

Hygiène du travail et protection de la santé lors de l'assainissement de sites pollués

zhaw, Wädenswil – 12.1.2012

Jean PARRAT

Hygiéniste du travail SSHT

Ingénieur de sécurité

Service des arts et métiers et du travail

République et Canton du Jura

1, rue du 24-Septembre

2800 Delémont

032 420 52 30 jean.parrat@jura.ch

Le message du jour

Lors de la procédure relative à l'assainissement d'un site pollué, il faut tenir compte des éléments suivants :

- Travail pluridisciplinaire
 - Tôt : lors du choix des variantes et l'étude de mesures (analyses de risques spécifiques)
 - En continu durant toute la planification des travaux
 - Chez tous les partenaires : maître d'œuvre, autorités, entreprises
- La protection des travailleurs comme critère lors du choix de la variante d'assainissement (variante optimale)
 - Faisabilité, risques, coûts
- Prendre en compte les problèmes spécifiques de la protection des travailleurs!
 - Contamination des surfaces, EPI, programme de mesure en hygiène du travail, suivi en médecine du travail, etc...

Les principales caractéristiques de la problématique de santé travail

- Travail en contact direct avec les substances
- Pas de système fermé, contrairement aux processus industriels courants
- Difficile de contrôler la dispersion chimique :
 - dans l'atmosphère
 - Sur toutes les surfaces (machines, installations, équipements de protection individuels)
- Résultats : des risques directs
- Travailleurs du génie civil souvent peu au courant des risques chimiques réels
- Manque de formation au port des EPI et aux moyens de décontamination

Sites pollués

Quelques dangers classiques pour les géologues

- **Présence de substances toxiques volatiles**
- **Présence de substances toxiques non volatiles**
- **Absorption cutanée**
- **Ingestion de produits indésirables**
- **Travail dans une fouille →**
- **Travail en hauteur**
- **Explosions**
- **Machines de chantier**
- **Circulation**
- **Conditions climatiques**
- **Dangers classiques des chantiers de génie civil**
- **.....**

Ordonnance sur les travaux de construction

OTconst – RS 832.311.141

- Planification des travaux de construction
 - Planification afin de réduire les risques d'accident et de maladie professionnel
 - Si présence de substances particulièrement nocives (p. ex amiante, PCB) : identification approfondie des dangers et des risques + planification des mesures de prévention
 - L'entrepreneur doit vérifier avant la signature du contrat les mesures de préventions nécessaires à assurer la sécurité et la santé des travailleurs

- Applicable pleinement aux travaux d'assainissement

- Tous travaux de génie civil

Pour les chantiers d'assainissement ou d'investigation

- Etablissement d'un **PHS**
 - Plan hygiène et de sécurité

- Base
 - **analyses historiques et investigations préalables**
 - Dangers liées aux travaux (génie civil)
 - Dangers liés aux produits (yc produits de décomposition)
 - Méthode d'assainissement choisie
 - Descriptif des travaux prévus
 - Analyses de risques santé/sécurité préalables

➤ **CONSTAT :**

- Les données issues de l'étude environnementale sont nécessaires à la mise en œuvre des mesures de prévention

Sites pollués : problèmes de santé et sécurité au travail

- **Risques classiques** de la construction et du génie civil
- Application de la solution de branche SSE
- Application de l'ordonnance sur les constructions RS 832.311.141

et

Gérer le risque chimique !



Nocif



Irritant



Toxique



Corrosif



Facilement inflammable



Comburant

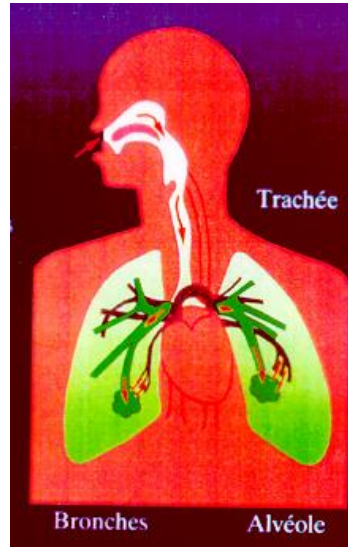


Explosif

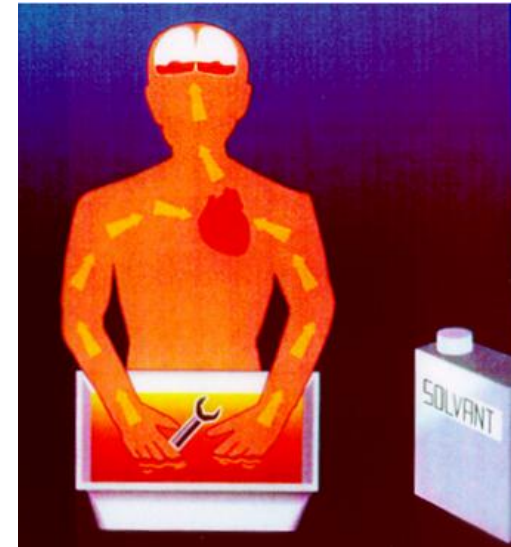


Dangereux pour l'environnement

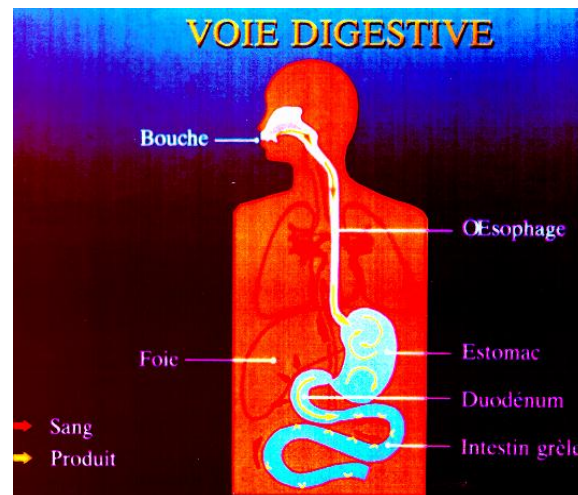
INHALATION



PERMÉATION CUTANÉE



VOIE DIGESTIVE



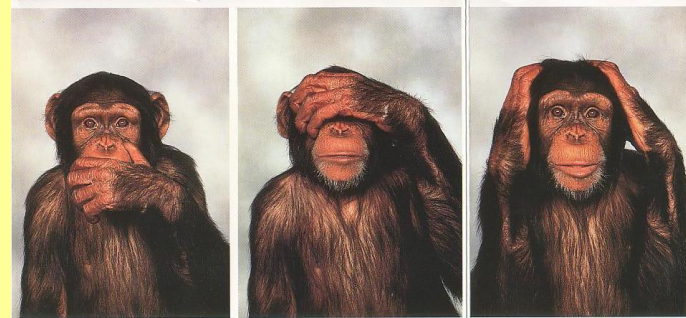
Autres problèmes relatifs à la protection de la santé (hors domaine feu) :

- **Risques liés aux substances chimiques dans l'air**
 - Effets toxiques, doses, expositions multiples
- **Substances CMR**
- **Résorption par la peau**
 - oui / non / contrôle – quelle substance?
- **Risques liés à l'ingestion**
- **Décontamination des surfaces**
 - faisabilité / méthode / efficacité / propagation
- **Efficacité des équipements de protection personnelle**
- **Ergonomie : port des moyens de protection**
 - Heat stress, durée du travail
- **Quels contrôles médicaux spécifiques?**

La SST limitée dans les projets d'assainissement :

- Travaux avec des substances ouvertes :
 - FCKW, yc chlorure de vinyle
 - HAP, Benzène, MTBE
 - PCB
 - Chrome VI, Pb,
 - Mélanges chimiques complexes yc substances actives (DIB), organophosphorés, amines aromatiques, etc.
 - Anciennes décharges bioactives : CH₄, HAP, etc...

- **Dangers non reconnus** :
 - Absorption par la peau
 - Risques chroniques
 - Contamination des surfaces





DU JURA



Quelle efficacité?



Situation de bien des projets d'assainissement de sites pollués

- Risques spécifiques pas intégrés dans l'analyse de risques de la construction et du génie civil
 - Limitation à la seule prévention des accidents
 - Analyse de risques (si elle existe) incomplète
 - Spécificité des contaminants chimiques présents / possibles pas prise en compte ou incorrectement
 - Risques pour la santé largement sous-estimés!





Situation des sites pollués en Suisse

- Obligation de classer :
 - Site potentiellement problématique
 - Étude historique / suivi technique
 - Site pollué
 - Suivi technique
 - Site contaminé
 - Sondage / carottages
 - À assainir

- Aucune disposition précise en matière de protection des travailleurs



Décharges



Aires d'exploitation



Lieux d'accidents



Risques pour les travailleurs

- Dans tous les cas de figure
 - quel que soit le type de décharge



Lors des investigations









**Lors des travaux de
maintenance**



➤ Lors des travaux d'assainissements



Démarche classique courante :

- Sortir les déchets
 - Travaux de génie civil classique
 - Sous toiture
 - Le plus vite possible

- Tri des déchets
 - Plusieurs filières d'élimination

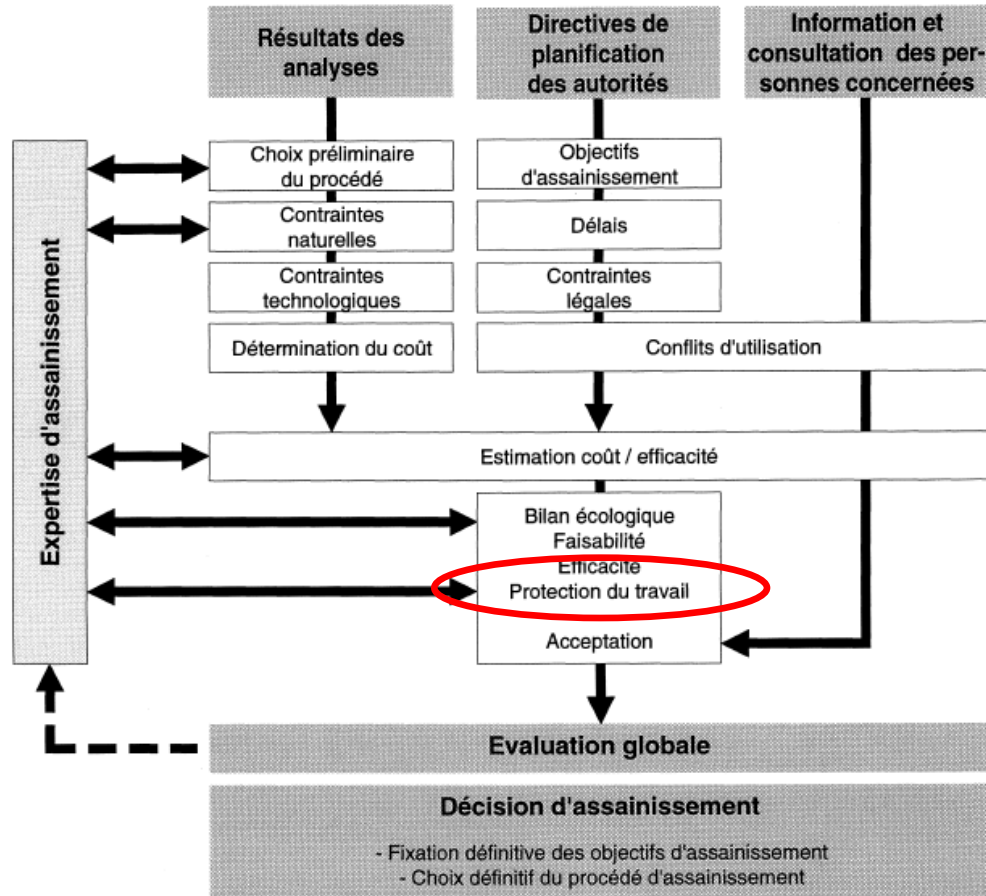


Santé au travail : (aucune) démarche d'analyse de risques préalable!

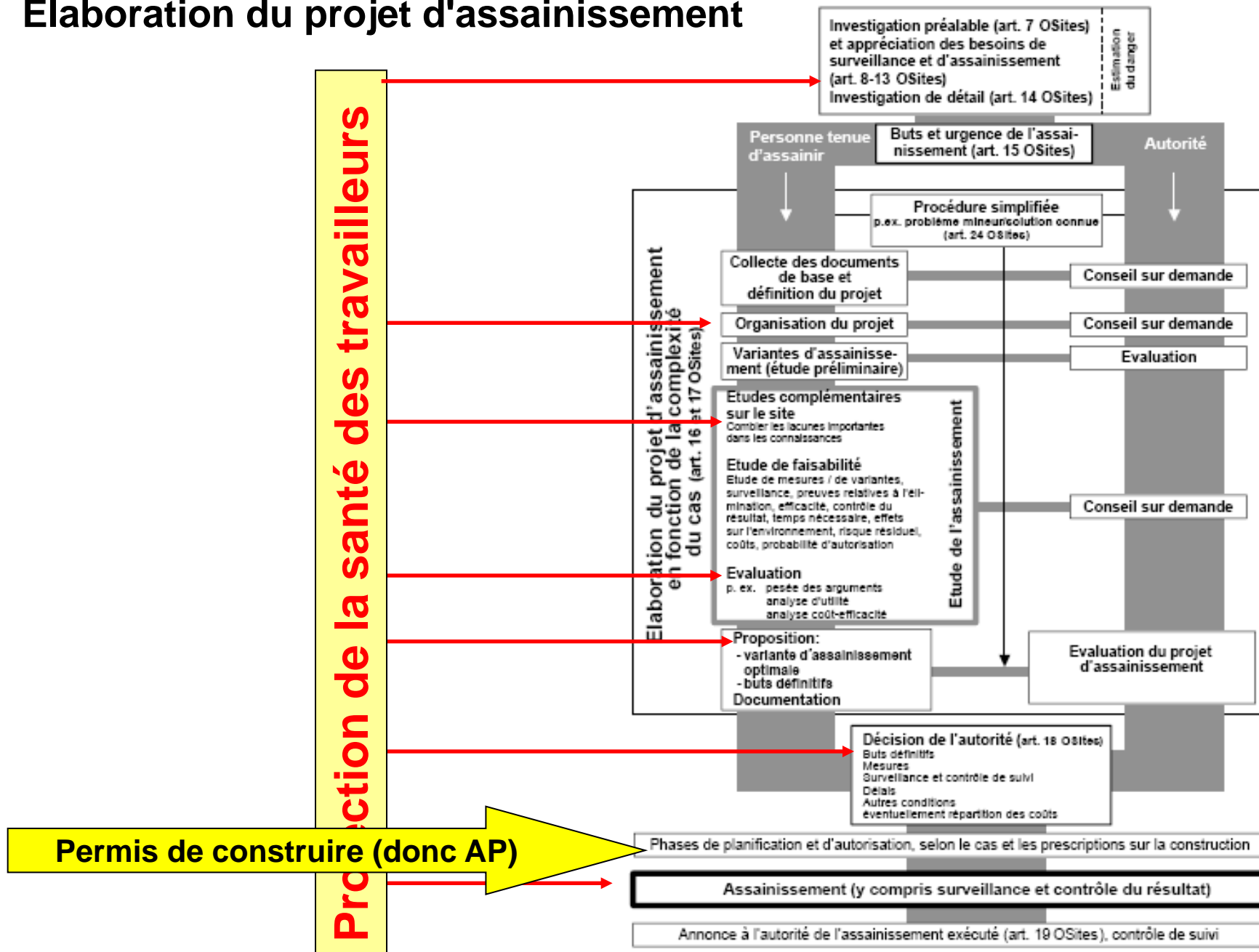
**Notre objectif : l'intégration de la sécurité
au travail et de la protection de la santé
dans le développement du projet et dans
la procédure.**

Choix du procédé d'assainissement

La protection des travailleurs comme critère



Elaboration du projet d'assainissement



Notre constat

- La protection des travailleurs doit être prise en compte pour effectuer le **choix de la méthode d'assainissement**
 - pas de base légale !
- L'intervention d'entreprises non-spécialisées représente un risque accru
- La sectorisation des projets, par spécialité, nuit à la recherche de solutions efficaces
 - pas de pluridisciplinarité
 - objectifs non-cohérents

Elaboration et réalisation du projet d'assainissement : faire appel à des spécialistes MSST

Ingénieur de sécurité
Hygiéniste du travail
Médecin du travail

1. Choix de la méthode d'assainissement : évaluation succincte des risques pour les travailleurs
2. Projet d'assainissement : évaluation fine des risques pour les travailleurs (Analyse de risques)
3. Mise au point des éléments de prévention (STOP)
4. Mise au point du PHS
5. Mise au point du suivi et contrôle en hygiène du travail et médecine du travail

Les étapes principales d'un PHS

- 1.** Principes et objectifs d'hygiène et sécurité au travail
- 2.** Coordination hygiène et sécurité, responsabilités, appel MSST
- 3.** Identification des dangers, évaluation des risques
- 4.** Mise en œuvre STOP – réalisation des mesures
 - Système / Technique / organisationnel / personnel
- 5.** Equipement de protection individuelle (EPI)
 - 1.** Souliers / gants / protection respiratoire / Fit-test / etc...
- 6.** Procédure de décontamination yc vérification
- 7.** Surveillance de la qualité de l'air / contrôle périodique
- 8.** Suivi médical
- 9.** Procédure d'évacuation / alarme / organisation en cas d'alarme
- 10.** Premiers secours
- 11.** Formation du personnel / instruction yc entreprises tiers

Exemple : mixture complexe

Première information : types de déchets

Résidus de distillation

Bois, papier, tissus de filtration

Acides gras et acétique, alcools (solvants)

Composés halogénés

Eaux

Silica gel (utilisé lors de la production de colorants)

Fe (Fûts en métal)

Batteries

Boues d'hydroxides métallique

Sels

Sulfate

Charbon actif

Gypse

Matériaux d'excavation

Munitions, balles tracantes, détonateurs?

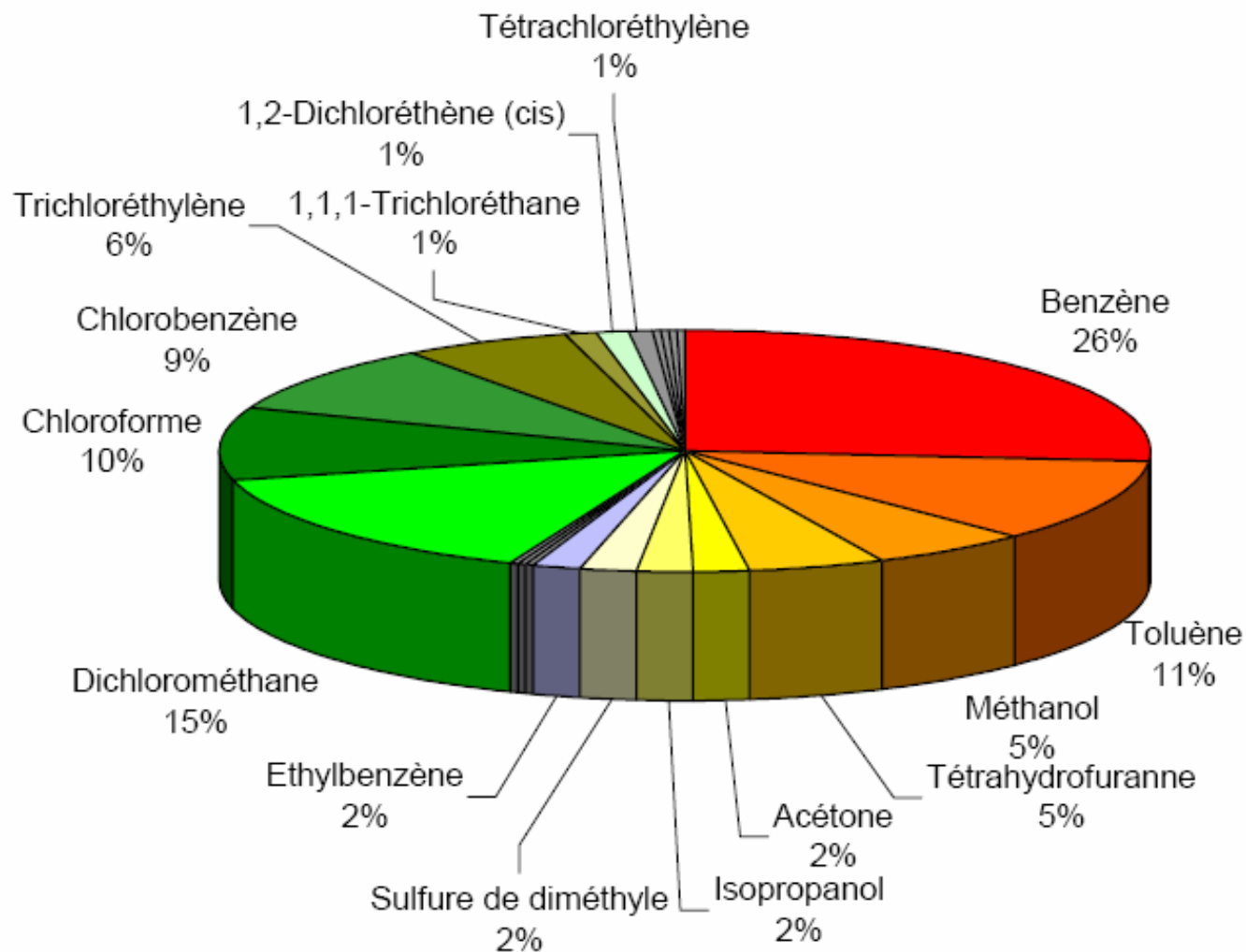
} 10 - 30 %

} 70 - 90 %

Analyses dans les lixiviats : 130 substances

Composés inorganiques	(22)
Alcanes et alcènes halogénés	(36)
Hydrocarbures aromatiques monocycliques	(24)
Composés organiques nitrés	(3)
Phénols	(7)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	(1)
Anilines	(13)
Tetrahydrofurane, Dioxane	(2)
Triazines, urées substituées, carbammates, dérivé de l'acétamide	(22)

Qualité de l'air au-dessus des lixiviats



Investigations historique

	Source ^a	Combustible	Corrosif	Toxique	Effet génétique ^b	Modification de l'état psychique	Trouble de la digestion	Sensibilisant / allergisant	Ingestion	Absorption cutanée	Inhalation	Irritant voies respiratoires	Irritant pour la peau / muqueu-	Irritation du tube digestif	Soluble dans l'eau
Dichlorophénols			+									+	+	+	
Chlorure de vinyle				+	+						+				
Acides organiques aromatiques	C	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
Anhydride phtalique et ses dérivés	P	+	+				+		+		+	+	+	+	+
Phtalates	P	+				+	+		+		+		+		+
Anthraquinone	C	+													+
Nitrobenzène	A/C	++		+	+					+	+		+	+	
Nitrophénol						+									
Dinitrophénol								+							
2,6-dinitrotoluène								+				+	+		
Amines aromatiques	C	+		++	++		+	+	+	+	+	+	+	+	
Aniline	C	+		+		+				++	+		+		+
Chloraniline				+	+			+	+	+	+	+	+	+	
Dichloraniline				+								+	+	+	
Dérivés alkylés de l'aniline				+	+			+	+	+					
Toluidine	C	+		+	+				+	++	+				
Anisidine	C	+			+			+	+				++		+

Importance de la voie cutané

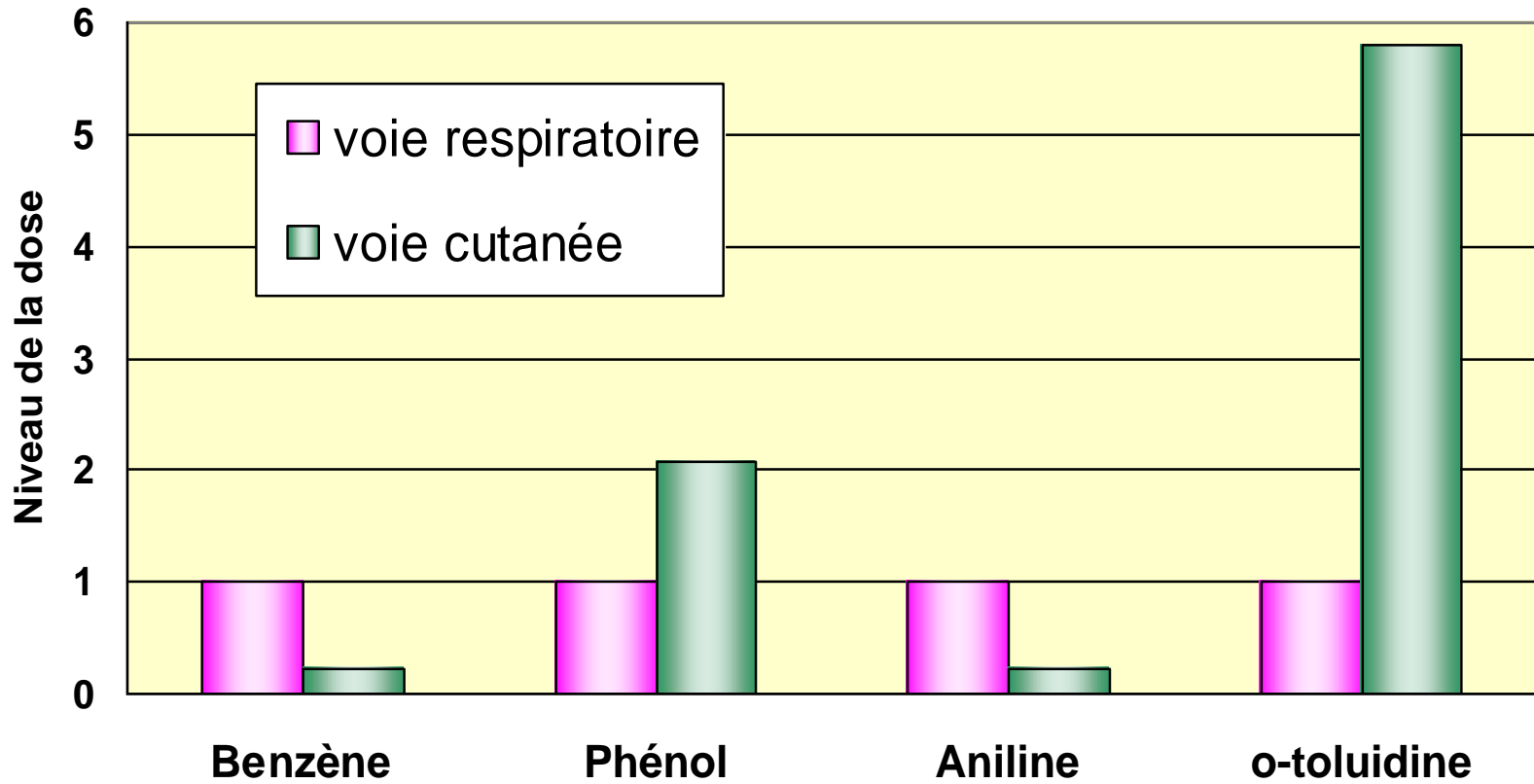
Exemple :

Inhalation durant **8 heures** à la VME

Exposition cutanée de 260 cm² de peau durant **15 minutes**

	Dose par inhalation	Dose par voie cutanée	Cutané / Inhalation
	[mg]	[mg]	%
Benzène	11	1 à 5	10 - 50
Phénol	150	310	200
Aniline	72	16	20
O-toluidine	5	29	600

Comparation voie respiratoire / voie cutanée



Exemple : site pollué au TRI et PER

Tableau 1 : composition des contaminants présents

Substance	Proportion dans l'air interstitiel [%]	Proportion dans le sol* [%]
Perchloroéthylène	73	50
Trichloroéthylène	22	46
Dichloroéthylène	2	3
Chlorure de vinyle	3	0.04
Tétrachlorure de carbone	-	0.01
Chloroforme	-	0.006
Autres	-	0.944

*moyenne dans les sols établis à partir de 37 échantillons présentant des concentrations significatives

Le risque chloré

Substance	PE	Tvap [mbar], 20°C	VME [mg/m ³]	
MetCl	41	465	180	
CHCl ₃	61	213	2.5	R
TRI	87	80	260	R C2
PER	121	19	345	
1,1,1-tri	74	133	1080	R
Chlorure de vinyle	-13.4	3340	5.2	C1
Trichlorbenzène	209	7	38	R
Tetrachlorethane	146	6	7	R
<i>Benzène</i>	80	100	1.6	R C1

Chlorés : absorption par la peau!

TABLE I. Dermal Flux into the Skin of the Neat Solvents (J_{skin}) (Mean Values \pm SE) and Estimated Dermal Uptake in Relation to the Respiratory Uptake at the OEL

	Dermal Exposure		Inhalatory Exposure		
	J_{skin} (nmol/cm ² /min)	Dermal Uptake ^a (mmol)	OEL ^b (mg/m ³)	Respiratory Uptake (mmol)	Dermal/Respirator Uptake (%)
111TRI (slow)	22 \pm 11	0.2	1910	9.6	2
111TRI (fast)	90 \pm 92	0.8	1910	9.6	8
111TRI (all)	56 \pm 52	0.5	1910	9.6	5
TRI	430 \pm 295	3.7	269	3.1	119
TETRA	69 \pm 27	0.6	170	1.3	46
TOL	223 \pm 81	1.9	188	3.6	53
XYL	46 \pm 17	0.4	434	8.3	5

^aExperimental values of J_{skin} from the present study extrapolated linearly to the skin area of 360 cm² and exposure duration of 3 min repeated eight times during workday.
^bTLV-AACGIH⁽¹⁴⁾
^c8-hr exposure, alveolar minute volume 11 L/min. Respiratory retention: 111TRI: 0.20⁽¹⁵⁾, TRI: 0.45⁽¹⁶⁾; TETRA: 0.38⁽¹⁷⁾; TOL: 0.53⁽¹⁸⁾ and XYL: 0.6⁽¹⁹⁾.

Source : Dermal Absorption of Neat Liquid Solvents on Brief Exposures in VolunTERS, Kezic and all; AIHAJ, Vol 62, No 1, pp 12-18, 2011



DE CERENVILLE
GEOTECHNIQUE

Projet d'assainissement - installations



Assainissement d'un site de créosotage de poteaux de bois

- Risques reconnus classiques :
 - Aromatiques légers volatils (type BETEX, crésols). Charge faible

- HAP dans l'air :
 - HAP : BaP dans l'air – VME (F) : 150 ng/m³, R
 - Mesures : 11 – 140 ng/m³ (n=10)

- 1-hydroxypyrrène urinaire – pas de valeur limite
 - **Résorption cutanée importante!**

Ancienne usine à gaz

BETEX

Produit	VME (France) (mg.m ⁻³)	TLV-TWA (ACGIH - USA) (mg.m ⁻³)
Benzène	16	32
Ethylbenzène	435	434
Toluène	375	188
Xylènes (tous iso- mères)	435	434

Indice d'exposition (< 1)

Nombre de tubes échantillonnés	5
Indice d'exposition (minimum - maximum)	< 0,01 - 0,02
Nombre de dépassements de la valeur limite	0



Ancienne usine à gaz

➤ **HAP – VME BaP (F) : 150 ng/m³**

Nombre de filtres échantillonnés	5
Gamme d'exposition (minimum - maximum) (ng.m ⁻³)	6 - 430
Nombre de dépassements de la valeur limite	3

Cabine ventilé/climatisée :
24 ng/m³

Cabine standard :
141 à 430 ng/m³

Les poussières représentent le problème de santé au travail prioritaire!



Assainissement d'une butte de tir

- Pb -

- Exposition par la inhalation de la poussière
- Exposition par ingestion (sandwich, etc.)
- Mesures de prévention :
 - rabattage des poussières : pas souhaité
 - hygiène générale
 - cabine climatisée fermée





**Assainissement des
Buttes de tir :
Quelle exposition au Pb?**



Butte de tir (Pb) : mesures

- Poussières inhalables dans l'environnement
- Poussières inhalables sur les personnes au travail
 - VME : 100 µg / m³
- Plomb sanguin en fin de travail (plusieurs semaines)
 - VBT hommes : 400 µg/l (4.9 µmol/l)
 - VBT femmes (< 45 ans) : 100 µg/l (1.2 µmol/l)

Butte de tir : résultats Pb

Pb sanguin

	Avant nmol/l	Après nmol/l
Géologue	36	64
Machiniste 1	118	25
Machiniste 2	-	114
Machiniste 3	99	78

Pb (fraction inhalable) dans l'air [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

cabine pelleteuse	chargeur	géologue	extérieur
0.48	10.4	1.56	0.24
0.2	0.28	3.99	3.24
0.64	0.25	0.61	11.59
2.58	0.13	0.37	0.21
0.22	0.15	0.56	0.13
0.47	0.46		
0.3	0.34		
0.11			

Assainissement de sites pollués

Quelques problèmes

- Sous-estimation du risque aigu et/ou chronique
- L'entreprise (et donc l'employeur et les travailleurs concernés) n'est connue que tardivement
- Les choix méthodologiques sont souvent réalisés sans tenir compte de la protection des travailleurs
- Souvent, les entreprises (et les travailleurs) en charge des travaux ne sont pas au fait des risques chimiques effectifs
- Sous-estimation de certains problèmes, notamment la contamination par contact avec les surfaces
- Méconnaissance de la spécificité des EPI
- Suivi médical ignoré

Références

- Hazardous Waste Handling Pocket Guide. Ed.: Genium Publishing Corporation, 1999. c/o ACGIH.org
- Health and Safety at Hazardous Waste Sites. An investigator's and Remediator's Guide to Hazwoper. Ed. : John Wiley&Sons, 1997. c/o ACGIH.org
- Hazardous Waste Site Operations : A training Manual for Site Professional. Ed : John Wiley&Sons, 1996, c/o ACGIH.org
- Hazardous Waste Operations & Emergency Response Manual and Desk Reference. Ed: McGraww-Hill, 2002. c/o ACGIH.org
- Protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitations de sites industriels pollués. INRS, France, 1998. inrs.fr
- Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit : BGR 128 : Kontaminierte Bereiche, April 1997, aktualisierte Fassung 2006

Quelques sites internet :

<http://www.osha.gov/SLTC/hazardouswaste/index.html>

<http://www.cdc.gov/niosh/85-115.html>

http://www.inrs.fr/htm/protection_travailleurs_sur_chantiers.html

<http://www.suva.ch>, lien : SuvaPro -> WasWo (documentation)

Google : Hazwoper