Z 52.21Z 71.20A 81.29B et 502Z

**552 FDS différentes**



➤ De l'imprimerie  
NAF 18.12Z et 18.11Z

**2351 FDS différentes**



➤ Des laboratoires  
NAF 86.22C

**190 FDS différentes**



➤ Du nettoyage  
NAF 81.10Z 81.21Z 81.22Z 81.29A 81.29B

**2342 FDS différentes**

# Création base de données AMETRA06

Identifiant	Code MF	Description	Activité	Zone	Nom du produit	Référence	Date de la FCC	Liens vers les documents	MF01	MF12	MF16
MF01	MF01	Antioxydant	Produit chimique	MF01	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	401-098-02-2			
MF02	MF02	Antioxydant	Produit chimique	MF02	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	204-878-5			
MF03	MF03	Antioxydant	Produit chimique	MF03	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	201-794-8			
MF04	MF04	Antioxydant	Produit chimique	MF04	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	203-084-8			
MF05	MF05	Antioxydant	Produit chimique	MF05	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	203-217-8			
MF06	MF06	Antioxydant	Produit chimique	MF06	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	204-819-6			
MF07	MF07	Antioxydant	Produit chimique	MF07	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	205-018-02-3			
MF08	MF08	Antioxydant	Produit chimique	MF08	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	205-098-02-1			
MF09	MF09	Antioxydant	Produit chimique	MF09	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	205-081-9			
MF10	MF10	Antioxydant	Produit chimique	MF10	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	205-459-2			
MF11	MF11	Antioxydant	Produit chimique	MF11	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	205-881-8			
MF12	MF12	Antioxydant	Produit chimique	MF12	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	210-006-7			
MF13	MF13	Antioxydant	Produit chimique	MF13	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	209-578-0			
MF14	MF14	Antioxydant	Produit chimique	MF14	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	201-794-2			
MF15	MF15	Antioxydant	Produit chimique	MF15	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	203-401-9			
MF16	MF16	Antioxydant	Produit chimique	MF16	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	203-795-1	601-095-02-7		
MF17	MF17	Antioxydant	Produit chimique	MF17	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	202-680-8			
MF18	MF18	Antioxydant	Produit chimique	MF18	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	203-026-8			
MF19	MF19	Antioxydant	Produit chimique	MF19	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	201-154-4	608-218-00-2		
MF20	MF20	Antioxydant	Produit chimique	MF20	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	204-888-5			
MF21	MF21	Antioxydant	Produit chimique	MF21	1,4-diméthoxy-2-méthoxy-1,3-butadiène	9999-27-6	227-819-9	201-461-2			

# Création base de données AMETRA06

Product	Substances	N°CAS	N°IC	Index IC	Concentration
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	( <i>1</i> - <i>p</i> -mentha-1,8-diene	3989-27-3	227-813-3	601-096-00-2	50 % < x < 80 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Pin-2(10)-ene	127-81-3	204-872-3		30 % < x < 20 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	<i>p</i> -mentha-1,8-diene	99-85-4	202-794-6		5 % < x < 15 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Pin-2(3)-ene	80-36-8	201-291-9		1 % < x < 5 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Thuj-4(10)-ene	1287-41-3	222-212-4		1 % < x < 5 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	2-methyl-3-methyleneocta-1,6-diene	123-25-3	204-622-5		1 % < x < 5 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Citral	3392-40-3	226-394-6	605-019-00-3	1 % < x < 5 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Acacimene	99-87-6	202-796-7	601-094-00-1	0.1 % < x < 15 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	<i>p</i> -mentha-1(7),2-diene	355-10-2	209-081-9		0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Nerol acetate	141-12-6	203-459-2		0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Geranyl acetate	105-87-3	203-341-5		0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	5-isobophyl-2-methylcyclo[3.1.0]hex-2-ene	286-05-2	220-686-7		0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	<i>p</i> -mentha-1,4(8)-diene	586-67-9	209-578-0		0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Canophyllene	37-44-3	201-746-1		0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Beta-bisabolene	487-14-4	610-461-3		0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	<i>p</i> -mentha-1,8-diene	95-86-5	202-795-1	601-095-00-7	0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	<i>p</i> -menth-1-en-8-ol	96-15-3	202-680-6		0.1 % < x < 1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Citronellal	106-23-0	203-376-5		0.01 % < x < 0.2 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Linalool	78-70-6	201-134-4	609-235-00-2	0.05 % < x < 0.1 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	Nonanal	124-19-6	204-688-5		0.05 % < x < 0.2 %
citron test (D.M.D Groupe ANIOS)	3,7-dimethylocta-1,6-diene	13877-91-3	237-641-2		0.01 % < x < 0.1 %

# Création base de données AMETRA06

- Méthode de création de la base « substance »
  - Chaque FDS contient de zéro à plusieurs substances mentionnées en rubrique 3
  - Une base des substances contenues dans les FDS a été créée
  - Une même substance retrouvée dans X produits est présente X fois dans la base (prise en compte du poids de l'occurrence)
- Biais et limites : un indicateur de danger et non de risque ! On ne compte que les occurrences de substances dans la base.
  - La quantité de produits utilisés n'est pas connue
  - La concentration des substances n'est pas prise en compte
  - Les conditions de mise en œuvre ne sont pas connues

# Création base de données AMETRA06

- 6494 substances enregistrées



➤ Du nautisme  
NAF 33.15Z

**1178 FDS**

**1171 Substances**



➤ Des garages  
NAF 45.20A 45.20B 45.11Z 45.19Z 45.32Z 45.40Z 47.30Z  
77.11A 77.11B 77.39Z 52.21Z 71.20A 81.29B et 502Z

**552 FDS**

**523 Substances**



➤ De l'imprimerie  
NAF 18.12Z et 18.11Z

**2351 FDS**

**2324 Substances**



➤ Des laboratoires  
NAF 86.22C

**190 FDS**

**182 Substances**



➤ Du nettoyage  
NAF 81.10Z 81.21Z 81.22Z 81.29A 81.29B

**2342 FDS**

**2294 Substances**

## **3 – Crédit de base poly-exposition**

# Méthode d'analyse sectorielle des poly-expositions

- Lorsqu'une substance de la base AMETRA06 était présente dans MiXie  
-> attribution des effets et des classes d'effets MiXie à la substance

Produit	Substances	N°CAS	Effets MiXie	Classe MiXie	Classe MiXie 1	Classe MiXie 2	Classe MiXie 3	Classe MiXie 4
NETBIOMIX DSM (PRODUITS SANITAIRES AÉRONAUTIQUES)	N-(D-aminopropyl)-dodecylpropane-1,3-diamine	2372-82-9	BN/A	BN/A	BN/A	BN/A	BN/A	BN/A
Dilosan ETHA-plus (Diversey France SAS)	Ethanediol Alcool éthylique	64-17-5	irritation des voies respiratoires supérieures; rétention des yeux; Dépression du système nerveux	irritation des voies respiratoires supérieures; rétention des yeux; Atteintes du système nerveux	Atteintes des voies respiratoires supérieures	Atteintes oculaires	Atteintes du système nerveux central	

- Sur 6494 occurrences de substances, seules 1880 occurrences n'étaient pas dans MiXie.
- La base de données MiXie couvre 71% des substances de la base AMETRA06

# Méthode d'analyse sectorielle des poly-expositions

- A partir de la base substance AMETRA06, le nombre d'occurrence des classes d'effets MiXie a été calculé, tous secteurs et par secteur

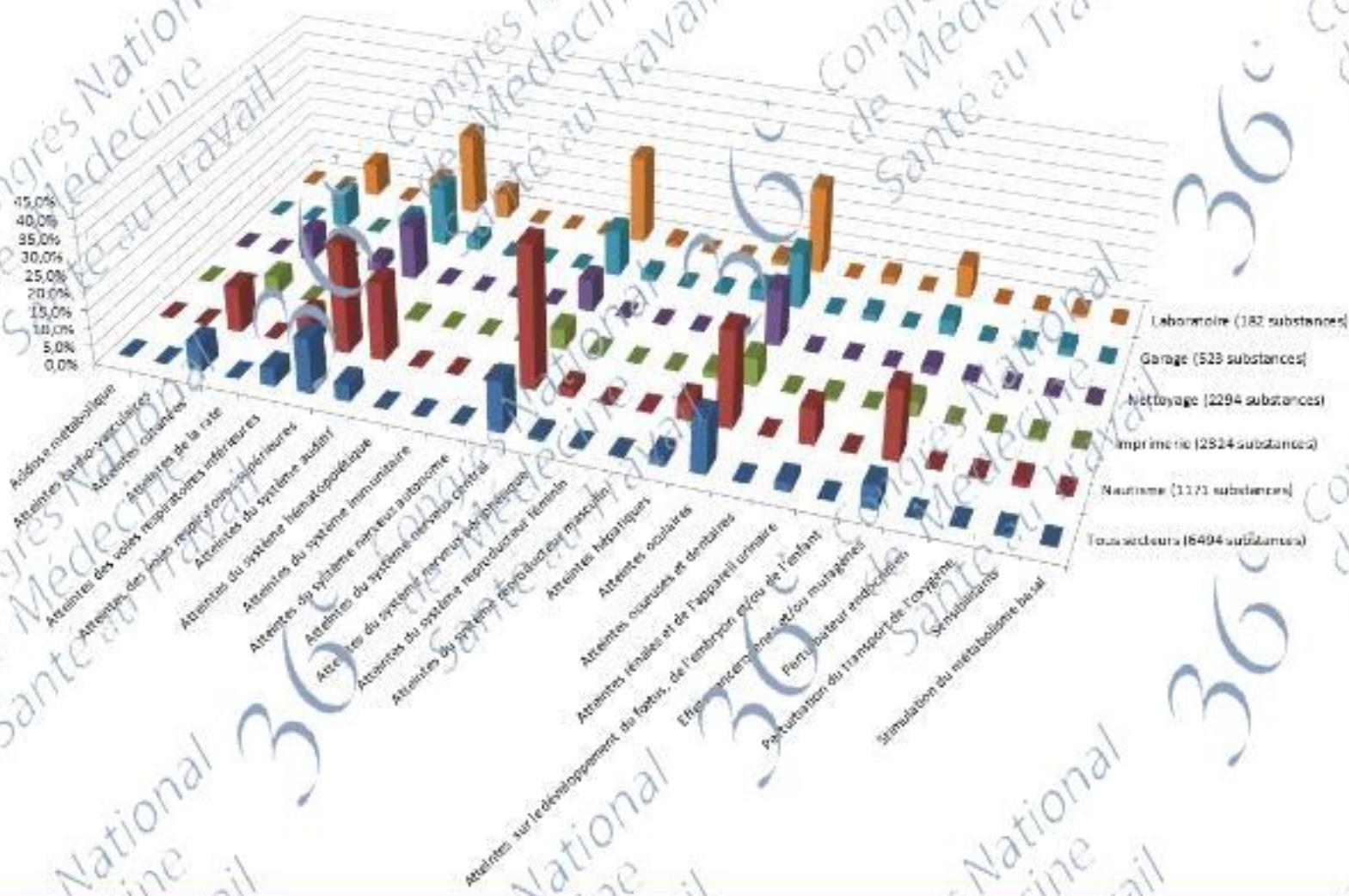
- Le nombre d'occurrence des classes d'effets a ensuite été normé par secteur en calculant le pourcentage des substances activant des classes d'effets par secteur :

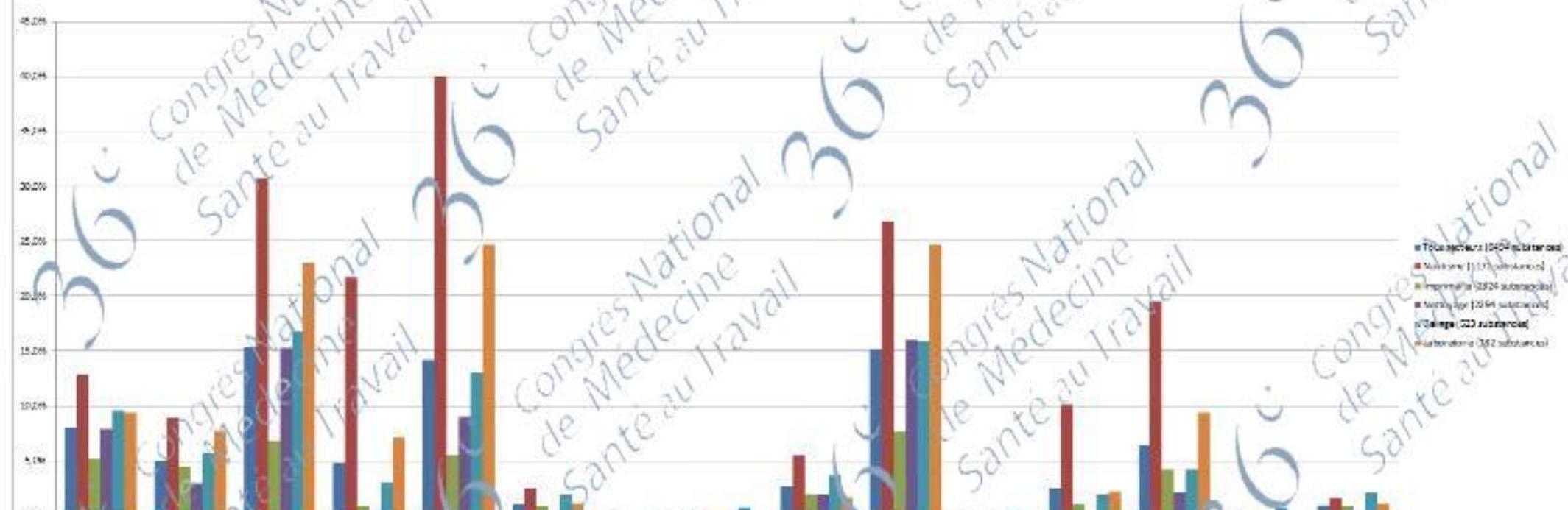
### *Nombre de classes d'effets / nombre de substances dans un secteur*

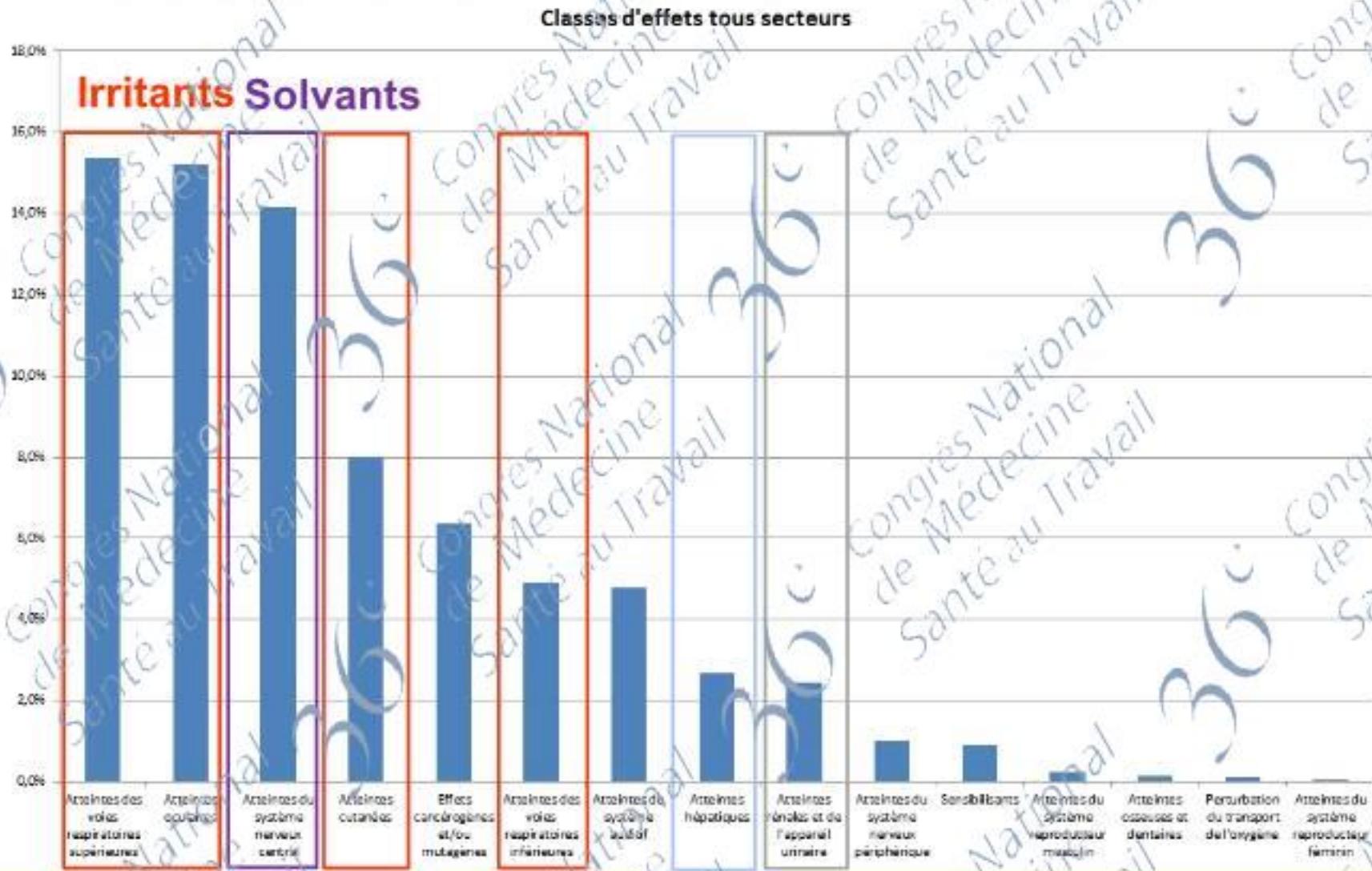
atmosphère des voies respiratoires	atmosphère des voies respiratoires	Atteinte pulmonaire	atmosphère du système hématoïde	atmosphère du système immunitaire	atmosphère des voies respiratoires	atmosphère des voies respiratoires	atmosphère du système nerveux périphérique	atmosphère des voies respiratoires	atmosphère des voies respiratoires	Atteinte hématoïde	Atteinte pulmonaire	Atteinte immunitaire	Atteinte de l'appareil urinaire	Atteinte rénale	Atteinte développement mental	effets secondaires	Pathologies d'entretien	Pathologie cardio-vasculaire	Sous-vitamin	stimulation de la croissance	
4,4%	35,4%	4,5%	0,7%	0,7%	0,1%	14,1%	1,7%	0,1%	0,7%	4,7%	11,2%	0,1%	2,4%	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
8,9%	30,7%	21,7%	0,9%	0,6%	0,1%	40,1%	2,5%	0,2%	0,9%	3,6%	26,9%	0,9%	32,1%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,2%	0,1%
4,4%	8,0%	0,8%	0,6%	0,6%	0,1%	5,8%	0,8%	0,1%	0,6%	1,2%	7,7%	0,2%	1,0%	0,2%	4,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,0%
2,3%	15,2%	0,4%	0,2%	0,0%	0,0%	5,0%	0,2%	0,0%	0,0%	1,0%	16,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%
5,7%	10,0%	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%	12,0%	1,0%	0,2%	0,0%	3,0%	15,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%
7,7%	23,1%	7,1%	0,0%	0,0%	0,0%	24,7%	1,1%	0,0%	0,0%	7,0%	35,7%	0,0%	3,2%	0,0%	6,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%

## 4 – Résultats

### Pourcentage des substances activant des classes d'effets dans MiXie par secteur

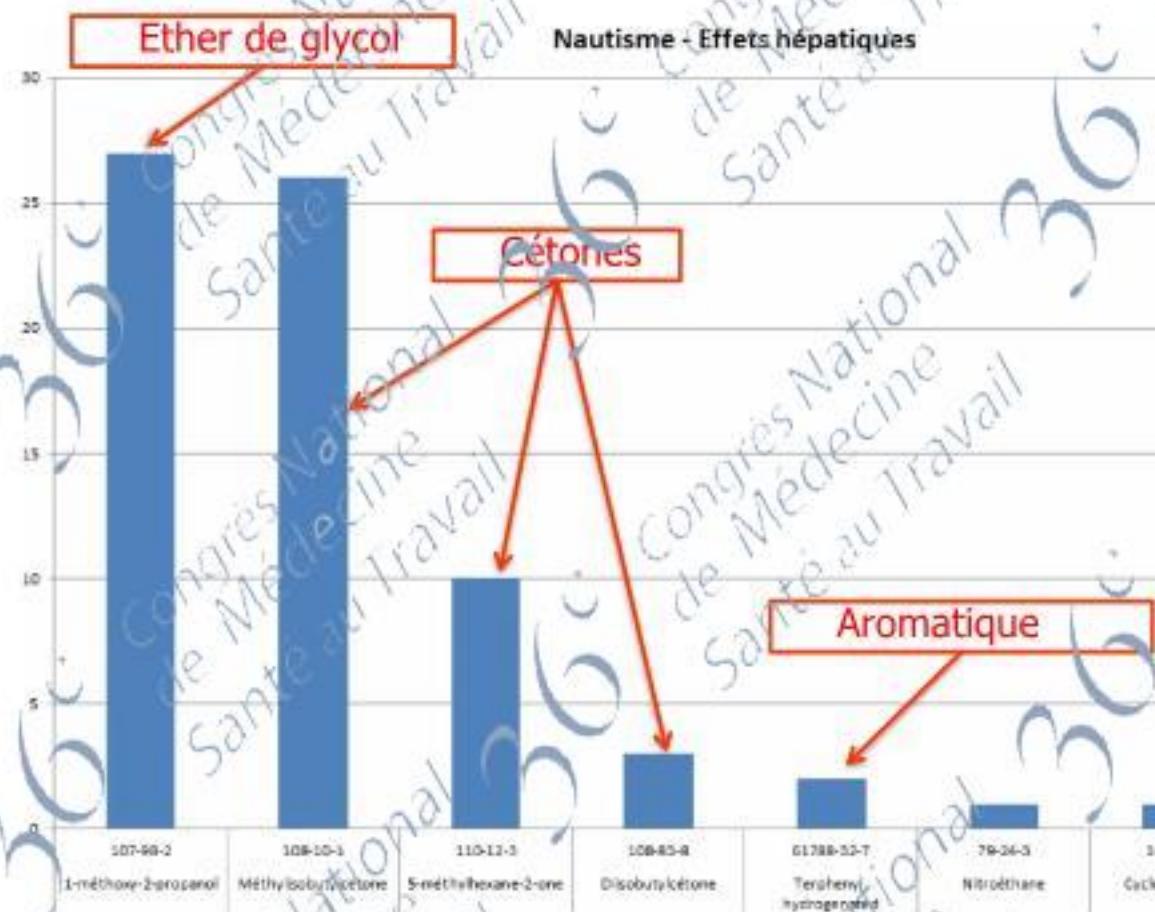






## 5 – Analyse des cocktails (exemple du nautisme)

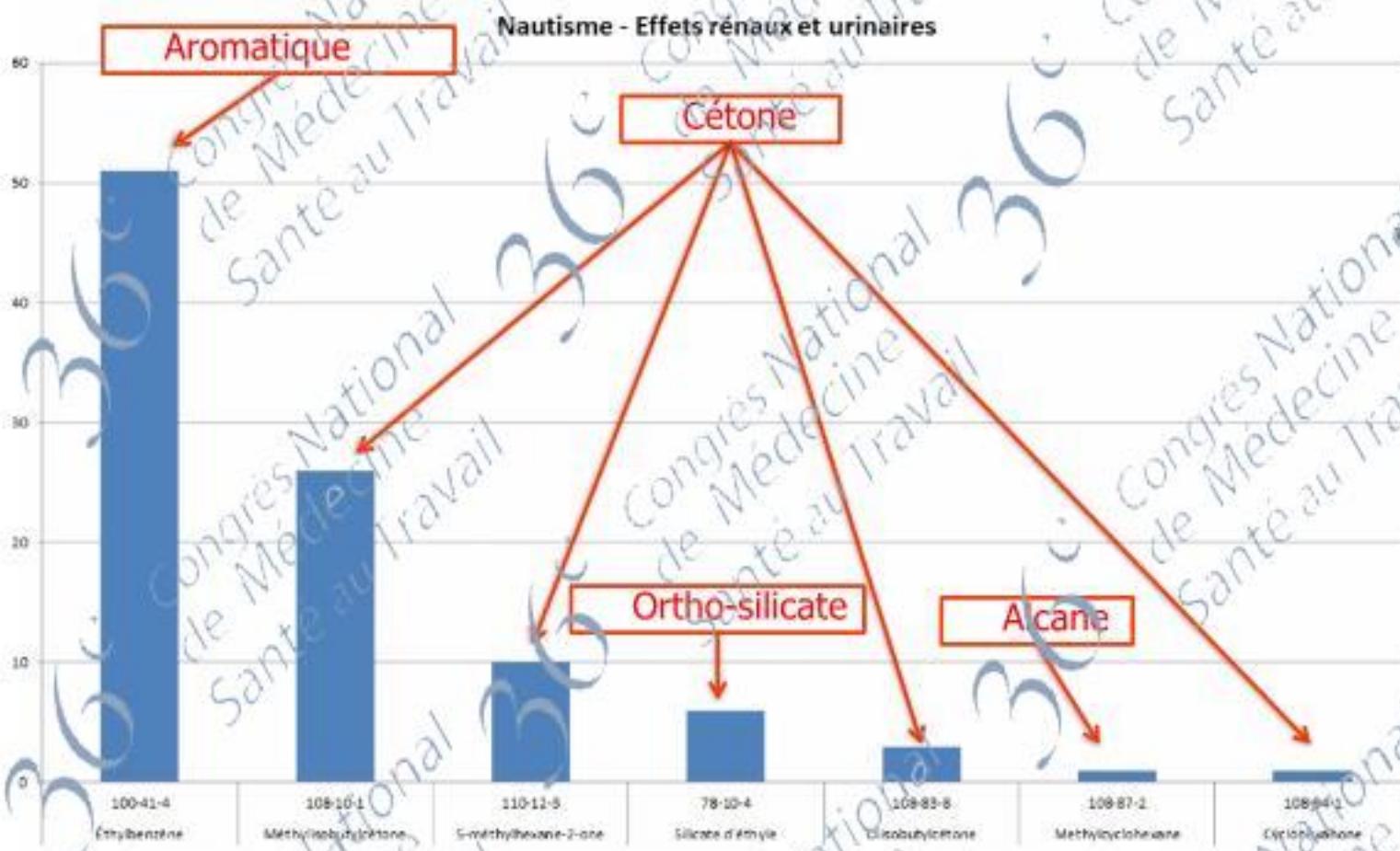
# Analyse cocktail Nautisme « Atteintes hépatiques »



• Adaptation possible du suivi des salariés du nautisme et réparation / maintenance :

- > Bilan hépatique à l'embauche
- > Bilan hépatique tous les deux ans

## Analyse cocktail Nautisme « Atteintes rénales et de l'appareil urinaire »



- Adaptation possible du suivi des salariés du nautisme et préparation / maintenance :

- > Bilan rénal à l'embauche
- > Bilan rénal tous les deux ans

## **6 – Limites de Mixie / Biais de la base AMETRA06**

## Limites et biais



- MiXie ayant été initialement développé dans le contexte du contrôle des valeurs limites d'exposition professionnelle, peu de substances non volatiles sont inscrites dans la base (absence des biocides notamment...)
  - > Peut expliquer la sous représentation des effets sensibilisants et toxiques pour la reproduction dans le nettoyage par exemple (pas de MIT, d'ammonium quaternaire, d'alkylphénols...)
- Base de données AMETRA06 ne prend pas en compte les quantités et la concentration des substances.... Pas d'indicateur de risque
- Peu de FDS dans le secteur des laboratoires... besoin d'agrandir la base de données (autres services, nouvelles FDS).

## **7 – Conclusion et perspectives**

## Intérêts de la démarche sectorielle



- Tous les secteurs n'ont pas la même « empreinte » de poly-exposition. Il y a des différences nettes entre secteur en terme d'intensité de danger et de nature de danger

> Poursuite des travaux : réaliser l'étude sur tous les secteurs enregistrés dans QUARKS pour prioriser nos actions (projets de service, CPOM...)



- Possibilité d'adapter le suivi des salariés

> Surveillance de l'état de santé adapté sur certaines cibles (poumon, foie, reins...)

> Cibler les actions de biomonitoring (future cellule tox AMETRA06)



- Intérêt de mettre à jour régulièrement la base de données tous les 5 ans pour constituer un corpus de données utiles au suivi post-professionnel.

## Et demain, analyse des ERC par entreprise...

- Utiliser les évaluations des risques chimiques (SEIRICH, QUARKS...) pour analyser les poly-expositions par poste de travail en prenant en compte les conditions d'exposition, pas seulement les données de composition.
- Avec quel outil ? Interface MiXie / Bases de données ? SEIRICH ?
- Intérêt de mettre à jour régulièrement la base de données tous les 5 ans pour constituer un corpus de données utiles au suivi post-professionnel.

## Quizz interactif 2/2

**Application du congrès / interactivité**



### III/ Amélioration de la prise en compte des polyexpositions chimiques

## Constat

- Les polyexpositions aux substances chimiques sont fréquentes et variées
- Mais 20-23 % des situations à risque ne sont pas détectables sans la prise en compte des polyexpositions<sup>1,2</sup>

Introduire de nouvelles pratiques :

- d'évaluation des risques
- de prévention

# Evaluation des risques approfondie

## → Outil pour évaluer et prévenir les risques chimiques en entreprise

- Identification de tous les produits utilisés ou émis = inventaire
- Évaluation des risques, exhaustive et rigoureuse
- Plan d'actions



## Liste des produits

✓ À traiter en priorité compte tenu des risques chimiques identifiés



# Evaluation des risques approfondie – ALTREX Chimie

- Application qui aide à établir la stratégie de prélèvement d'air et à interpréter les résultats (conformément à la norme EN 689) :
  - Définition des groupes d'exposition similaire (GES)
  - Traitement statistique des mesures réalisées sur le terrain
    - situation de travail acceptable ou non
- S'adresse à tous les préviseurs :
  - Hygiénistes industriels, intervenants en prévention des risques professionnels, médecins du travail, collaborateurs en laboratoire accrédité,...

<http://altrex.inrs.fr>

# Evaluation des risques approfondie – ALTREX Chimie

Adaptation au contexte des polyexpositions chimiques :

## 1/ Calcul un « diagnostic » de polyexposition à partir des mesures d'exposition

Mesures réalisées le même jour utilisées pour calculer l'IAE du jour en question

Plusieurs valeurs d'IAE calculées : 1 / jour

## 2/ Détermination de la probabilité de dépassement de la valeur 100 %

IAE utilisés comme des mesures = diagnostic de polyexpositions

**A noter :** les notions de toxicologie de MiXie ne sont pas intégrées

Safety data sheet + emitted substances

SEIRICH

Inventory of chemicals

List of substances to select in Mixie

ALTREX CHIMIE

Work situation analysis

Substances to measure/control

Sampling strategy

Atmospheric concentrations Vs. OEL values

Hazard Index calculation  
Mixture analysis

Diagnostic

In-depth chemical risk assessment

Adapted control measures:  
- substances to remove/replace  
- medical follow-up  
- choice of protection equipment

Bénédicte La Rocca & Philippe Sarzin  
Mixie, an online tool for better health assessment of workers exposed to multiple chemicals,  
*Int J Environ Res Public Health*, 2022 ; 19 : 951.

## Adapter les préventions technique et médicale

- Ne pas attendre d'avoir les données toxicologiques précises sur les effets d'une polyexposition chimique pour agir !
- Mettre en œuvre tous les moyens de prévention des risques chimiques :
  - Suppression, substitution par des produits ou procédés pas ou moins dangereux
  - Réduire le risque d'exposition en privilégiant les mesures de protection collective : système clos, mécanisation, captage à la source, ventilation,...
  - Mesures de protection individuelle si nécessaire
  - Former et informer les salariés sur les risques et la prévention à respecter



# Adapter les préventions technique et médicale

- Adapter le suivi en santé au travail en fonction des polyexpositions :
  - Porter une attention particulière aux organes identifiés comme cibles de la polyexposition
  - Le médecin du travail évalue l'utilité ou non :
    - > De réaliser des examens complémentaires en fonction de l'examen clinique et de l'exposition
    - > D'aménager le poste de travail pour limiter le risque lié aux polyexpositions
  - Tenir compte de toutes les expositions chimiques mais aussi physiques (bruit)
  - Informer les salariés des risques d'interaction (y compris avec des facteurs non professionnels)
  - Tracer l'historique des expositions dans le dossier médical



## IV/ Conclusions

## Améliorer la prise en compte des polyexpositions chimiques

- Les situations où les travailleurs sont exposés à plusieurs substances chimiques sont fréquentes, tous secteurs professionnels confondus
- L'impact des polyexpositions chimiques sur la santé des travailleurs est souvent difficile à évaluer et donc rarement pris en compte
- Certaines situations à risques peuvent passer inaperçues

## Améliorer la prise en compte des polyexpositions chimiques

- D'où la nécessité d'intégrer les polyexpositions chimiques à la démarche de prévention :
  - lors de l'évaluation des risques
  - pour adapter les mesures de prévention techniques et médicales

## Approche multi-substances



**Risques**  
pour la santé des salariés  
exposés



**mixie**  
FRANCE

**SEIRICH**  
Evaluer le risque chimique

**ALTREX CHIMIE**

**mixie**  
FRANCE

# Améliorer la prise en compte des polyexpositions chimiques

**Intégration de Mixie dans la norme EN 689** (Exposition sur les lieux de travail - Mesurage de l'exposition par inhalation d'agents chimiques - Stratégie pour vérifier la conformité à des valeurs limites d'exposition professionnelle).



Insertion dans l'Annexe C - In informative -  
« Simultaneous occupational exposure to several chemical agents »

# Améliorer la prise en compte des polyexpositions chimiques

Mixie France : un outil d'aide à la décision en cas de polyexpositions

## Permet de :

- Donner un premier niveau d'alerte pour progresser en prévention, en attendant d'avoir des informations toxicologiques plus précises
- Repérer des situations présentant des risques sanitaires, passant inaperçues sans une approche « multi-substances »

## Limites :

- Calcul de l'IAE basé uniquement sur la VLEP (effet critique)
- Hypothèse d'additivité prise par défaut non vérifiée

## Améliorer la prise en compte des polyexpositions chimiques

- Poursuite de la mise à jour et de l'ajout de substances dans Mixie France  
2022 : toutes les substances soumises à VLEP contraignantes
- Évolutions de Mixie France :
  - Prise en compte d'autres risques (bruit, biologique)
  - En fonction de vos besoins !



## A venir

► Adaptation d'Altrex Chimie pour des mesures de biométrie : **Altrex Biométrie**

► Les recommandations proposées feront l'objet d'un **article** pour la revue « **Références en santé au travail** » de l'INRS



# Questionnaire DPC / Infirmiers et médecins

**DPC 9475220002**





36<sup>e</sup>

## Congrès National de Médecine & Santé au Travail

Du 14 au 17 juin 2022  
Palais de la Musique et des  
Congrès de Strasbourg

**Merci de votre attention**

## Déclaration des liens d'intérêts

**Nicolas BERTRAND**

Responsable de projets pluridisciplinaires, AMETRA 06, Nice

**Laureline COATES**

Médecin du travail, INRS, Paris

**Bénédicte LA ROCCA**

Responsable du projet Mixie France, INRS, Vandoeuvre-lès –Nancy

**Philippe SARAZIN**

Chercheur, IRSST, Montréal QC, Canada



pas de lien d'intérêt potentiel à déclarer

## Cas concret : usine de recyclage électronique

- Travaux de démantèlement dans une usine de recyclage électronique
  - Prélèvements d'air en poste personnel
  - Exposition simultanée aux métaux suivants:



Métaux	Concentration	VLE
Plomb et ses composés inorganiques (7439-92-1)	0,048 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Cadmium, élémentaire et composés (7440-43-9)	0,0043 mg/m <sup>3</sup>	0,025 mg/m <sup>3</sup>
Arsenic, élémentaire et composés inorganiques (7440-38-2)	0,01 mg/m <sup>3</sup>	0,1 mg/m <sup>3</sup>

## Cas concret : usine de recyclage électronique

### Examinez les données d'exposition dans l'exemple



1. Ajouter les substances dans l'outil MiXie (<https://www.irsst.ca/mixie/>) et vérifier les VLE associées à chaque substance
2. Ajouter les concentrations respectives de chaque substance
3. Évaluer l'indice IAE, vérifier les sections « Analyse du mélange » et les messages d'alerte générés par MiXie
4. Quelles seraient vos conclusions?

# Cas concret : usine de recyclage électronique



Ajouter

Saisissez une substance (Nom ou CAS)

Substance	Valeur limite	Concentration	Exposition
<b>Plomb et ses composés inorganiques</b> [7439-92-1]	VEMP 0,05 mg/m <sup>3</sup>	0,048	96 % <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Cadmium, élémentaire et composés</b> [7440-43-9]	VEMP 0,025 mg/m <sup>3</sup>	0,0043	17 % <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Arsenic, élémentaire et composés inorganiques (sauf l'arsine)</b> [7440-38-2]	VEMP 0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,01	10 % <input checked="" type="checkbox"/>

# Cas concret : calcul de l'IAE par classe d'effet

## Atteintes rénales et de l'appareil urinaire

Plomb et ses composés inorganiques

Cadmium, élémentaire et composés

Arsenic, élémentaire et composés inorganiques (sauf l'arsine)

## Atteintes du système nerveux périphérique

Plomb et ses composés inorganiques

Cadmium, élémentaire et composés

Arsenic, élémentaire et composés inorganiques (sauf l'arsine)

## Atteintes du système hématopoïétique

Plomb et ses composés inorganiques

Cadmium, élémentaire et composés

Arsenic, élémentaire et composés inorganiques (sauf l'arsine)



- IAE > 100% pour 2 classes: situation est donc à risque et des mesures de maîtrise de l'exposition sont nécessaires

## Cas concret : conclusions

Attention, le mélange contient au moins une substance associée à :

- Effets cancérogènes et/ou mutagènes
- Sensibilisants

L'additivité n'est pas appliquée pour la ou les classe(s) d'effets listée(s). Il convient d'éviter les expositions aux substances associées à cette ou ces classe(s) d'effets ou, à défaut, de les réduire au plus bas niveau possible.

- L'encadré rouge indique qu'une substance ajoutée est associée aux classes d'effets "effets cancérogènes et/ou mutagènes" ou "sensibilisants"
- L'exposition doit à ce moment être réduite au niveau le plus bas possible

## **Approche mono-substance**

Pour chaque substance  
cc < VLEP

**Pas de dépassement**

## **Cas concret : conclusions**

## **Approche multi-substances**

Activation de 2 classes d'effet  
 $IAE > 100\%$   
+ classe cancer activée



**Risques pour la santé des salariés exposés**