

IST

Institut universitaire
romand de Santé
au Travail

De la métrologie des expositions à l'évaluation des risques chimiques

Proportionner la prévention



Centre hospitalier
universitaire vaudois

Unil
UNIL | Université de Lausanne



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est formellement interdite.

De la métrologie des expositions à l'évaluation des risques chimiques

- Stratégie de d'évaluation et de maîtrise
 - Les paradigmes de la prévention
- Interpréter la mesure
 - Variabilité, incertitude et représentativité
- Proportionner la prévention
 - Interpréter le dépassement
 - Critères d'appréciation

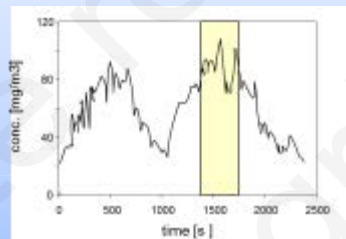
Stratégie d'évaluation et de maîtrise

SITUATION RÉELLE



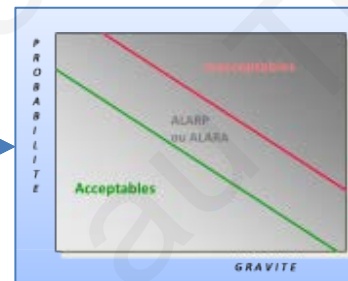
EVALUATION

Mesure



Modélisation
(statistique, physique)

Empirique (control
banding)



DÉCISION /
ACTION

- Précision, variabilité
- Représentativité
- Biais d'information, équité

Paradigmes de maîtrise

- Source, trajet, cible
 - Agir au plus près de la source...
- Ingénierie, administratif, personnel
 - Typologie de la mesure...

	ENGINEERING	ADMINISTRATION	PERSONAL PROTECTION
SOURCE	substitution, elimination, process modification, local ventilation	maintenance	
PATH	dilution ventilation, process enclosure, separation in time or space	area exposure alarms, improved house-keeping for spills and emissions (especially particulates and condensable liquids)	
RECEIVER	worker enclosure	personal exposure alarms, modified work patterns (where, when), modified work practices, training, education, personal hygiene, rotation of workers	personal protective equipment and clothing

Mais...

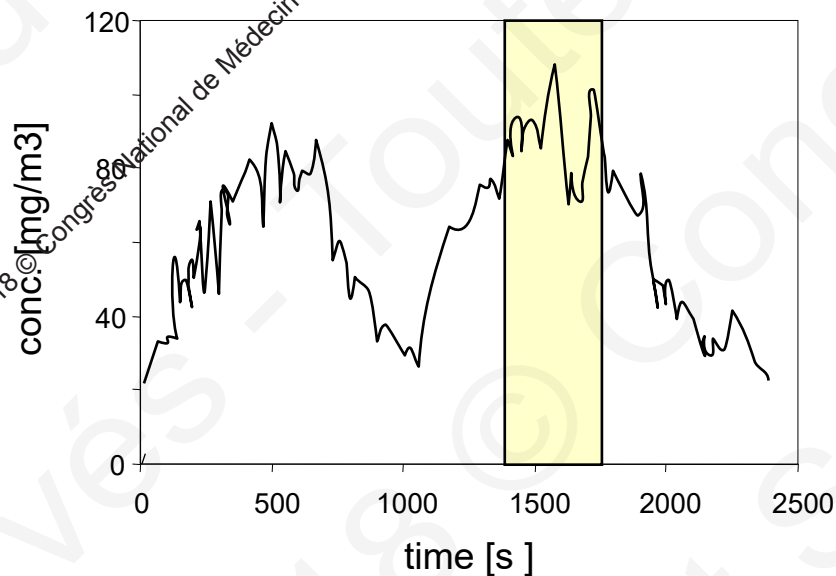
- Coûts, efficacité
- Priorisation, proportionnalité

Modern Industrial Hygiene, 2011

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail. Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est formellement interdite.

Représentativité de la mesure

La mesure est-elle représentative de l'exposition moyenne dans la situation réelle ?



- Variabilité de l'exposition
 - intra-individuelle, inter-individuelle
- Erreur de mesure
 - Échantillonnage, analytique

Ne mesure jamais deux fois à la même place, les résultats seront toujours différents.

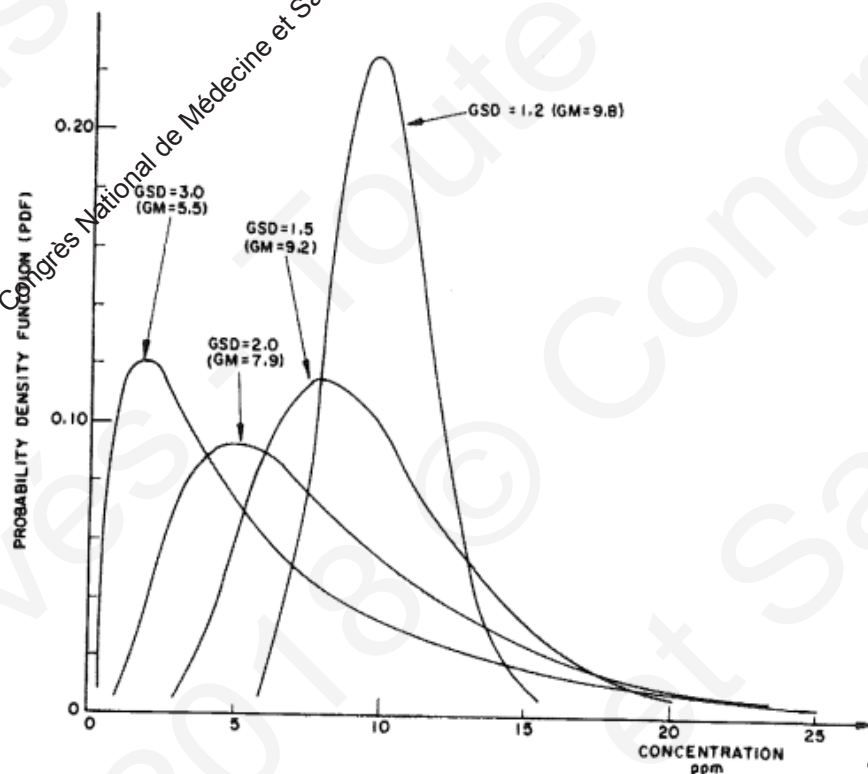
Tinnenberg 2001

Représentativité de la mesure, distribution

- Distributions observées à la place de travail
- Largement distribuées 1.5 – 3.0 (GSD)

Moyenne géométrique de 10

μ	GSD	Percentile 2.5% - 97.5%
11	1.5	4-23
13	2.0	3-40
15	2.5	2-63
18	3.0	1-90
22	3.5	0.8-123



$$\mu \cong \bar{x} = \sum \frac{x_i}{n}$$

$$\mu_g = \sqrt[n]{A_1 A_2 \cdots A_n}$$

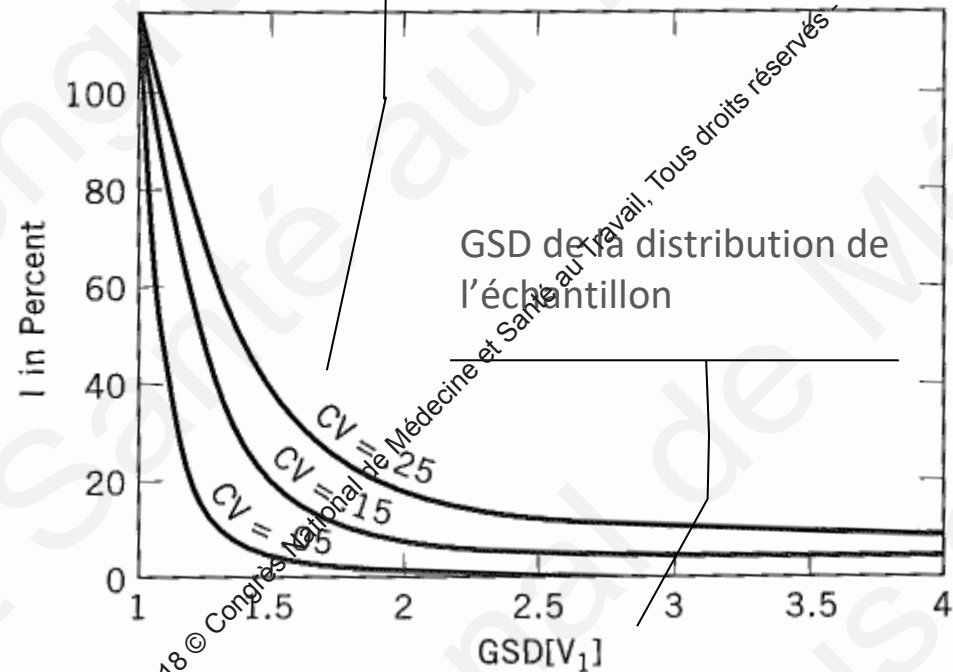
Erreur de mesure vs. variabilité

Influence de l'erreur de mesure sur la variabilité globale

- Faible pour les distributions usuelles en hygiène du travail (GSD 2.0-2.5)

variabilité [%]
attribuable à la
méthode de mesure

Coeff. de variation de la
méthode de mesure



Modern industrial hygiene (2008)

Représentativité de la mesure

- Probabilité qu'un échantillon dépasse une norme de 200 ppm
moyenne: 50 ppm, écart-type 2.0
- Stratégies d'échantillonnage
 - EN Norm 689:2016
 - INRS (2009)

Plus on mesure, plus on a de chance de dépasser la norme.

Tinnenberg 2001

Nbre de mesures	Probabilité
0	0 %
1	2 %
2	5 %
5	10 %
10	19 %
20	36 %
50	75 %
90	99.1 %

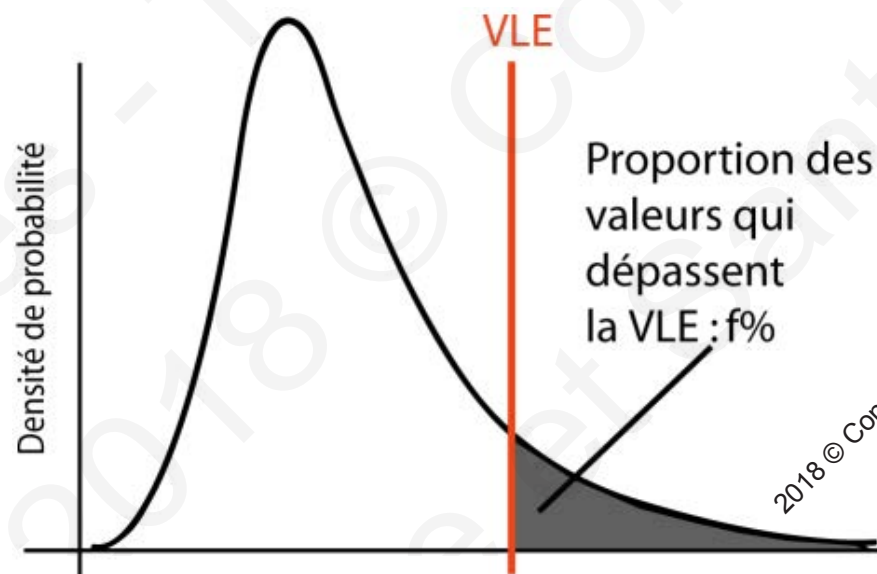
(BOHS Technical Guide N.11)

Approche pragmatique

- «Action level», agir à une fraction de la norme
- Worst-case

Approche probabiliste

- Probabilité de dépassement de la VLE, d'une distribution log-normale (μ , σ)
- 5% de chances de dépassement



Caractérisation:

$$\sigma \cong s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_g = \exp \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln \frac{A_i}{\mu_g})^2}{n}}$$

Exemple, interprétation d'une campagne de mesure

- Stratégie de mesure (INRS 2009)
 - 3 x 3 mesures (8h)

- Analyse (AltreX)

VLEP 50 ppm

Conc. [ppm]

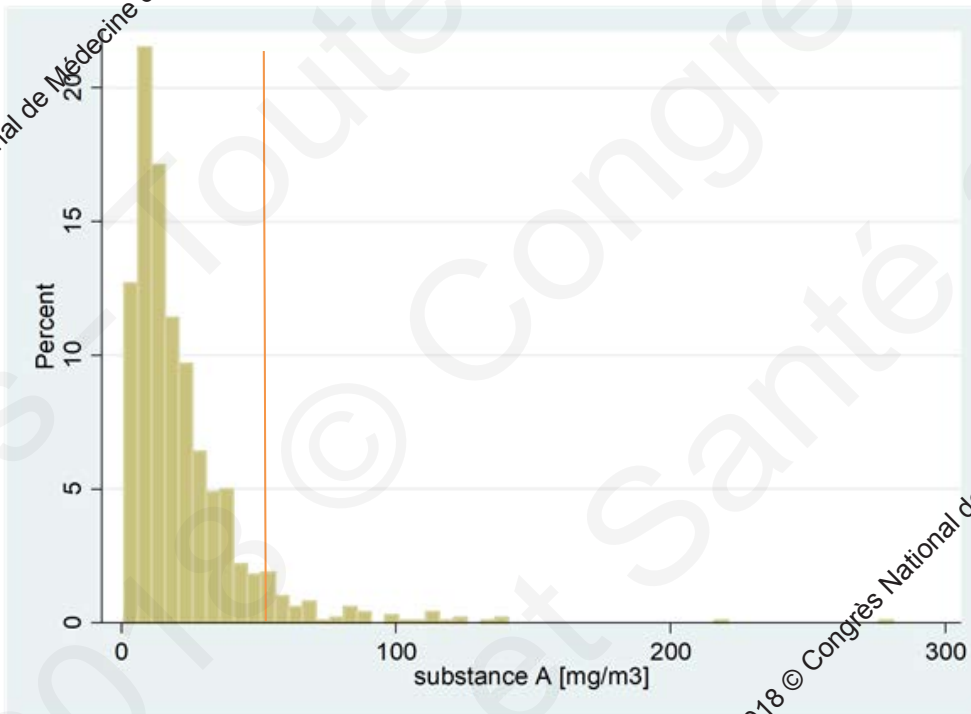
1.019
31.243
25.270
26.007
10.150
21.138
16.557
28.261
8.030

Probabilité de dépassement de la valeur limite :	11.55 %
- Intervalle de confiance (p= 70 %) :	5.25 % - 24.16 %
Moyenne arithmétique :	18.63 ppm
Moyenne arithmétique (hypothèse log-normale) :	24.54 ppm
- Intervalle de confiance (p= 70 %) :	16.90 - 51.27 ppm
Les tests statistiques n'invalident pas l'hypothèse de groupe d'exposition homogène.	
Ecart-type géométrique :	2.95
L'hypothèse de distribution log-normale est :	REJETEE

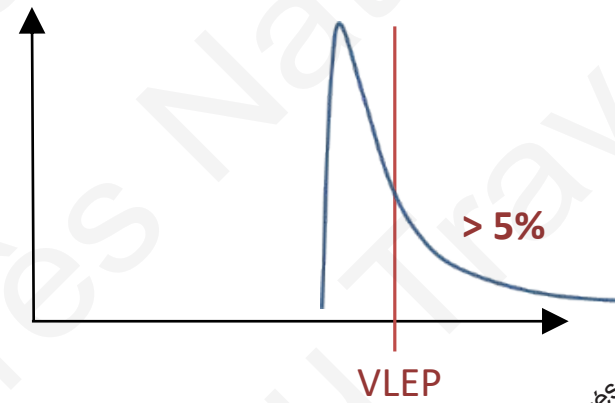
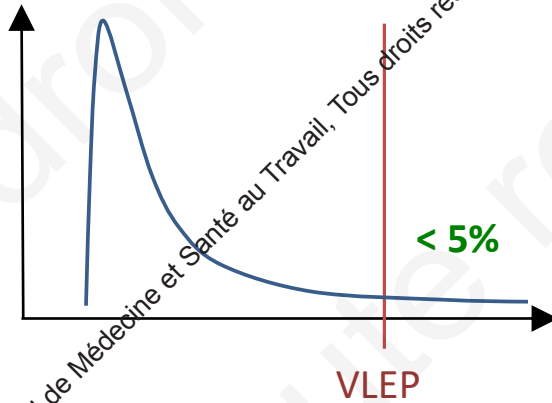
Distribution initiale

– Distribution

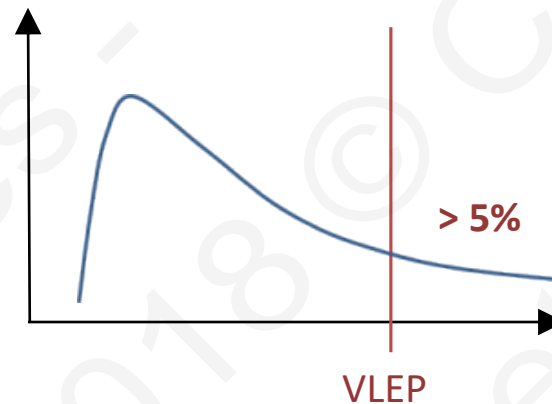
- Lognormale, moy. géométrique 15 mg/m³, moy. arithmétique 22 mg/m³
- GSD 2,3, 95% 57.87 mg/m³



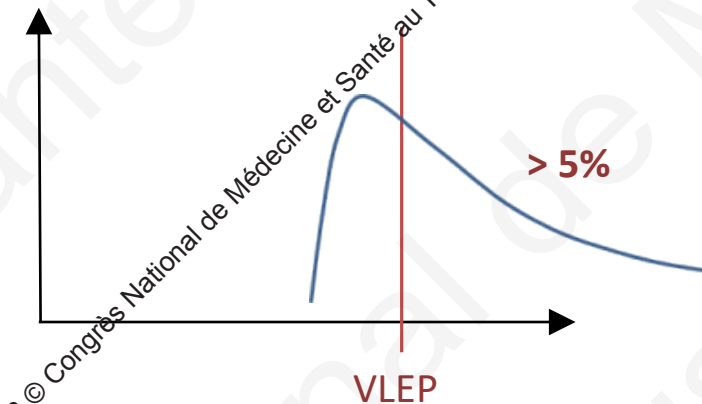
Quelques cas de figure



moyenne élevée



variabilité élevée



variabilité et moyenne élevée

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est formellement interdite.

Conclusion, quelques critères de proportionnalité

- La typologie du danger
 - Réversibilité/irréversibilité des dommages, sévérité



degré de priorité

- L'ampleur du dépassement du seuil acceptable
 - Probabilité de dépassement



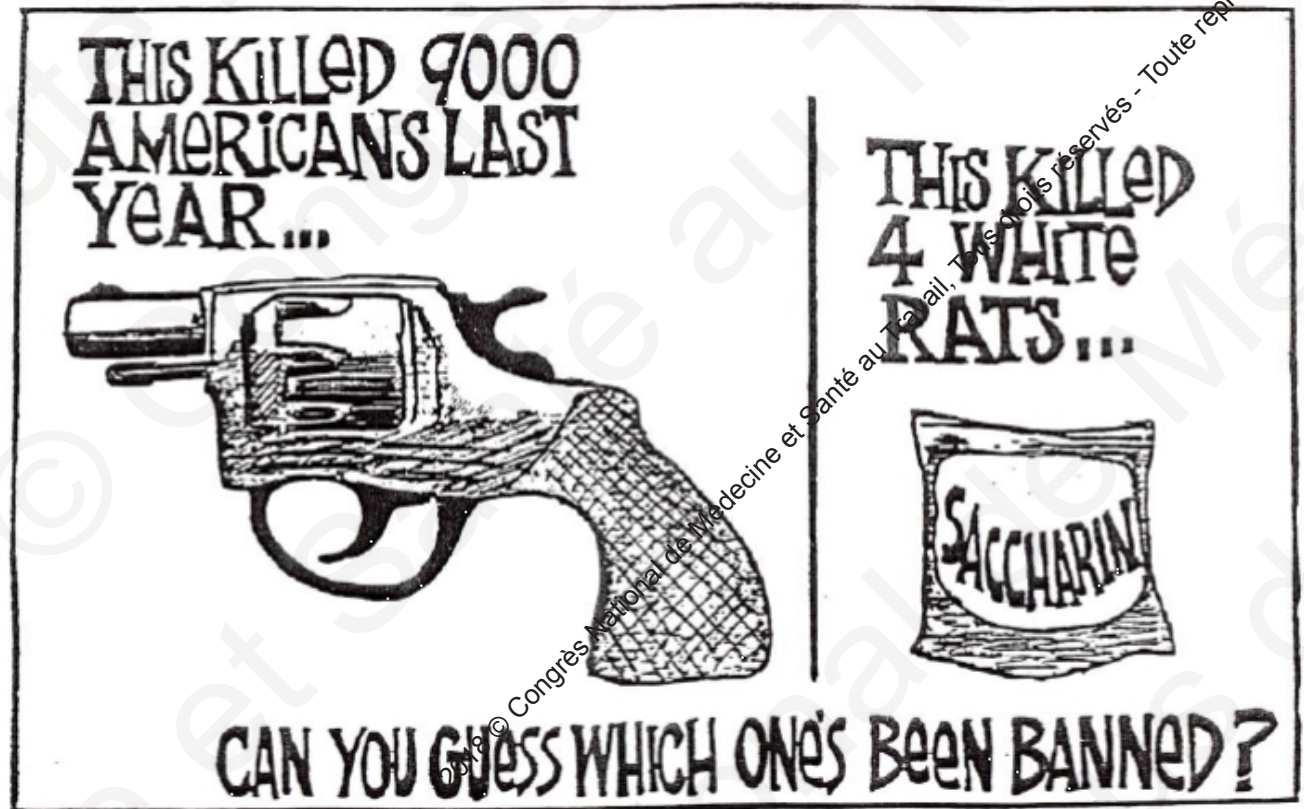
investissement des ressources, degré de priorité

- La distribution des mesures
 - Moyenne, ampleur de l'incertitude



mesures ponctuelles, ciblées vs. mesures pérennes

Merci de votre attention



Institut universitaire romand
de Santé au Travail (IST)

Route de la Corniche 2
1066 Epalinges-Lausanne

+41 21 314 74 21

info@i-s-t.ch
www.i-s-t.ch