



© P. Delapierre / INRS



SOUDAGE DE MÉTAUX

EXPOSITION AUX FUMÉES DE SOUDAGE CIRC 1

SOURCES D'ÉMISSION^{1,2}

95% des composants des fumées proviennent des produits d'apport (fil, électrode fusible, baguette) → FDS du métal d'apport.

- **Particules ultrafines** (< 1 µm) : oxydes métalliques (Fe / Cd / Cr / Al / Ni / Mn / Be / Co / Zn...), silicates, fluorides.
- **Gaz émis par l'opération de soudage** : CO, NO, NO₂, O₃.
- **Gaz émis par la dégradation thermique ou photochimique** du revêtement des pièces : fluor F₂ (voir Autres Polluants).
- **Gaz protecteurs** (Ar, He).

VARIABLES IMPORTANTES³

- Nature du métal d'apport (surtout) et du métal de base (2^o intention)
- Technique de soudage
- Travail en milieu confiné
- Temps passé à souder / meuler
- Système de ventilation

ACTIVITÉS POLLUANTES

- **Oxycoupage**,
- Soudage à l'arc électrique sous protection gazeuse (**MAG**, MIG, TIG),
- Soudage à l'arc électrique manuel **avec électrode enrobée**, au fil fourré,
- Soudage par énergie thermochimique (chalumeau),
- Soudage au plasma,
- Soudage par point,
- Soudage laser,
- Brasage fort (> 450 ° C),
- Meulage d'électrodes

VOIES D'ABSORPTION



Respiratoire +++



Cutanée



Orale indirecte (contamination des mains et de la nourriture)

RISQUES SANITAIRES



Cancer broncho-pulmonaire⁴ (niveau de preuve suffisant pour les fumées de soudage)



Cancer du rein⁴ (niveau de preuve limité pour les fumées de soudage)



Irritation VAS, pneumoconiose, asthme, BPCO, syndrome de Brooks¹



Brûlures oculaires, kératoconjonctivite, cataracte²



Syndrome pseudo-parkinsonien lié au Manganèse²

SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE²

MÉTAL D'APPORT / DE BASE	BIOMARQUEURS	PROTOCOLE SBEP RECOMMANDÉ
Acier noir	Manganèse sanguin Cadmium urinaire	FS-FP⁵ Indifférent (tous les 5 ans) ⁶
Acier galvanisé ou électro-zingué	Manganèse sanguin Cadmium urinaire	FS-FP⁵ Indifférent (tous les 5 ans) ⁶
Acier inoxydable	Chrome urinaire (<i>Cr érythrocytaire dans le futur quand il aura été validé</i>) ¹³ Nickel urinaire	FS-FP +/- DS-DP (niveau de base) ⁷ Composés solubles : FS-FP +/- DS-DP Composés insolubles : FS-FP +/- retour de vacances⁸
Aluminium	Aluminium urinaire	
Autres	A déterminer (FDS) : cadmium urinaire, plombémie, cobalt urinaire, antimoine urinaire...	Rappel : pas de biométrie en pratique courante pour cuivre, zinc et fer. ²

VALEURS BIOLOGIQUES D'INTERPRÉTATION

BIOMARQUEURS	VBI EN MILIEU PROFESSIONNEL	VBR EN POPULATION GÉNÉRALE
Mn sang total¹²		< 13 µg/L (<i>Cesbron 2013</i>) < 16 µg/L (<i>CDC 2018</i>)
Mn plasmatique		< 1 µg/L (<i>Cesbron 2013</i>)
Cd urinaire	< 2 µg/g de créatinine (<i>RAC 2020</i>)	< 0,8 µg/g de créatinine < 1 µg/g de créatinine (<i>ANSES 2018</i>)
Cr urinaire	< 1,8 µg/g de créatinine (exposition Cr VI) (<i>ANSES 2014</i>)	< 0,5 µg/g de créatinine (< 60 ans) < 1 µg/g de créatinine (≥ 60 ans) (<i>INVS 2011</i>)
Ni urinaire	Composés solubles < 30 µg/L Composés insolubles < 5 µg/L (<i>ACGIH 2020</i>)	< 4 µg/g de créatinine < 4 µg/g de créatinine (<i>INVS 2011</i>)
Al urinaire	< 3 µmol/L (80 µg/L) (<i>FIOH 2014</i>)	< 11,5 µg/L (13,3 µg/g de créatinine) (<i>Nisse 2017</i>)
Be urinaire	< 0,08 µg/L (0,06 µg/g de créatinine) (<i>Devoye 2019</i>)	< 0,007 µg/L (<i>ANSES 2018</i>)

POSTES À SUIVRE EN PRIORITÉ¹¹

Soudeurs MAG
Soudeurs à électrode enrobée
Meuleurs d'électrodes en tungstène

AUTRES POLLUANTS À SURVEILLER

Produits de dégradation du revêtement des pièces de base (graisses, solvants chlorés, peintures, résines, lubrifiants, décapants) : phosgène (COCl₂), aldéhydes (RCHO), phosphène (PH₃), acide cyanhydrique (HCN), fluor (F₂), chlorure d'acétyle (CH₃COCl)².

Thorium-232 (radioéléments α et β par meulage d'électrodes en tungstène)¹¹

Hydrocarbures aromatiques polycycliques¹¹

Rayonnements UV (mélanome oculaire CIRC1) ^{1,4}

Amiante (soudeurs de l'industrie navale) ¹

OUTILS D'AIDE A L'EVALUATION DU RISQUE CHIMIQUE¹⁴

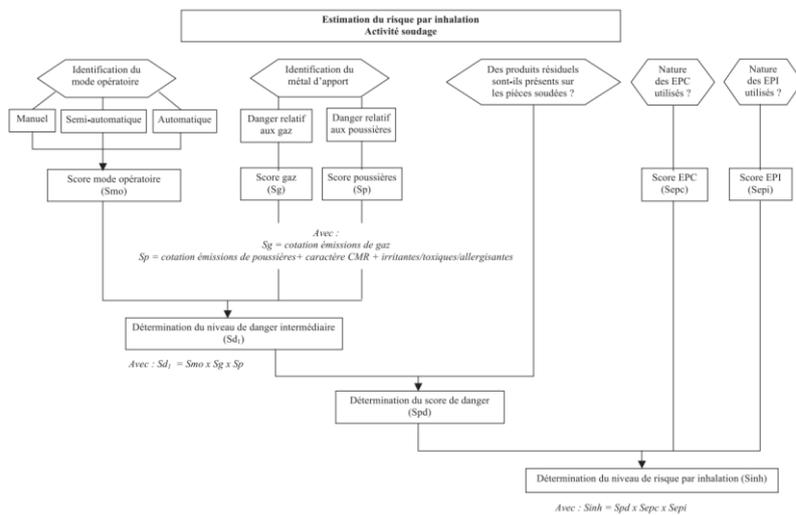


Tableau 2
Exemple de classement des procédés de soudage en fonction des émissions de gaz.

Procédés de soudage	Cotation des émissions (Sg)	Intensité des émissions
TIG	1	+
MIG	1	+
MAG	2	++
Électrode enrobée	2	++
Oxycoupage	3	+++

Tableau 3
Exemple de classement des procédés de soudage en fonction des émissions de poussières.

Procédés de soudage	Cotation des émissions	Intensité des émissions
Par pression	1	+
TIG (métaux non ferreux)	2	++
Laser	3	+++
TIG (Acier inox)	4	++++
Plasma	5	+++++
Électrode enrobée	6	+++++

Tableau 4
Exemple de classement des procédés de soudage en fonction de la dangerosité des poussières.

Procédés de soudage	Cotation du caractère « irritant/toxique/allergisant »	Cotation du caractère « surcharge pulmonaire »	Cotation du caractère « CMR »
TIG (acier)	1	1	0
Par pression (acier inox)	2	1	1
TIG (acier inox)	3	1	2
Électrode enrobée (acier)	4	3	1
Électrode enrobée (métaux non ferreux)	5	3	2
MAG (acier inox)	6	2	3

Score de danger (Sd1)	Classe de danger	
0 ; 9	1	Faible
10 ; 99	2	Moyen
100 ; 199	3	Elevé
200 ; ...	4	Fort

Figure 3. Score et classe de danger.

BIBLIOGRAPHIE

- Thaon I. Risques toxiques et pathologies professionnelles liés au soudage métallique. Dans: Encyclo Méd Chir, Pathologie professionnelle et de l'environnement, [Article 16-538, B-10], 2001.
- Persoons R, Maitre A. 35^e Journées Nationales de Santé au Travail dans le BTP ; 22-24 mai 2019 ; Metz(France). Exposition aux fumées de soudage et surveillance biologique.
- Persoons R, Arnoux D, Monssu T, Culié O, Roche G, Duffaud B, et al. Determinants of occupational exposure to metals by gas metal arc welding and risk management measures: a biomonitoring study. Toxicol Lett. 1 déc 2014;231(2):135-41.
- IARC. Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; 2016; Lyon (France). Welding, molybdenum trioxide, and indium tin oxide. IARC Monographs, 118. 2018. 310 p.
- 5-10 INRS. Base de données Biotox. 2022
- 11 INRS. Fiche d'aide au repérage n°15 Soudage/brasage des métaux [En ligne]. 2015 [cité le 27 avril 2023]. Disponible: <https://www.inrs.fr/media.html?ref=INRS=FAR%2015>
- 12 Stanislawska M, Janasik B, Kuras R, Malachowska B, Halatek T, Wasowicz W. Assessment of occupational exposure to stainless steel welding fumes - A human biomonitoring study. Toxicol Lett. 2020 Sep 1;329:47-55
- 13 Ndaw S, Leso V, Bousoumah R, Rémy A, Bocca B, Duca RC et al. HBM4EU chromates study - Usefulness of measurement of blood chromium levels in the assessment of occupational Cr(VI) exposure. Environ Res. 2022 Nov;214(Pt 1):113758.
- 14 M. Blandin, S. Pachura, D. Magot, J.-P. Staudt. Un outil d'aide à l'évaluation du risque chimique par inhalation pour l'activité de soudage. Arch Mal Prof Env. 2018;79(2):147-159.