



## **POLYEXPOSITIONS AU TRAVAIL**

Enjeux pour la prévention,  
méthodes & perspectives

# MiXie France

Comment évaluer les effets sur la santé des polyexpositions chimiques ?

Dr Laureline Coates, INRS

12  
octobre  
2023

# MiXie France

Comment évaluer les effets sur la santé des polyexpositions chimiques ?

## Plan

- Contexte et problématique
- MiXie France
  - Qu'est-ce que c'est ?
  - Comment ça marche ?
  - Exemple d'utilisation
- Conclusion
- Perspectives

# Contexte et problématique

- Situations de polyexposition fréquentes tous secteurs confondus  
→ Présentation M. Sanchez
- Contexte réglementaire :
  - Plan Santé au Travail 2021-2025 (PST4)
  - Loi Santé au Travail du 2 août 2021→ Présentation J. de Saint Jores
- Or, difficulté d'évaluer les effets sur la santé d'un mélange de substances

**→ Comment faire en pratique ?**

# Qu'est-ce que c'est ?

## Outil d'aide à l'évaluation des effets sur la santé d'une exposition à plusieurs substances chimiques

- Concept né au Canada (Université de Montréal et Institut de recherche Robert-Sauvé en Santé et sécurité au Travail) puis adapté au contexte réglementaire français
- S'adresse à tous les préventeurs :  
Médecins du travail, intervenants en prévention des risques professionnels (IPRP), infirmiers en santé au travail, techniciens hygiène sécurité,...

# Comment ça marche ?

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

Mixie repose sur l'hypothèse de l'additivité des effets

### 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	Plomb métallique et composés, en Pb 7439-92-1	VLEP-8h : 0.1 mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	?

**+ Ajouter une substance** **Analyser ce mélange**

Recherche par nom chimique ou numéro CAS  
 ex : dichloro, n-propylique, 123-91-1, ...

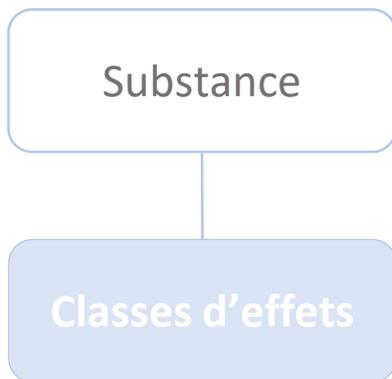
ou

Liste des substances

**Annuler** **Valider**



# Comment ça marche ?



JT. INRS - Polyexpositions au travail - 12/10/2023

1-Méthoxy-2-propanol

Atteintes oculaire, hépatique,  
des voies respiratoires supérieures,  
du système nerveux central

1-Méthoxy-2-propanol

Atteintes oculaire, hépatique,  
des voies respiratoires supérieures,  
du système nerveux central

Atteintes oculaire, hépatique, cutanée,  
rénale et de l'appareil urinaire,  
des voies respiratoires supérieures,  
effets cancérigènes et/ou mutagènes

Cyclohexanone

1<sup>er</sup> niveau d'utilisation  
APPROCHE QUALITATIVE

1-Méthoxy-2-propanol

Atteintes oculaire, hépatique,  
des voies respiratoires supérieures,  
du système nerveux central

Repérer  
les classes d'effets  
communes

Atteintes oculaire, hépatique, cutanée,  
rénale et de l'appareil urinaire,  
des voies respiratoires supérieures,  
effets cancérogènes et/ou mutagènes

Cyclohexanone

2<sup>ème</sup> niveau d'utilisation  
APPROCHE QUANTITATIVE

Indice d'Exposition à effets Additionnels

$$IAE = \sum \frac{\text{Concentration atmosphérique}_{\text{substance}}}{VLEP_{8h}_{\text{substance}}}$$

IAE > 100 % → Risque potentiel



Identifier  
les situations  
à risque

1-Méthoxy-2-propanol

Atteintes oculaire, hépatique,  
des voies respiratoires supérieures,  
du système nerveux central

Atteintes oculaire, hépatique, cutanée,  
rénale et de l'appareil urinaire,  
des voies respiratoires supérieures,  
effets cancérogènes et/ou mutagènes

Cyclohexanone

# Comment ça marche ?

## Cas particuliers :

Effets cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques, sensibilisants :

- L'additivité ne s'applique pas
- Message d'avertissement pour éviter l'exposition ou à défaut la réduire le plus possible

Signalement des substances identifiées comme perturbateur endocrinien dans des listes d'experts (Anses, DEDuCT, EDList)

Atteinte du système auditif :

- Message d'avertissement sur le risque pour l'audition en cas de coexposition au bruit

## Activité de soin et décoration de l'ongle

- Dissolvants
- Durcisseurs
- Vernis
- Produits pour ongles artificiels

*Éthanol, Acétone, Acétate de n-butyle, Acétate d'éthyle, Méthanol, Toluène, Acétonitrile, Méthyléthylcétone, Cyclohexane,...*



[\[Évaluation des risques des professionnels exposés aux produits utilisés dans les activités de soin et de décoration de l'ongle.\]](#)

Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. 2017 : 428p]

# Exemple d'utilisation

1<sup>er</sup> niveau d'utilisation  
APPROCHE QUALITATIVE

## Saisie des substances

N°	Substance	Valeur limite	Concentration	IE	
S1	Alcool éthylique 64-17-5	VLEP-8h : 1900 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S2	Acétone 67-64-1	VLEP-8h : 1210 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S3	Acétate de n-butyle 123-86-4	VLEP-8h : 710 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S4	Acétate d'éthyle 141-78-6	VLEP-8h : 734 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S5	Alcool méthylique 67-56-1	VLEP-8h : 260 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S6	Toluène 108-88-3	VLEP-8h : 76.8 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S7	Acétonitrile 75-05-8	VLEP-8h : 70 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S8	Méthyléthylcétone 78-93-3	VLEP-8h : 600 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S9	Cyclohexane 110-82-7	VLEP-8h : 700 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	
S10	Acrylate de n-butyle 141-32-2	VLEP-8h : 11 mg/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> mg/m <sup>3</sup>	?	

# Exemple d'utilisation

1<sup>er</sup> niveau d'utilisation  
APPROCHE QUALITATIVE

## 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 débiter 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'asthme professionnel** » « **fiches allergologie professionnelle** ».

**Toutes les concentrations n'étant pas renseignées, tous les indices d'exposition à effets additionnels (IAE) ne peuvent pas être calculés.**

*(évaluation qualitative)*

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

Certaines substances peuvent endommager l'oreille interne et la rendre plus vulnérable à l'exposition au bruit : une attention particulière sera portée pour limiter l'exposition des salariés aux nuisances sonores. Cf « **Dossier bruit** ».

# Exemple d'utilisation

1<sup>er</sup> niveau d'utilisation  
APPROCHE QUALITATIVE

## Analyse du mélange

Mode d'affichage des résultats :  SYNTHÉTIQUE  COMPLET



3/10

6/10

8/10

8/10

Classe d'effets toxiques	IAE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Atteintes sur le développement du fœtus, de l'embryon et/ou de l'enfant	N.A.					?	?		?		
Sensibilisants	N.A.										?
Atteintes cutanées	> 0%						?			?	?
Atteintes des voies respiratoires inférieures	> 0%							?			
Atteintes des voies respiratoires supérieures	> 0%	?		?	?				?	?	?
Atteintes du système auditif	> 0%						?				
Atteintes du système nerveux central	> 0%	?	?	?	?	?	?		?	?	
Atteintes du système nerveux périphérique	> 0%		?								
Atteintes oculaires	> 0%	?	?	?	?	?		?	?		?
Perturbation du transport de l'oxygène	> 0%							?			

# Exemple d'utilisation

2<sup>ème</sup> niveau d'utilisation  
APPROCHE 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	Acétone 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 : 710 mg/m <sup>3</sup>	100 mg/m <sup>3</sup>	14%
S4	Acétate d'éthyle 141-78-6	VLEP-8h : 734 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>	7%
S5	Alcool méthylique 67-56-1	VLEP-8h : 260 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>	19%
S6	Toluène 108-88-3	VLEP-8h : 76.8 mg/m <sup>3</sup>	30 mg/m <sup>3</sup>	39%
S7	Acétonitrile 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%

# Exemple d'utilisation

2<sup>ème</sup> niveau d'utilisation  
APPROCHE QUANTITATIVE

## 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
Atteintes sur le développement du fœtus, de l'embryon et/ou de l'enfant	N.A.					19%	39%		17%		
Sensibilisants	N.A.										36%
Atteintes du système nerveux central	163%	21%	21%	14%	7%	19%	39%		17%	25%	
Atteintes oculaires	156%	21%	21%	14%	7%	19%		21%	17%		36%
Atteintes des voies respiratoires supérieures	120%	21%		14%	7%				17%	25%	36%
Atteintes cutanées	100%						39%			25%	36%
Atteintes du système auditif	39%						39%				
Atteintes des voies respiratoires inférieures	21%							21%			
Perturbation du transport de l'oxygène	21%							21%			
Atteintes du système nerveux périphérique	21%		21%								



# Exemple d'utilisation

## Approche « classique » mono-substance

Pour chaque substance  
respect de la VLEP

**Pas de dépassement**

## Approche polyexposition multi-substances

4 situations à risque

+

Présence de substances avec  
classes reprotoxique et sensibilisante

**Risques pour la santé  
des salariés exposés**



# Conclusion

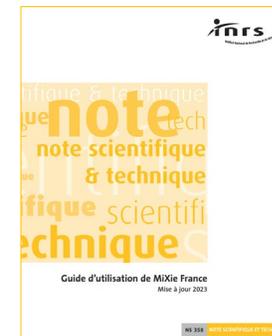
## MiXie aide à la décision en cas de polyexposition :

- Repérer des situations à risque du fait de la polyexposition
- Prioriser les actions de prévention

### Limites :

- Hypothèse de l'additivité prise par défaut
- Attribution des effets et calcul de l'IAE basés sur la  $VLEP_{8h}$

→ NS 358 Méthodologie et limites de l'outil



# Perspectives

- Polyexposition chimique fréquente en milieu professionnel mais difficulté liées à l'évaluation des risques donc en pratique rarement prise en compte en prévention
- Dans ce contexte, MiXie France peut aider la prévention
  - ~ 20 % de situations à risque détectées grâce à l'outil et la prise en compte des polyexpositions [Clerc et al 2017 ; Sauvé et al 2020]
  - Réflexions en cours pour intégrer d'autres nuisances (bruit, agents biologiques, ...)
- En pratique, l'objectif est d'avancer en prévention en repérant les situations les plus à risque pour adapter et prioriser les actions de prévention
  - Présentation D. Bouvet et M. Chevallier

# Merci de votre attention !

## Références

- <http://www.inrs-mixie.fr>
- Dossier web « [Polyexpositions](#) » sur le site INRS
- Guide d'utilisation de MiXie France 2023 ([NS 358](#))
- La Rocca B, Marc F. Comment identifier les dangers d'une polyexposition chimique sur la santé des salariés à l'aide de Seirich et Mixie France ? Hygiène et sécurité du travail. 2023 ; (270) : 2p.
- Clerc F et al. Taking Multiple Exposure Into Account Can Improve Assessment of Chemical Risks. Annals of Work Exposures and Health. 2017;62(1):53-61.
- Sauvé J-F et al. Portrait descriptif du risque associé à la polyexposition aux substances chimiques en milieu de travail en France sur la période 2010-2019. 2020. SFSE meeting, Virtual.
- La Rocca B, Sarazin P. MiXie, an Online Tool for Better Health Assessment of Workers Exposed to Multiple Chemicals. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(2):951.