

un
nouveau
souffle
dans le
BTP

**LES
PARTICULES
FINES**

**Fumées de soudage :
dispositions
réglementaires
et mesures de prévention**

du **22** au **24**
MAI 2019

METZ

Centre des Congrès
Robert Schuman

Myriam RICAUD

Institut National de Recherche et de Sécurité

Département Expertise et Conseil Technique



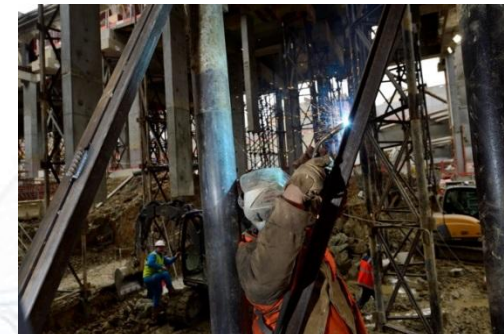
Le soudage des métaux



Les activités de soudage des métaux s'exercent dans de nombreux secteurs professionnels dont le BTP, **que ce soit en production, en construction ou en maintenance, en atelier ou sur chantier.**

Ces activités présentent de **multiples risques** pour la santé et la sécurité des salariés : **intoxication**, brûlures de la peau, lésions oculaires et auditives, TMS, etc. qui varient en fonction des procédés mis en œuvre, des matériaux utilisés, des gaz employés, etc.

Les activités de soudage peuvent ainsi provoquer **des accidents et des pathologies professionnelles chez les soudeurs** mais également **chez les salariés amenés à effectuer des opérations de préparation et de parachèvement des pièces soudées** (découpe, ponçage, formage, meulage, etc.).



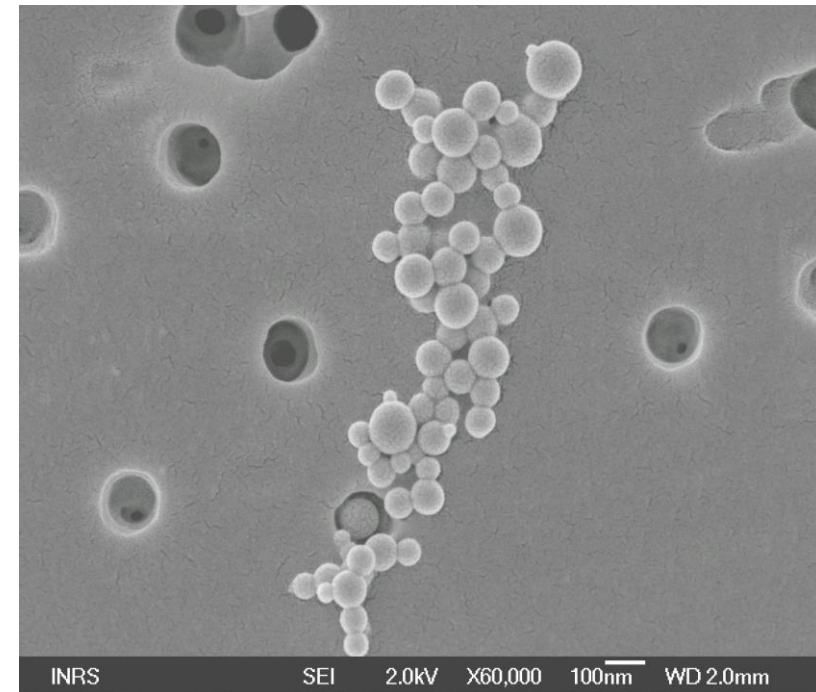
La composition des fumées de soudage

Du fait des hautes températures atteintes au point de fusion, les différents procédés de soudage émettent des **fumées qui peuvent être inhalées par les soudeurs et les personnes qui travaillent à proximité.**

Fumées : gaz + poussières*

(en proportions variables suivant le procédé)

*particules métalliques et d'oxydes métalliques possédant un diamètre généralement inférieur à 0,1 µm (soit 100 nm) → **particules ultra-fines**



Fumées de soudage observées en microscopie électronique à balayage

La composition des fumées de soudage

● Les gaz

Les gaz protecteurs des opérations de soudage : argon, hélium, dioxyde de carbone ;

Les gaz émis lors des opérations de soudage : monoxyde de carbone, ozone, oxydes d'azote...;

Les produits émis lors de la dégradation thermique ou photochimique des revêtements des pièces : phosgène, aldéhyde formique, cyanure d'hydrogène...

● Les poussières

Les particules métalliques et d'oxydes métalliques :

- oxydes de fer,
- oxydes de manganèse,
- oxydes d'aluminium,
- composés du chrome VI,
- oxydes de nickel,
- oxydes de zinc,
- oxydes de cadmium,
- oxydes de béryllium,
- dioxyde de thorium,
- oxydes de cobalt,
- fluorures,
- composés du baryum,
- oxydes de potassium,
- dioxyde de titane,
- oxydes de plomb,
- oxydes de cuivre...



La composition des fumées de soudage

La composition et le débit d'émission des fumées de soudage dépendent :

- ➔ du procédé de soudage ;
- ➔ du diamètre du fil ou de l'électrode ;
- ➔ de la composition et de l'épaisseur de l'enrobage ou du flux ;
- ➔ de la composition du fil ou de l'électrode ;
- ➔ des paramètres de soudage : intensité, tension, longueur d'arc, etc. ;
- ➔ de la position de soudage : à plat, en angle, etc. ;
- ➔ de la nature de l'opération de soudage : assemblage ou rechargement ;
- ➔ du débit et de la composition du gaz protecteur ;
- ➔ de la composition du métal de base et de son préchauffage éventuel ;
- ➔ de la présence de revêtements (contenant du zinc, du plomb, etc.) ou de contaminants sur le métal de base (salissures, graisses, traces de solvants, etc.).

} **Produit
d'apport**



La composition des fumées de soudage

Risque dû au métal
de base :
acier inoxydable, acier galvanisé, etc.

Risque dû au métal
d'apport :
fil, électrode enrobée, etc.

Risque dû au
revêtement :
graisse, peinture, huile, etc.

NIVEAU DE RISQUE GLOBAL

Risque dû aux gaz :
argon, ozone, phosgène, etc.

!!!! 95 % des constituants des fumées de soudage proviennent des produits d'apport → fiche de données de sécurité (il convient de sélectionner de préférence les produits d'apport les moins dangereux et les moins émissifs).

La prévention du risque chimique

↪ En 1990, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les fumées de soudage **comme** **cancérogène de catégorie 2B, agent pouvant être cancérogène chez l'homme** (monographie 49).

Ce classement a été revu en 2018 et **les fumées de soudage ont été classées dans le groupe 1, agent cancérogène pour l'homme** (monographie 118). Elles ne sont pas classées par l'Union Européenne.

↪ **Parmi les nombreux polluants gazeux et particulaires** émis lors des travaux de soudage, certains sont classés cancérogènes par l'Union Européenne (UE) et/ou par le Centre international de recherche sur le cancer.



La prévention du risque chimique

Classification des principaux agents cancérogènes rencontrés lors des activités de soudage		
Constituants des fumées de soudage	Union Européenne	Centre international de recherche sur le cancer
Béryllium	1 B (par inhalation)	1
Cadmium	1 B	1
Chrome VI (composés)	1 A	1
Cobalt (et composés)	/	2 B
Dioxyde de titane	/	2B
Formaldéhyde	2	1
Certains composés du nickel : monoxyde de nickel, trioxyde de nickel	1 A (par inhalation)	1
Plomb	2 (composés du plomb)	2 B (métal) 2 A (dérivés inorganiques)
Pentoxyde de vanadium	/	2B
Rayonnements ionisants alpha (thorium)	/	1

La prévention du risque chimique



↪ Les règles générales de prévention du risque chimique établies par les articles **R. 4412-1 à R. 4412-58** du Code du travail.

↪ Des mesures particulières de prévention, prescrites dans les articles **R. 4412-59 à R. 4412-93** du Code du travail, lors de toute opération exposant à un agent cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction (CMR) de catégorie 1A ou 1B.



Les valeurs limites d'exposition professionnelle

Le Code du travail définit les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) aux agents chimiques (**article R. 4412-4**). Il dresse la liste des VLEP réglementaires contraignantes (**article R. 4412-149**) et renvoie à des arrêtés pour les VLEP réglementaires indicatives (**article R. 4412-150** et **arrêté du 30 juin 2004 modifié**).

En France, la valeur limite d'exposition professionnelle sur huit heures (VLEP-8h) pour la totalité des particules composant les fumées de soudage est de **5 mg/m³**.

Les valeurs limites d'exposition professionnelle de chaque constituant des fumées doivent également être respectées.

!!!! Les valeurs limites d'exposition professionnelle sont un objectif minimal, il convient de choisir les pratiques et les équipements visant à abaisser les niveaux d'exposition à **des valeurs aussi basses que possible**.



Les valeurs limites d'exposition professionnelle

Principaux constituants des fumées de soudage	Valeur limite d'exposition professionnelle (mg/m ³)
	VLEP 8h / VLEP CT
Aluminium (fumées de soudage)	5
Aluminium (Al ₂ O ₃)	10
Dioxyde d'azote	6
Monoxyde d'azote	30
<i>Baryum (composés solubles)</i>	0,5
Béryllium (et composés)	0,002
Cadmium (oxyde)	0,05
Chrome VI (composés)	0,001 / 0,005
Cuivre (fumées)	0,2
Dioxyde de titane	10
Fer (Fe ₂ O ₃ , fumées)	5
<i>Fluorures</i>	2,5
Manganèse (Mn ₃ O ₄ , fumées)	1
Monoxyde de carbone	55
Nickel et oxydes de nickel (NiO et Ni ₂ O ₃)	1
Ozone	0,2 / 0,4
Phosgène	0,08 / 0,4
Plomb (métallique et composés)	0,1
Zinc (oxyde, fumées)	5

La démarche de prévention

Les règles générales de prévention du risque chimique consistent à supprimer ou à réduire au minimum le risque d'exposition à des agents chimiques dangereux.

Les principes sont appliqués dans l'ordre suivant :

- 1 substitution par un autre procédé d'assemblage moins dangereux,
- 2 réduction de la quantité d'agents chimiques dangereux émis,
➡ ➡ ➡ **Privilégier les produits d'apport moins dangereux et moins émissifs**
- 3 captage à la source des polluants,
- 4 ventilation générale,
- 5 traitement de l'air extrait,
- 6 port d'un appareil de protection respiratoire.



La substitution des procédés

- 1 Certains procédés développés par les fournisseurs d'équipements présentent la particularité d'être moins émissifs.

Bien que ces matériels ne puissent pas être systématiquement utilisés, il est cependant nécessaire de les connaître et de privilégier leur utilisation si les productions réalisées le permettent.

A titre d'exemples peuvent être cités :

- Le soudage à l'arc submergé ou soudure sous flux : *l'arc est recouvert par un flux (supprime le « coup d'arc ») et les dégagements de poussières sont faibles,*
- Le soudage TIG réalisé suivant un mode semi-automatique : *cette technique est moins émissive que le soudage MIG/MAG semi-automatique,*
- Le soudage par friction – malaxage : *cette technique ne nécessite pas de matériaux d'apport et ne génère pas de fumées.*



La réduction des émissions



② Pour réduire l'émission de fumées, des modifications de procédé peuvent être explorées sous réserve qu'elles ne nuisent pas à la qualité de la soudure :

- remplacer le soudage avec fil fourré par du soudage sous gaz protecteur avec fil plein moins émissif,
- privilégier les procédés sans métal d'apport ou avec un métal d'apport peu émissif (norme NF EN ISO 150011-4),
- réduire l'intensité du courant : *l'émission de fumées augmente avec l'intensité du courant,*
- réduire le diamètre de l'électrode : *plus le diamètre est élevé, plus l'intensité de courant est importante et donc la production de fumées,*
- réduire la longueur de l'arc : *la production de fumées augmente avec la longueur de l'arc,*
- changer le gaz de protection. Par exemple, rajouter de l'argon au gaz carbonique diminue la quantité de fumées.

La réduction des émissions



- Règlement européen Reach

Les produits d'apport doivent être considérés comme des mélanges (Guide des exigences applicables aux substances contenues dans des articles, ECHA, avril 2011).

- Annexe I du règlement européen CLP

Prescriptions relatives à la classification et à l'étiquetage des substances et mélanges dangereux

Point 1.3.4 Métaux sous forme massive, alliages, mélanges contenant des polymères, mélanges contenant des élastomères

1.3.4.1 Il n'est pas nécessaire d'étiqueter conformément aux dispositions de la présente annexe les métaux sous forme massive, les alliages, les mélanges contenant des polymères et les mélanges contenant des élastomères, qui, bien que classés comme dangereux conformément à la présente annexe, ne présentent pas de danger pour la santé humaine en cas d'inhalation, d'ingestion ou de contact avec la peau, ni de danger pour le milieu aquatique dans la forme sous laquelle ils sont mis sur le marché.

1.3.4.2 Le fournisseur communique cependant les informations aux utilisateurs en aval ou aux distributeurs, au moyen de **la fiche de données de sécurité*** (FDS).

* La norme NF EN ISO 15011-4 propose une classification des produits d'apport en fonction de la toxicité des fumées et de la quantité de poussières émises

La réduction des émissions

Classification des produits d'apport selon la norme **NF EN ISO 15011-4**

Débit d'émission (mg/s)						
		< 3	3 à 8	8 à 15	15 à 25	> 25
Indice d'émission						
Valeurs limites des fumées de soudage (mg/m ³)	Indice de toxicité	a	b	c	d	e
> 4,5	5	5a	5b	5c	5d	5e
3,5 à 4,5	4	4a	4b	4c	4d	4e
2,5 à 3,5	3	3a	3b	3c	3d	3e
1,5 à 2,5	2	2a	2b	2c	2d	2e
0,5 à 1,5	1	1a	1b	1c	1d	1e
< 0,5	0	0a	0b	0c	0d	0e

La réduction des émissions



- Annexe II du règlement CLP

Règles particulières concernant l'étiquetage et l'emballage de certaines substances et de certains mélanges

Point 2.7 Mélanges contenant du cadmium (alliages) et destinés à être utilisés pour le brasage ou le soudage

L'étiquetage de l'emballage de ces mélanges porte la mention suivante :

EUH207 – « Attention ! Contient du cadmium. Des fumées dangereuses se développent pendant l'utilisation. Voir les informations fournies par le fabricant. Respecter les consignes de sécurité ».

L'aération et l'assainissement de l'atmosphère



③ ④ ⑤ L'aération et l'assainissement de l'atmosphère des lieux de travail font l'objet de textes réglementaires issus du **Code du travail** :
Articles **R. 4212-1 à 7, R. 4222-1 à 22, R. 4722-1 et 2 et R. 4724-2 et 3.**



Les locaux où s'exercent des travaux de soudage sont des « **locaux à pollution spécifique** »
➔ ➔ obligation pour l'employeur de capter les poussières, gaz et vapeurs « au fur et à mesure de leur production, au plus près de leur source d'émission et aussi efficacement que possible, notamment en tenant compte de la nature, des caractéristiques et du débit des polluants de l'air ainsi que des mouvements de l'air » (**article R. 4422-12**).



Le contrôle périodique des installations d'aération et d'assainissement fait l'objet de l'arrêté du 8 octobre 1987 du ministère du Travail.

Le choix de la technique de ventilation

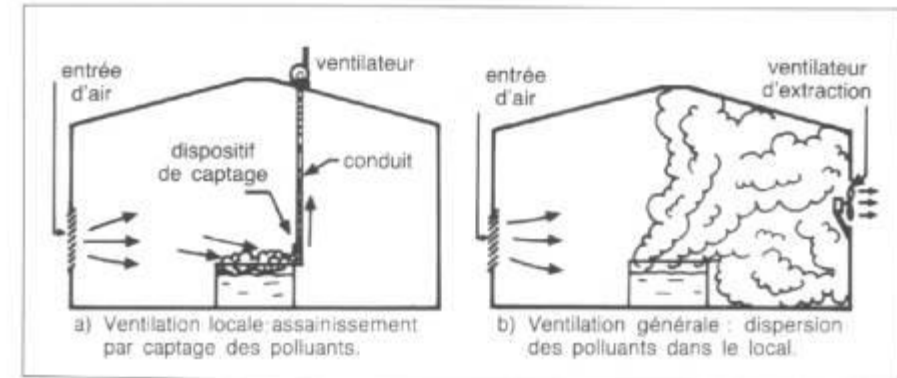
③ Le captage à la source des polluants

La ventilation par aspiration localisée consiste à capter **les produits dégagés au plus près possible de leur source d'émission, avant qu'ils ne pénètrent dans la zone des voies respiratoires des travailleurs ou ne soient dispersés dans toute l'atmosphère du local de travail.**

Les aspirations localisées maintiennent **les polluants dans une fraction de volume aussi faible que possible et les évacuent plutôt que de les diluer.**

Ces systèmes demandent des débits d'air beaucoup plus faibles que les installations de ventilation par dilution et donc des coûts de fonctionnement et de chauffage moins élevés.

!!!! La ventilation locale doit toujours être retenue en priorité.



Le choix de la technique de ventilation

Le choix de la technique de ventilation locale s'effectue suite à une analyse rigoureuse du poste de travail :

- la technique de soudage employée ainsi que les paramètres qui y sont associés : *type de matériel, produit d'apport : composition et diamètre, gaz protecteur : type et débit, etc.,*
- les pièces travaillées : *dimensions, forme, poids, grandes ou petites séries, revêtement de surface, perméabilité à l'écoulement d'air, etc.,*
- l'opérateur : *part du soudage dans l'activité globale, formation, aptitude au changement, partage des équipements, etc.,*
- le poste de travail : *implantation dans l'atelier, déplacement et positionnement des pièces, posture en cours d'opération, assistance : potence, équilibreur, gabarit, etc.,*
- l'organisation des flux de matières dans l'atelier ou sur le chantier.

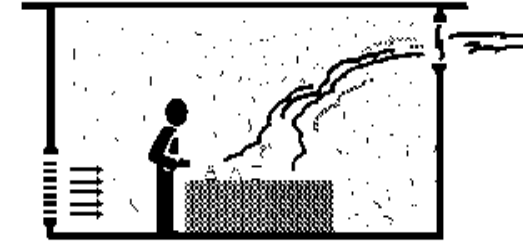


Le choix de la technique de ventilation

Pour choisir un dispositif le captage à la source des fumées de soudage, il est conseillé d'adopter l'ordre préférentiel suivant :



Le choix de la technique de ventilation



4 La ventilation générale

La ventilation générale opère **par dilution des polluants à l'aide d'un apport d'air neuf dans le local en quantité suffisante pour amener les concentrations de substances dangereuses en dessous des valeurs limites d'exposition.**

De par son principe même, **la ventilation générale seule n'est pas satisfaisante comme moyen de prévention :**

- ➔ elle induit une dispersion du polluant dans tout l'atelier avec un risque d'accumulation dans certaines zones mal ventilées ;
- ➔ elle nécessite la mise en œuvre de débits importants ;
- ➔ elle ne protège pas immédiatement l'opérateur.

La ventilation générale doit être utilisée en complément de la ventilation locale (pour assurer un apport d'air neuf dans les locaux et pour diluer les polluants résiduels non directement captés à la source).

Le traitement de l'air extrait

5 Le procédé d'assainissement de l'air des locaux offrant les meilleures garanties de sécurité est le rejet de l'air chargé de fumées à l'extérieur de l'atelier. Le rejet doit s'effectuer en dehors des zones d'entrée d'air neuf. Il peut être accompagné d'une récupération d'énergie.



L'utilisation du recyclage est soumise à des conditions restrictives limitant son domaine d'application

➔ **Article R 4222-14 du Code du Travail** : « L'air provenant d'un local à pollution spécifique ne peut être recyclé que s'il est efficacement épuré. Il ne peut être envoyé après recyclage dans d'autres locaux que si la pollution de tous les locaux concernés est de même nature. En cas de recyclage, les concentrations de poussières et substances dans l'atmosphère du local doivent demeurer inférieures aux valeurs limites d'exposition professionnelle ».

■ Tous les polluants émis doivent donc être connus et traités. Si cela est techniquement réalisable, avec quelques réserves pour les particules, il n'en va pas de même pour les gaz générés par le soudage (CO, O₃, CO₂, etc.).

Il a été montré que l'efficacité d'épuration de ces gaz est très faible, voire nulle, hormis pour l'ozone. En cas de recyclage, ces gaz sont donc directement renvoyés dans l'atmosphère de l'atelier, ce qui rend rédhibitoire la pratique du recyclage pour le soudage.

■ De plus, les fumées de soudage peuvent contenir des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction et, pour respecter les exigences de prévention, le recyclage est à proscrire.

La protection individuelle

⑥ Le port d'un appareil de protection respiratoire :

→ Appareil de protection respiratoire filtrant muni de filtres anti-aérosols au minimum de classe 2 (**classe 3 si émission d'agents cancérogènes**) et éventuellement de filtres anti-gaz (en fonction du gaz émis) :

- à ventilation libre lors de travaux de courte durée (pièce faciale filtrante, demi-masque ou masque complet),
- à ventilation assistée si les travaux sont amenés à durer plus d'une heure (demi-masque, masque complet ou cagoule).

→ Appareil de protection respiratoire isolant dans le cas où le niveau ambiant d'oxygène est appauvri (masque ou cagoule à adduction d'air comprimé par exemple).

Masque complet



Demi-masque



Pièce faciale filtrante
(demi-masque jetable)



Pour en savoir plus...

- ◆ Métiers et secteurs d'activité → « Soudage de métaux »
<http://www.inrs.fr/metiers/soudage-metal.html>
- ◆ Risques → Risques chimiques → « Fumées de soudage »
<http://www.inrs.fr/risques/fumees-soudage/ce-qui-il-faut-retenir.html>
- ◆ « Les fumées de soudage et des techniques connexes » (ED 6132)
- ◆ « Guide pratique de ventilation n°7 - Opérations de soudage à l'arc et de coupage » (ED 668)
- ◆ Seirich : onglet dédié aux activités de soudage et de coupage des métaux
<http://www.seirich.fr/seirich-web/index.xhtml>
- ◆ « Le soudage à l'arc », Séquences Prévention (DV 0388)
- ◆ « Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées » (ED 83)
- ◆ « Des torches de soudage aspirantes » (DV 0215)
- ◆ « Soudage à l'arc électrique et coupage. Prévention des risques professionnels » (R 443)

