

# POINT DE REPÈRE

## UTILISATION DES MACHINES AUTOMATIQUES DE DÉCOUPE DES MÉTAUX PAR OXYCOUPAGE, PLASMA ET LASER

► Bernard MOREAU, Michel GRZEBYK,  
INRS, département Métrologie des polluants

La découpe des métaux, par oxycoupage, plasma et laser, est à l'origine d'émissions gazeuses et particulaires. Similaires à celles du soudage, elles présentent des dangers pour la santé des salariés. La ventilation des postes de soudage comme mesure de prévention a été étudiée et diffusée. Son adaptation aux travaux de découpe sur des machines nouvelles ou existantes nécessite des connaissances sur les caractéristiques et l'utilisation de ces machines.

Ces données ont été obtenues par une enquête auprès d'un échantillon de plus de 4 000 établissements susceptibles de posséder de telles machines. Après redressement, elle a permis d'estimer la population potentiellement exposée, le nombre d'établissements, les secteurs d'activité, le nombre de machines, leurs différentes caractéristiques et modes de fonctionnement.

Les procédés de découpe de métaux par oxycoupage, plasma et laser sont dérivés de ceux de soudage. Le point commun de ces procédés est une fusion locale du métal qui permet :

■ pour le soudage, d'assembler des pièces métalliques avec ou sans métal d'apport ;

■ pour la découpe, d'expulser le métal fondu à l'aide d'un gaz sous pression sous forme de gouttelettes.

Cette fusion et les réactions chimiques qui peuvent se développer, sont à l'origine de dégagement de polluants particuliers et gazeux [1]. Les dan-

gers de ces derniers dépendent du métal mis en œuvre et des traitements superficiels effectués éventuellement au préalable. Pour diminuer ces risques, l'INRS a étudié les mesures de prévention pouvant être mises en place et a édité un guide pratique décrivant notamment la conception des installations de ventilation pour capter les fumées [2]. L'étape suivante de ces études est la conception aérodynamique des dispositifs d'aspiration utilisables sur les tables automatiques de découpe de métaux par oxycoupage, plasma et laser. Les solutions devront être adaptées à la conception de machines nouvelles mais également à l'amélioration des machines

FIGURE 1

Questionnaire

**inrs** Enquête sur l'utilisation des machines de découpe automatisées des métaux par oxycoupage, plasma et laser

L'objectif de cette enquête est de caractériser l'utilisation des machines automatiques de découpe des métaux par oxycoupage, plasma et laser dans les entreprises françaises.

Selon les questions, vous répondrez en cochant une case ou en inscrivant une information. Dans ce cas, afin d'éviter des erreurs de lecture, nous vous demandons d'écrire en majuscules de type imprimé.

Les questions sont explicitées après leurs énoncés. Si vous souhaitez des renseignements complémentaires, envoyez un message à [inrs.decoupage@inrs.fr](mailto:inrs.decoupage@inrs.fr) ou appelez le Service Client au 01 41 41 50 20 77.

**01 Quel est le code d'activité (NAF, anciennement APE) de votre établissement ?**  
Inscrivez le code NAF (Nomenclatures d'Activités Française) de votre établissement. Il est composé de trois chiffres et d'une lettre. Exemple : 281A est le code NAF de l'activité Fabrication de constructions métalliques.

**02 Quel est l'effectif total de votre établissement ?**  
Inscrivez le nombre de personnes de votre établissement, quel que soit leur statut : gérant, personnes en CDI ou en CDD, intérimaires, apprentis, ...

**03 Quelles sont les coordonnées de votre établissement et celle d'une personne pouvant être contactée ?**  
Indiquez, si vous le voulez bien, les coordonnées de votre établissement ainsi que celles d'une personne pouvant être contactée. Ces informations ne seront utilisées qu'en cas de demandes complémentaires ou d'une éventuelle relance.

**04 Combien avez-vous de machines automatiques de découpe de métaux ?**  
Inscrivez le nombre de machines automatiques de découpe de métaux de votre établissement par catégorie : oxycoupage, plasma et laser.

**Selon votre réponse à la question 04**

**Cas 1 :** si vous ne possédez aucune de ces machines, vous avez terminé après avoir rempli les quatre premières questions. Votre réponse est importante, merci de nous retourner ce document à l'aide l'enveloppe préaffranchie jointe.

**Cas 2 :** si vous possédez au moins une de ces machines, merci de continuer à répondre à ce questionnaire.

**05 Utilisez-vous ces machines uniquement pour des activités de sous-traitance ?**  
Cochez la case OUI si vous utilisez ces machines en sous-traitance pour uniquement l'opération de découpe de métaux et les opérations annexes (déburrage, ...) et la case NON dans les autres cas.

**06 Combien avez-vous de personnes travaillant dans les ateliers de découpe ?**  
Inscrivez le nombre total de personnes travaillant les ateliers contenant au moins une machine automatique de découpe de métaux y compris les personnes chargées de la maintenance, des manutentions, ...

**07 Combien avez-vous de types d'ateliers de découpe ?**  
Inscrivez dans la 1<sup>ère</sup> ligne, le nombre d'ateliers où seule l'activité de découpe est exercée ainsi que les manutentions associées et dans la 2<sup>ème</sup>, le nombre d'ateliers où l'activité de découpe s'exerce avec d'autres : soudage, usinage, montage, ...

**08 Combien avez-vous de machines de découpe dans l'atelier qui en comprend le plus ?**  
Inscrivez le nombre maximum de machines automatiques de découpe de métaux par oxycoupage, plasma et laser que vous avez dans un atelier.

**09 Combien avez-vous d'ateliers de découpe équipés d'une ventilation générale mécanique ?**  
Inscrivez le nombre d'ateliers de découpe qui sont équipés d'une ventilation générale mécanique.

**Continuez à remplir le questionnaire aux pages suivantes**

Remplissez uniquement les parties concernant un type de machine de découpe automatique que vous possédez : oxycoupage (page 2), plasma (page 3) et laser (page 4). Lorsque vous aurez terminé de compléter ces pages, merci de nous retourner ce document à l'aide l'enveloppe préaffranchie jointe.

(1) Dans ce questionnaire, un atelier de découpe est un atelier contenant au moins une machine automatique de découpe de métaux par oxycoupage, plasma ou laser.

**OXYCOUPAGE** Page 2

**11 Quel est le nombre de personnes affectées à la conduite des machines d'oxycoupage ?**  
Inscrivez le nombre de personnes présentes en quasi permanence pour assurer le fonctionnement des machines automatiques de découpe de métaux par oxycoupage : conducteur de machine, manutentionnaire, ...

**Questions pour la machine la plus utilisée**  
Sélectionnez la machine automatique de découpe de métaux par oxycoupage la plus utilisée en utilisant le critère de votre choix comme : le temps de fonctionnement, le tonnage traité, la longueur de découpe, ... et répondez aux questions suivantes.

**12 Quels sont les débits maximum des gaz de découpe de cette machine ?**  
Inscrivez les débits maximum, exprimé en m<sup>3</sup>/h, des gaz de découpe de cette machine : oxygène et le total des autres gaz combustibles utilisables : acétylène, propane, mélange spécifique, ...

**13 Combien de têtes d'oxycoupage (chalumeaux) possède cette machine ?**  
Inscrivez le nombre de têtes d'oxycoupage (chalumeaux) que possède cette machine automatique de découpe de métaux.

**14 Quelles sont les fonctions complémentaires de cette machine ?**  
Cochez dans la liste proposée, les fonctions complémentaires que possède cette machine. Si d'autres fonctions existent, inscrivez celle qui vous paraît la plus importante dans la ligne « Autre ».

**15 Quel est le constructeur et l'année de construction ?**  
Inscrivez la première case si vous avez conçu et fabriqué cette machine (sous-traitance comprise), sinon inscrivez le nom du constructeur. Inscrivez dans la dernière ligne, l'année de construction de la machine.

**16 Quelles sont les dimensions des pièces couramment découpées ?**  
Inscrivez les dimensions des pièces couramment découpées sur cette machine : épaisseur, largeur et longueur exprimées en millimètres.

**17 Quels sont les matériaux découpés ?**  
Cochez dans la liste proposée les matériaux qui sont découpés sur cette machine (plusieurs réponses possibles). Si d'autres matériaux sont découpés, vous pouvez inscrire le plus fréquemment découpé dans la ligne « Autre ».

**18 Quels traitements ont reçus les matériaux avant le découpage ?**  
Cochez dans la liste proposée les traitements couramment reçus par les matériaux avant découpage dont vous avez connaissance. Si d'autres traitements existent, inscrivez le plus fréquent dans la ligne « Autre ».

**19 La machine a-t-elle un système intégré d'aspiration des fumées ?**  
Cochez la case correspondant à la situation de cette machine. En cas de réponse négative, passez directement à la question 22.

**20 L'air aspiré est-il recyclé dans l'atelier ?**  
Cochez la case correspondant à la situation du système d'aspiration des fumées.

**21 Quel est le type d'aspiration des fumées ?**  
Cochez dans la liste proposée la case correspondant à la configuration du système d'aspiration des fumées de la machine.

**22 Quelles sont les fréquences annuelles de nettoyage ?**  
Indiquez la fréquence annuelle de nettoyage du filtre du système d'aspiration dans la case correspondant à son type (cartouche ou manche) et celle de l'évacuation des scories de découpe.

existantes. Afin d'orienter ces travaux, une étude de filière a été réalisée au cours de l'année 2007 pour recueillir des informations sur :

- le nombre de personnes utilisant ces machines ;
- le nombre d'établissement possédant ces machines ;
- les secteurs d'activité dans lesquels se trouvent ces machines ;
- le nombre de machines et leurs caractéristiques principales ;
- la nature des matériaux découpés et des traitements de surface avant découpage ;
- l'existence et le type de l'éventuel système de captage des fumées.

METHODOLOGIE

Une enquête a été effectuée auprès des utilisateurs potentiels de ce type de machine pour obtenir les renseignements précédemment mentionnés. Une évaluation préliminaire rapide a montré que le nombre des établissements susceptibles de posséder l'une de ces machines était suffisamment important pour s'orienter vers une enquête par :

- sondage aléatoire stratifié ;
- envoi d'un questionnaire.

Ce choix résulte de l'inadéquation des moyens matériels et humains à l'emploi de l'une des autres techniques que sont l'observation directe, l'entretien face à face, l'entretien téléphonique et l'enquête par Internet.

La démarche de ce type d'enquête a été décrite par P. Ardilly [3]. Elle a déjà été employée plusieurs fois à l'INRS et notamment pour l'enquête sur l'utilisation des matériaux fibreux [4]. Elle comprend cinq grandes parties : les contraintes de l'enquête, la préparation de l'enquête, la gestion des informations recueillies, le redressement et le résultat.

LES CONTRAINTES DE L'ENQUÊTE

Trois contraintes ont été formulées. Les deux premières sont générales et applicables à toute enquête :

- l'enquête doit être faite dans une période favorable et, en particulier, il faut éviter les grandes vacances scolaires ;
- le questionnaire doit être court et, si possible, ne pas dépasser quatre pages.

FIGURE 1 (suite)

## Questionnaire

<b>PLASMA</b>		Page 3
<b>31</b>	<b>Quel est le nombre de personnes affectées à la conduite des machines de découpe plasma ?</b> Inscrivez le nombre de personnes présentes en quasi permanence pour assurer le fonctionnement des machines automatiques de découpe de métaux par plasma : conducteur de machine, maintenance, ...	<input type="text"/>
<b>Questions pour la machine la plus utilisée</b>		
Sélectionnez la machine automatique de découpe de métaux par plasma la plus utilisée en utilisant le critère de votre choix comme : le temps de fonctionnement, le tonnage traité, la longueur de découpe, ... et répondez aux questions suivantes.		
<b>32</b>	<b>Quelle est la puissance maximum de chaque tête de cette machine ?</b> Inscrivez la puissance maximum (kW) de chaque tête de cette machine que vous pouvez inscrire en kilowatts dans la première case ou son ampérage (A) dans la deuxième case	Puissance (kW) : <input type="text"/> ou Ampérage (A) : <input type="text"/>
<b>33</b>	<b>Combien de têtes plasma (torches) possède cette machine ?</b> Inscrivez le nombre de têtes plasma (torches) que possède cette machine automatique de découpe de métaux.	<input type="text"/>
<b>34</b>	<b>Quelles sont les fonctions complémentaires de cette machine ?</b> Cochez dans la liste proposée, les fonctions complémentaires que possède cette machine. Si d'autres fonctions existent, inscrivez celle qui vous paraît la plus importante dans la rubrique « Autre ».	Découpage en biais, chanfreinage : <input type="checkbox"/> Découpage de surfaces non planes : <input type="checkbox"/> Découpage sur plan d'eau ou immergé : <input type="checkbox"/> Autre : <input type="text"/>
<b>35</b>	<b>Quel est le constructeur et l'année de construction ?</b> Cochez la première case si vous avez conçu et fabriqué cette machine (sous-traitance comprise), sinon inscrivez le nom du constructeur. Inscrivez dans la dernière ligne, l'année de construction de la machine.	Machine conçue et fabriquée par l'établissement : <input type="checkbox"/> Constructeur : <input type="text"/> Année de construction de la machine : <input type="text"/>
<b>36</b>	<b>Quelles sont les dimensions des pièces couramment découpées ?</b> Inscrivez les dimensions des pièces couramment découpées sur cette machine : épaisseur, largeur et longueur exprimées en millimètres.	Épaisseur (mm) : <input type="text"/> Largeur (mm) : <input type="text"/> Longueur (mm) : <input type="text"/>
<b>37</b>	<b>Quels sont les matériaux découpés ?</b> Cochez dans la liste proposée les matériaux qui sont découpés sur cette machine (plusieurs réponses possibles). Si d'autres matériaux sont découpés, vous pouvez inscrire le plus fréquemment découpé dans la rubrique « Autre ».	Aciers non alliés <input type="checkbox"/> Aciers spéciaux <input type="checkbox"/> Aciers inoxydables <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Autre : <input type="text"/>
<b>38</b>	<b>Quels traitements ont reçus les matériaux avant le découpage ?</b> Cochez dans la liste proposée les traitements couramment reçus par les matériaux avant découpage dont vous avez connaissance. Si d'autres traitements existent, inscrivez le plus fréquent dans la ligne « Autre ».	Dégraissage <input type="checkbox"/> Décapage chimique <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : <input type="text"/>
<b>39</b>	<b>La machine a-t-elle un système intégré d'aspiration des fumées ?</b> Cochez la case correspondant à la situation de cette machine. En cas de réponse négative, passez directement à la question 42.	OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
<b>40</b>	<b>L'air aspiré est-il recyclé dans l'atelier ?</b> Cochez la case correspondant à la situation du système d'aspiration des fumées.	OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
<b>41</b>	<b>Quel est le type d'aspiration des fumées ?</b> Cochez dans la liste proposée la case correspondant à la configuration du système d'aspiration des fumées de la machine.	Aspiration par zone : <input type="checkbox"/> Fente fixe aspirante : <input type="checkbox"/> Caisson embarqué aspirant : <input type="checkbox"/> Hotte aspirante : <input type="checkbox"/>
<b>42</b>	<b>Quelles sont les fréquences annuelles de nettoyage ?</b> Indiquez la fréquence annuelle de nettoyage du filtre du système d'aspiration dans la case correspondant à son type (cartouche ou manche) et celle de l'évacuation des scories de découpe.	Nb nettoyages du filtre à cartouche par an : <input type="text"/> Nb nettoyages du filtre à manche par an : <input type="text"/> Nb d'évacuations des scories par an : <input type="text"/>

<b>LASER</b>		Page 4
<b>31</b>	<b>Quel est le nombre de personnes affectées à la conduite des machines de découpe laser ?</b> Inscrivez le nombre de personnes présentes en quasi permanence pour assurer le fonctionnement des machines automatiques de découpe de métaux par laser : conducteur de machine, maintenance, ...	<input type="text"/>
<b>Questions pour la machine la plus utilisée</b>		
Sélectionnez la machine automatique de découpe de métaux par laser la plus utilisée en utilisant le critère de votre choix comme : le temps de fonctionnement, le tonnage traité, la longueur de découpe, ... et répondez aux questions suivantes.		
<b>32</b>	<b>Quelle est la puissance maximum de chaque tête de cette machine ?</b> Inscrivez la puissance maximum (kW) de chaque tête de cette machine que vous pouvez inscrire en kilowatts dans la première case ou son ampérage (A) dans la deuxième case.	Puissance (kW) : <input type="text"/> ou Ampérage (A) : <input type="text"/>
<b>33</b>	<b>Combien de têtes laser possède cette machine ?</b> Inscrivez le nombre de têtes laser que possède cette machine automatique de découpe de métaux.	<input type="text"/>
<b>34</b>	<b>Quelles sont les fonctions complémentaires de cette machine ?</b> Cochez dans la liste proposée, les fonctions complémentaires que possède cette machine. Si d'autres fonctions existent, inscrivez celle qui vous paraît la plus importante dans la rubrique « Autre ».	Découpage en biais, chanfreinage : <input type="checkbox"/> Découpage de surfaces non planes : <input type="checkbox"/> Découpage sur plan d'eau ou immergé : <input type="checkbox"/> Autre : <input type="text"/>
<b>35</b>	<b>Quel est le constructeur et l'année de construction ?</b> Cochez la première case si vous avez conçu et fabriqué cette machine (sous-traitance comprise), sinon inscrivez le nom du constructeur. Inscrivez dans la dernière ligne, l'année de construction de la machine.	Machine conçue et fabriquée par l'établissement : <input type="checkbox"/> Constructeur : <input type="text"/> Année de construction de la machine : <input type="text"/>
<b>36</b>	<b>Quelles sont les dimensions des pièces couramment découpées ?</b> Inscrivez les dimensions des pièces couramment découpées sur cette machine : épaisseur, largeur et longueur exprimées en millimètres.	Épaisseur (mm) : <input type="text"/> Largeur (mm) : <input type="text"/> Longueur (mm) : <input type="text"/>
<b>37</b>	<b>Quels sont les matériaux découpés ?</b> Cochez dans la liste proposée les matériaux qui sont découpés sur cette machine (plusieurs réponses possibles). Si d'autres matériaux sont découpés, vous pouvez inscrire le plus fréquemment découpé dans la rubrique « Autre ».	Aciers non alliés <input type="checkbox"/> Aciers spéciaux <input type="checkbox"/> Aciers inoxydables <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Autre : <input type="text"/>
<b>38</b>	<b>Quels traitements ont reçus les matériaux avant le découpage ?</b> Cochez dans la liste proposée les traitements couramment reçus par les matériaux avant découpage dont vous avez connaissance. Si d'autres traitements existent, inscrivez le plus fréquent dans la ligne « Autre ».	Dégraissage <input type="checkbox"/> Décapage chimique <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : <input type="text"/>
<b>39</b>	<b>La machine a-t-elle un système intégré d'aspiration des fumées ?</b> Cochez la case correspondant à la situation de cette machine. En cas de réponse négative, passez directement à la question 42.	OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
<b>40</b>	<b>L'air aspiré est-il recyclé dans l'atelier ?</b> Cochez la case correspondant à la situation du système d'aspiration des fumées.	OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
<b>41</b>	<b>Quel est le type d'aspiration des fumées ?</b> Cochez dans la liste proposée la case correspondant à la configuration du système d'aspiration des fumées de la machine.	Aspiration par zone : <input type="checkbox"/> Fente fixe aspirante : <input type="checkbox"/> Caisson embarqué aspirant : <input type="checkbox"/> Hotte aspirante : <input type="checkbox"/>
<b>42</b>	<b>Quelles sont les fréquences annuelles de nettoyage ?</b> Indiquez la fréquence annuelle de nettoyage du filtre du système d'aspiration dans la case correspondant à son type (cartouche ou manche) et celle de l'évacuation des scories de découpe.	Nb nettoyages du filtre à cartouche par an : <input type="text"/> Nb nettoyages du filtre à manche par an : <input type="text"/> Nb d'évacuations des scories par an : <input type="text"/>

La dernière est la limitation du nombre d'établissements sondés qui, pour cette enquête, devrait être inférieure à 5 000.

## LA PRÉPARATION DE L'ENQUÊTE

Elle consiste à élaborer le questionnaire, établir la liste des établissements à interroger et à envoyer le questionnaire.

### Le questionnaire

Il a été créé en étroite collaboration avec les responsables de l'étude sur la ventilation des tables automatisées.

Quelques difficultés peuvent être signalées :

- le choix des questions à conserver pour tenir dans les limites des 4 pages ;
- la caractérisation de la puissance des machines et, plus particulièrement, celle pour l'oxycoupage.

Le questionnaire a été rédigé puis validé auprès d'organisations professionnelles, de centres techniques et de quelques entreprises travaillant dans le domaine de la découpe des métaux. La version définitive se présente sous la forme d'un quatre pages au format A4 (cf. Figure 1). Les questions générales sont placées sur la première page, la partie supérieure étant la seule à remplir si l'établissement ne possède pas de machine. Les questions sur les machines sont réparties sur les trois autres pages, une page par type de machine. Les explications de chaque question sont indiquées immédiatement en dessous de la question.

### La liste des établissements

Elle est créée en faisant un échantillonnage dans une base de sondage.

Cette base a été constituée en sélectionnant 39 secteurs d'activité (cf. Tableau 1) de la Nomenclature des

Activités Françaises (NAF, rev1, 2003) [5] qui en comprend 712. Elle comptait 23 222 établissements (soit 0,8 % des établissements français<sup>1</sup>) qui employaient 612 125 personnes (soit 2,9 % des salariés<sup>2</sup>).

L'échantillonnage a été réalisé selon un plan de sondage aléatoire stratifié, une strate étant définie par un secteur d'activité et une tranche d'effectif. Une vision globale de ce plan est présentée dans le [Tableau II](#).

### L'envoi du questionnaire

Les courriers, préparés en interne (lettres et questionnaires), ont été envoyés au début de l'année 2007 aux 3 266 établissements sélectionnés.

<sup>1</sup> sachant que l'INSEE recense 3 039 603 établissements au 01/01/2006.

<sup>2</sup> sachant que l'INSEE dénombre 21 140 989 salariés au 31/12/2006.

**TABLEAU I**

**Les secteurs d'activité sélectionnés qui forment la base de sondage**

Code NAF	Intitulé du secteur d'activité
27.1Y	Sidérurgie
28.1A	Fabrication de constructions métalliques
28.1C	Fabrication de menuiseries et fermetures métalliques
28.3B	Chaudronnerie nucléaire
28.3C	Chaudronnerie-tuyauterie
28.4B	Découpage, emboutissage
28.5D	Mécanique générale
28.6F	Fabrication de serrures et de ferrures
29.2D	Fabrication d'équipements de levage et de manutention
29.2F	Fabrication d'équipements aérauliques et frigorifiques industriels
29.3D	Fabrication de matériel agricole
29.4A	Fabrication de machines-outils à métaux
29.4B	Fabrication de machines-outils à bois
29.4C	Fabrication de machines-outils portatives à moteur incorporé
29.4D	Fabrication de matériel de soudage
29.4E	Fabrication d'autres machines-outils
29.5A	Fabrication de machines pour la métallurgie
29.5B	Fabrication de matériels de mines pour l'extraction
29.5D	Fabrication de matériels de travaux publics
29.5E	Fabrication de machines pour l'industrie agroalimentaire
29.5G	Fabrication de machines pour les industries textiles
29.5J	Fabrication de machines pour les industries du papier et du carton
29.5L	Fabrication de machines d'imprimerie
29.5M	Fabrication de machines pour le travail du caoutchouc ou des plastiques
29.5Q	Fabrication de machines d'assemblage automatique
29.5R	Fabrication machines spécialisées diverses
29.6A	Fabrication d'armement
31.2A	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique pour BT
31.2B	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique pour HT
31.6C	Fabrication de matériel électromagnétique industriel
31.6D	Fabrication de matériels électriques n.c.a.
33.1A	Fabrication de matériel d'imagerie médicale et de radiologie
33.2A	Fabrication d'équipements d'aide à la navigation
35.1A	Construction de bâtiments de guerre
35.1B	Construction de navires civils
35.2Z	Construction de matériel ferroviaire roulant
35.3A	Construction de moteurs pour aéronefs
35.3B	Construction de cellules d'aéronefs
35.5Z	Fabrication de matériels de transport n.c.a.

**Remarque :**

Le nombre total des salariés (612 125) n'est pas égal à la somme des salariés des différentes strates car, pour des raisons de confidentialité, l'INSEE ne communique pas le nombre de salariés dans les strates où il y a peu d'établissements.

**LA GESTION DES INFORMATIONS**

Elle comprend la collecte, la relance et le contrôle des données.

**La collecte des données**

Chaque jour, les réponses ont été triées et comptabilisées. Le tri a permis d'écartier les questionnaires qui ne pourraient pas être exploités : questionnaire trop incomplet, établissement fermé ou ayant déménagé... Les réponses des autres questionnaires ont été enregistrées à l'aide d'un logiciel dédié à la gestion des enquêtes.

**La relance**

Le suivi du nombre de questionnaires en retour a montré un fléchissement un mois après l'envoi. Le nombre de réponses étant jugé trop faible, une relance a été effectuée le mois suivant. Elle a été adressée aux 2 285 établissements identifiés comme n'ayant pas répondu.

Le suivi du retour des questionnaires a montré une nouvelle montée suivie d'un nouveau fléchissement. Ce dernier a permis de définir la date de clôture l'enquête.

**Le contrôle des données**

Toutes les données saisies ont été vérifiées par lecture comparative des données figurant sur les questionnaires avec celles enregistrées. Les quelques erreurs détectées ont été corrigées.

Un contrôle de validité a été effectué sur le code NAF qui a conduit à corriger 118 enregistrements.

Trois champs ont été recodés pour prendre en compte les réponses formulées dans les cases « autres » des questions. Ces dernières portaient sur les fonctions complémentaires des



TABLEAU II

## Plan global de sondage de l'enquête

	Tranches d'effectifs des établissements							Total	
	01 - 09	10 - 19	20 - 49	50 - 99	100-199	200 - 499	500 - 999		≥ 1000
Salariés	53 370	58 350	109 625	63 904	70 055	72 930	51 932	90 983	612 125
Établissements	13 348	4 427	3 525	973	541	267	88	53	23 222
Envois	1 039	460	478	331	527	296	87	48	3 266
Réponses attendues	467	212	287	200	424	225	85	47	1 947

TABLEAU III

## Réponses à l'enquête

Nombre de questionnaires envoyés	
3 266	
Nombre de réponses reçues	Pas de réponse
1 851 (56,7%)	1 415 (43,3%)
Réponses exploitables	Non exploitables
1 736 (53,2%)	115

machines, les matériaux découpés et les traitements reçus par les matériaux avant le découpage.

La base de sondage a été vérifiée a posteriori en contrôlant :

- la présence d'au moins un établissement possédant une machine dans les secteurs sélectionnés. Dans six secteurs d'activité, aucun établissement n'a déclaré posséder une machine de découpe. Il ne faut pas déduire qu'il n'y a aucune machine dans ces secteurs car, compte tenu de la faible proportion d'établissements possédant des machines (voir les données dans les paragraphes suivants), il est possible que ceux ayant des machines n'ont pas été interrogés ou n'ont pas répondu. Une autre explication est le recentrage des établissements sur le cœur de leur métier et le recours à la sous-traitance pour de nombreuses opérations dont le découpage des métaux.

- l'absence d'établissements dans des secteurs non sélectionnés<sup>3</sup>. Un seul établissement possédant une machine de découpe est dans un secteur non retenu.

### Le nombre de réponses

Le nombre de réponses reçues est de 1 851 (cf. *Tableau III*). Très légèrement inférieur à celui attendu (1 947), il a été jugé suffisant pour pouvoir effectuer le redressement des données dans des conditions satisfaisantes.

Le pourcentage de réponses à l'enquête (près de 57 %) est parmi les plus élevés des enquêtes de filières réalisées au cours des dix dernières années.

Quelques hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette valeur, le sujet :

- ne présentait pas de sensibilité particulière au moment de l'enquête ;

- était centré sur un domaine précis et de faible étendue permettant des questions précises en utilisant un vocabulaire adapté.

Quelques réponses sont inexploitables, leur nombre est faible : 115 soit 3,5 %. Elles sont constituées majoritairement (73 %) par les retours estampillés par la poste NPAI : N'habite Plus à l'Adresse Indiquée.

### LE REDRESSEMENT

Le redressement consiste, à partir des réponses obtenues lors de l'enquête, à faire une projection des résultats à l'ensemble de la population nationale. Techniquement, le redressement revient à affecter un poids à chaque réponse du questionnaire prenant en compte l'influence des non-répondants.

### Influence des non-répondants

Ainsi qu'il a été mentionné précédemment, deux envois successifs ont été effectués, le premier à 3 266 établissements et le deuxième à 2 285.

Les répondants du premier envoi sont 1 109 dont 1 066 questionnaires sont exploitables et ceux du deuxième envoi sont 742 dont 670 questionnaires sont exploitables.

Les établissements interrogés sont répartis dans deux classes : les non-répondants et les répondants. Ces derniers sont répartis en deux sous classes : les répondants du premier envoi et ceux du deuxième envoi.

Les non-répondants étant en nombre relativement important (43 %), il faut pouvoir apprécier leur influence sur les résultats de l'enquête en évaluant si le comportement de réponse (ou de non réponse) est lié aux questions abordées dans l'enquête. Pour cela, les hypothèses suivantes sont formulées :

- les répondants du second envoi constituent un échantillon des établissements non-répondants ;

- les non-répondants du second envoi se comportent de la même manière que les répondants de ce second envoi.

Cette dernière hypothèse ne pouvant pas être vérifiée, cette approche est une simplification de l'approche complète qui aurait consisté à faire plusieurs envois successifs parmi les non-répondants de l'envoi précédent.

L'absence de lien entre le comportement de réponse et les thèmes de l'enquête a été analysée sur une donnée : la possession d'au moins une machine de découpe. La proportion d'utilisateurs du premier envoi a été comparée à celle du second par une régression logistique à l'aide de la

<sup>3</sup> La recherche d'une liste finie de biais cognitifs constitue néanmoins selon nous le supplice de Tantale de ces théories qui en même temps qu'elles les critiquent, persistent parfois dans des références aux modèles de rationalité.

TABLEAU IV

## Nombre d'établissements, de salariés et de machines de découpe par secteur d'activité

Code NAF	Intitulé du secteur d'activité	Établissements		Salariés		Machines <sup>4</sup>							
						Tous types		Oxycoupage		Plasma		Laser	
		Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
28.3C	Chaudronnerie-tuyauterie	709	40%	24 188	19%	1 368	39%	398	38%	682	55%	286	23%
28.4B	Découpage, emboutissage	368	21%	13 670	11%	969	28%	237	23%	113	9%	620	51%
29.3D	Fabrication de matériel agricole	157	9%	7 522	6%	231	7%	68	7%	118	10%	46	4%
28.1A	Fabrication de constructions métalliques	156	9%	13 227	10%	325	9%	186	18%	92	7%	46	4%
28.5D	Mécanique générale	95	5%	5 790	4%	98	3%	10	1%	2	< 1%	87	7%
28.6F	Fabrication de serrures et de ferrures	51	3%	3 171	2%	64	2%	0		34	3%	30	2%
29.5E	Fabrication de machines pour l'industrie agroalimentaire	46	3%	3 274	3%	50	1%	3	< 1%	39	3%	8	1%
29.5D	Fabrication de matériels de travaux publics	26	1%	3 484	3%	53	2%	35	3%	13	1%	5	< 1%
29.2D	Fabrication d'équipements de levage et de manutention	22	1%	4 474	3%	45	1%	25	2%	11	1%	9	1%
28.1C	Fabrication de menuiseries et fermetures métalliques	17	1%	765	1%	34	1%	0		33	3%	1	< 1%
29.2F	Fabrication d'équipements aérauliques et frigorifiques industriels	17	1%	6 517	5%	32	1%	3	< 1%	29	2%	0	
29.5L	Fabrication de machines d'imprimerie	11	1%	100	< 1%	11	< 1%	0		11	1%	0	
29.6A	Fabrication d'armement	11	1%	3 339	3%	24	< 1%	10	1%	10	1%	5	< 1%
27.1Y	Sidérurgie	10	1%	4 374	3%	25	1%	25	2%	0		0	
29.4A	Fabrication de machines-outils à métaux	9	< 1%	945	1%	18	1%	9	1%	0		9	1%
35.1A	Construction de bâtiments de guerre	9	< 1%	10 407	8%	17	< 1%	4	< 1%	13	1%	0	
35.1B	Construction de navires civils	7	< 1%	331	< 1%	10	< 1%	3	< 1%	7	1%	0	
35.3A	Construction de moteurs pour aéronefs	6	< 1%	14 604	11%	18	1%	0		0		18	1%
28.3B	Chaudronnerie nucléaire	5	< 1%	757	1%	8	< 1%	3	< 1%	5	< 1%	0	
29.4D	Fabrication de matériel de soudage	5	< 1%	147	< 1%	33	1%	3	< 1%	0		30	2%
29.5R	Fabrication machines spécialisées diverses	5	< 1%	604	< 1%	13	< 1%	4	< 1%	8	1%	1	< 1%
35.2Z	Construction de matériel ferroviaire roulant	5	< 1%	3 168	2%	13	< 1%	3	< 1%	5	< 1%	5	< 1%
35.3B	Construction de cellules d'aéronefs	5	< 1%	1 043	1%	5	< 1%	2	< 1%	0		3	< 1%
29.5J	Fabrication de machines pour les industries du papier et du carton	4	< 1%	369	< 1%	6	< 1%	2	< 1%	2	< 1%	2	< 1%
31.2A	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique BT	3	< 1%	1 048	1%	3	< 1%	0		0		3	< 1%
31.2B	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique HT	3	< 1%	700	1%	3	< 1%	0		3	< 1%	0	
29.4E	Fabrication d'autres machines-outils	2	< 1%	250	< 1%	2	< 1%	2	< 1%	0		0	
29.5B	Fabrication de matériels de mines pour l'extraction	2	< 1%	13	< 1%	2	< 1%	2	< 1%	0		0	
29.5G	Fabrication de machines pour les industries textiles	2	< 1%	467	< 1%	4	< 1%	0		0		4	< 1%
29.5Q	Fabrication de machines d'assemblage automatique	2	< 1%	370	< 1%	2	< 1%	2	< 1%	0		0	
33.2A	Fabrication d'équipements d'aide à la navigation	2	< 1%	29	< 1%	2	< 1%	0		2	< 1%	0	
35.5Z	Fabrication de matériels de transport n.c.a.	2	< 1%	94	< 1%	2	< 1%	0		0		2	< 1%
29.4B	Fabrication de machines-outils à bois	1	< 1%	13	< 1%	1	< 1%	1	< 1%	0		0	
	Total	1 778	100 %	129 254	100 %	3 491	100 %	1 040	100 %	1 323	100 %	1 220	100 %

<sup>4</sup> les résultats étant arrondis, le nombre de machines tout type peut être légèrement différent de la somme de chacune des machines. C'est le cas de la première ligne puisque la somme des machines est 1 366 au lieu des 1 368 mentionné dans la case « Tous types ».

FIGURE 2

Secteurs ayant au moins 10 établissements possédant des machines de découpe

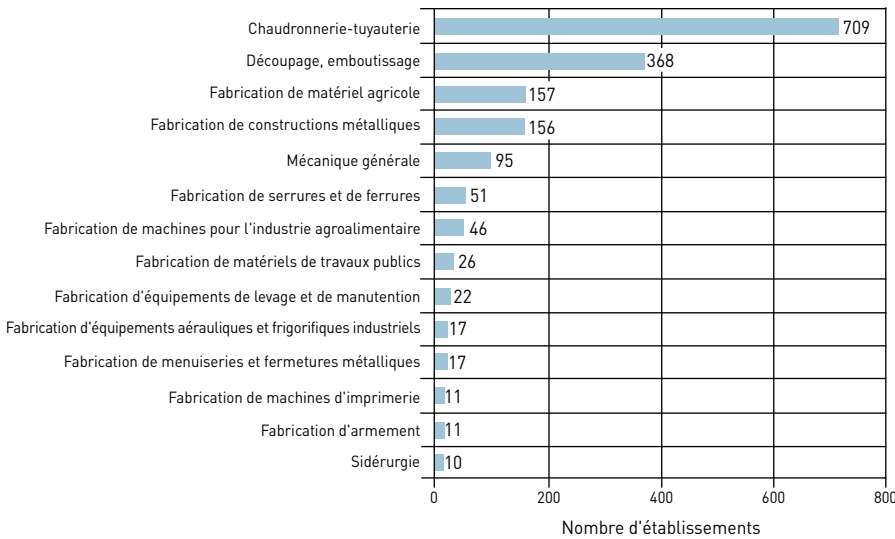
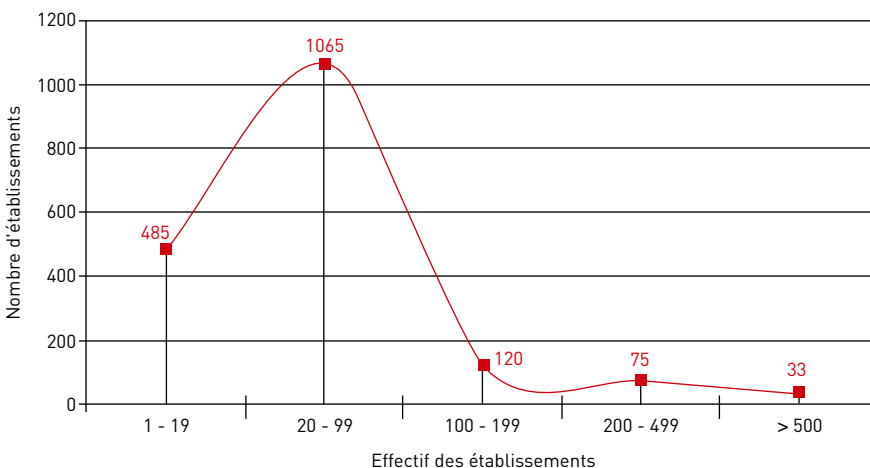


FIGURE 3

Nombre d'établissements possédant au moins une machine de découpe par classe d'effectif



procédure LOGISTIC [6] du logiciel SAS (Statistical Analysis System). Le résultat indique que la différence entre la proportion d'utilisateurs dans le premier envoi et le second n'est pas significative : le risque de première espèce est supérieur à 5 %. Il en résulte qu'il n'est pas nécessaire d'affecter des poids différents aux réponses du premier et du second envoi.

### Affectation d'un poids

La seconde étape du redressement consiste à déterminer les poids de chaque réponse. Compte tenu du déroulement de l'enquête, la méthode de redressement utilisée est la post-stratification [3]. Les redressements sont calés sur les effectifs des strates, une strate étant définie par un secteur d'activité et une

tranche d'effectif. La post-stratification est faite pour chaque question redressée et dans chaque strate, les réponses sont affectées du même poids égal à :

$$\frac{Ne}{Nr}$$

où

$Ne$  est le nombre d'établissements dans la strate ;

$Nr$  est le nombre de réponses à la question traitée dans la strate.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les principaux résultats obtenus après redressement sont présentés ci-après selon quatre thèmes : les secteurs d'activité, les établissements, les salariés et les machines.

### LES SECTEURS D'ACTIVITÉ

Les établissements qui possèdent au moins une machine de découpe sont répartis inégalement dans 33 secteurs d'activité. La majorité, près de 80 %, appartient à quatre secteurs d'activité, avec une concentration plus importante dans les deux premiers :

- 28.3C Chaudronnerie-tuyauterie avec 709 établissements (40 %) ;
- 28.4B Découpage, emboutissage avec 368 établissements (21 %) ;
- 29.3D Fabrication de matériel agricole avec 157 établissements (9 %) ;
- 28.1A Fabrication de constructions métalliques avec 156 établissements (9 %).

Le corollaire de cette concentration est une distribution plus éparse des établissements dans les autres secteurs d'activité.

Un peu moins de la moitié des secteurs d'activité, 14 sur 33 (cf. Figure 2), ont au moins 10 établissements possédant des machines de découpe.

L'ensemble des résultats est donné dans le [Tableau IV](#).

### LES ÉTABLISSEMENTS

#### Le nombre d'établissements

Les machines de découpe sont implantées dans 1 778 établissements. La majorité d'entre eux (près de 90 %) a moins de 100 salariés (cf. Figure 3) avec une répartition 2/3 - 1/3 pour respectivement :

- les établissements de 20 à 99 salariés avec plus de 1 000 établissements, soit 60 % ;
- les établissements de moins de 20 salariés avec près de 500 établissements, soit un peu moins de 30 %.

## La sous-traitance

Un tiers des établissements utilisent ces machines uniquement pour des opérations de découpe effectuées en sous-traitance. Ils appartiennent aux 11 secteurs d'activité listés dans le [Tableau V](#). La proportion d'établissements ne faisant que de la sous-traitance est différente dans chaque secteur. Le secteur dans lequel le pourcentage d'établissement réalisant uniquement de la découpe en sous-traitance est le plus élevé est celui dont l'activité principale est le découpage : 28.4B Découpage, emboutissage.

## Les ateliers de découpe

Dans les 1 778 établissements, les machines de découpe sont réparties dans 2 240 ateliers, dénommés « ateliers de découpe » dans la suite du texte. Dans moins de la moitié de ces ateliers (42 %), seules les opérations de découpe et les manutentions associées sont réalisées.

Le nombre de machines de découpe par atelier varie de 1 à 18 (cf. [Figure 4](#)). Plus de la moitié des ateliers de découpe (64 %) ne possèdent qu'une machine. La presque totalité des ateliers de découpe (99 %) ont au maximum 4 machines.

## LES SALARIÉS

Le nombre de travailleurs employés dans les établissements possédant des machines de découpe en France métropolitaine est estimé à 124 254. Il représente 20 % des salariés des établissements des secteurs interrogés et 0,6 % de l'ensemble des salariés du régime général.

## Les secteurs d'activité

Le secteur d'activité 28.3C Chaudronnerie-tuyauterie est celui qui emploie le plus grand nombre de salariés avec 24 188 personnes (19 %). Les trois secteurs suivants sont :

- 35.3A Construction de moteur pour aéronefs avec 14 604 salariés (11 %) ;
- 28.4B Découpage, emboutissage avec 13 670 salariés (11 %) ;
- 28.1A Fabrication de constructions métalliques avec 13 227 salariés (10 %).

TABLEAU V

Établissements effectuant du découpage uniquement en sous-traitance

Code NAF	Intitulé du secteur d'activité	Établissements		Pourcentage
		sous-traitantes	total secteur	
28.4B	Découpage, emboutissage	309	368	84%
28.5D	Mécanique générale	75	95	78%
29.4D	Fabrication de matériel de soudage	3	5	65%
35.3B	Construction de cellules d'aéronefs	2	5	41%
29.2F	Fabrication d'équipements aéronautiques et frigorifiques industriels	7	17	39%
28.3C	Chaudronnerie-tuyauterie	155	709	22%
27.1Y	Sidérurgie	2	10	21%
28.1A	Fabrication de constructions métalliques	23	156	15%
29.2D	Fabrication d'équipements de levage et de manutention	3	22	13%
28.6F	Fabrication de serrures et de ferrures	5	51	10%
29.5D	Fabrication de matériels de travaux publics	1	26	5%
	Total	585	1778	33%

FIGURE 4

Répartition des établissements en fonction du nombre maxi de machines par atelier de découpe

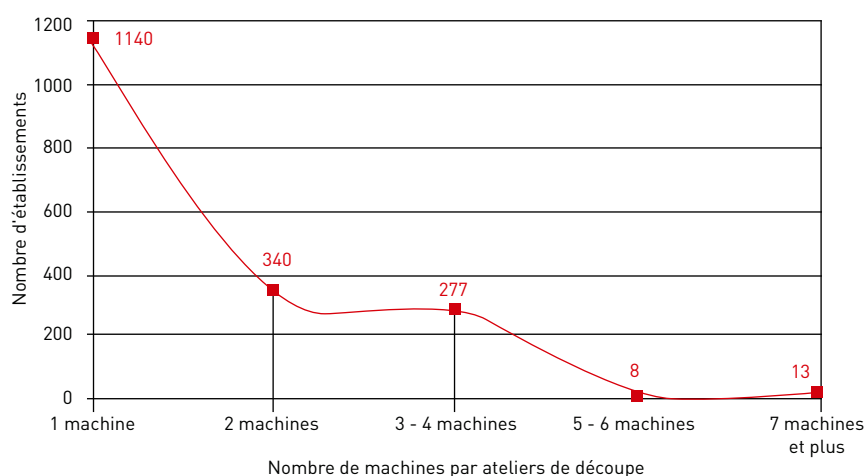


TABLEAU VI

Répartition de l'ensemble des salariés des établissements par tranche d'effectif

	Nombre de salariés					Total
	1-19	20-99	100-199	200-499	≥500	
Nb salariés	5 359	42 616	16 762	22 219	42 298	129 254
Pourcentage	4 %	33 %	13 %	17 %	33 %	100 %

L'ensemble des résultats par secteur est donné dans le [Tableau IV](#).

Le résultat du secteur 35.3A doit être pris avec quelques précautions. Il pourrait être surévalué car il représente plus de la moitié de ce secteur qui emploie 23 500 salariés. Cette estimation élevée résulte de la conjonction de deux facteurs :

■ un nombre faible de réponses induisant une incertitude élevée ;

■ la présence d'établissements ayant des effectifs importants : 7 établissements emploient près de 14 000 personnes.



FIGURE 5

Nombre de salariés dans les ateliers de découpe classé par classe d'effectif

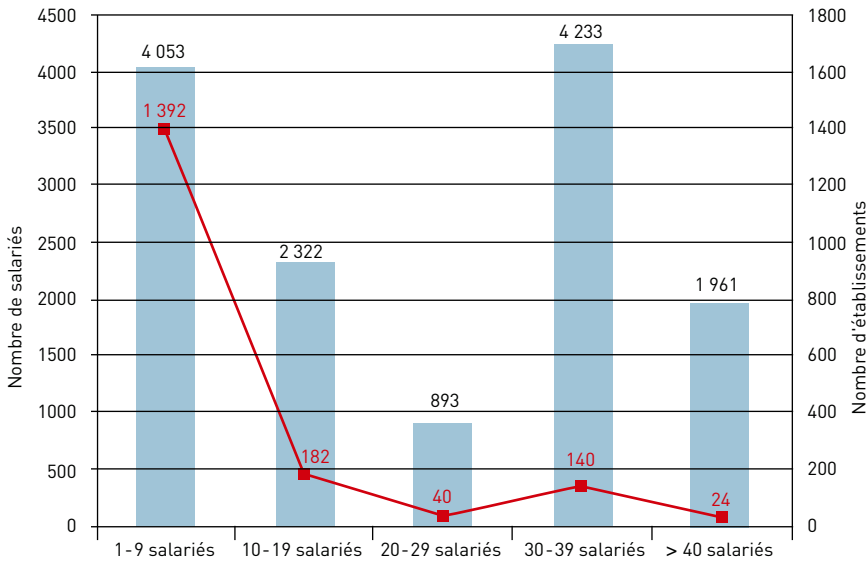
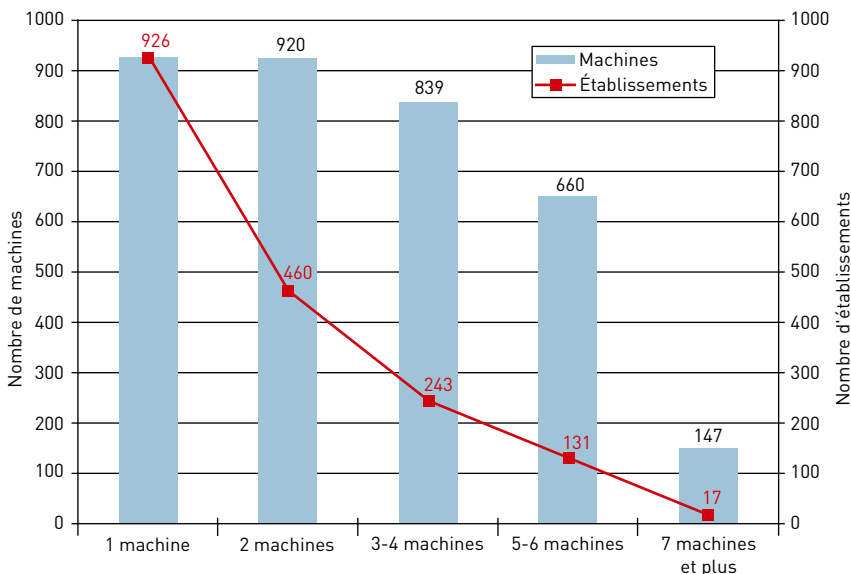


FIGURE 7

Nombre de machines et d'établissements par quantité de machines possédées



### Les établissements

Un tiers des salariés travaillent dans des petits établissements (entre 20 et 99 salariés). Un autre tiers se trouve dans les grands établissements (plus de 500 salariés). L'ensemble des résultats est donné dans le [Tableau VI](#).

### Les ateliers de découpe

Les salariés travaillant dans les ateliers de découpe sont soumis en permanence aux fumées de découpe. Ils sont 13 462 soit 10 % de l'ensemble des salariés des établissements qui ont des machines

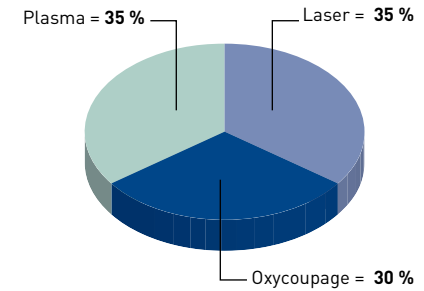
de découpe. Parmi cette population, les 7 496 salariés qui conduisent les machines sont plus particulièrement exposés.

Un peu plus de 4 000 salariés travaillent dans des ateliers de découpe ayant moins de dix salariés. La [Figure 5](#) montre un autre pic, avec également plus de 4 000 salariés, pour les ateliers de découpe de 30 à 39 salariés.

La moitié des établissements possède des ateliers de découpe équipés d'une ventilation générale dans lesquels travaillent plus de la moitié des salariés (7 888).

FIGURE 6

Les types de machines de découpe



### LES MACHINES

Le nombre de machines de découpe a été estimé à 3 492. Elles se répartissent pratiquement à part égale entre les trois types : oxycoupage, plasma et laser ([cf. Figure 6](#)). Toutefois quelques différences existent :

■ apparus à la fin du 20<sup>e</sup> siècle [7], les deux types de machines les plus récents, plasma et laser, sont les plus nombreux avec respectivement 1 232 et 1 220 machines ;

■ apparu au début du 20<sup>e</sup> siècle, le type de machine le plus ancien, la découpe par oxycoupage, est le moins nombreux avec 1 040 machines.

La moitié des établissements ne possède qu'une machine de découpe et un quart en possède deux ([cf. Figure 7](#)). Le nombre maximum de machines possédées par un établissement est 18 et la moyenne est de 2.

Il était techniquement difficile d'obtenir par questionnaire les caractéristiques de toutes les machines de découpe de chaque établissement sondé. Il a été décidé de n'en caractériser qu'une par établissement. Pour les établissements qui en possèdent plusieurs, il leur a été proposé de sélectionner la machine la plus utilisée en leur laissant le choix des critères pour cette sélection.

Sachant que plus de 75 % des établissements ne possèdent qu'une seule machine, les caractéristiques de celles les plus utilisées données dans les paragraphes suivants sont relativement proches de celles de l'ensemble du parc des machines de découpe.

## Nombre de têtes

La majorité des machines de découpe (75 %) est équipée d'une seule tête de découpe (cf. Figure 8).

Des différences existent en fonction du type de machine, en moyenne :

- les machines d'oxycoupage ont trois têtes de découpe ;
- les machines de découpe plasma et laser n'ont qu'une tête de découpe ;

Le nombre maximum de tête de découpe est :

- 18 pour les machines d'oxycoupage ;
- 2 pour les machines de découpe plasma ;
- 4 pour les machines de découpe laser.

## Fonctions complémentaires

De nombreuses machines n'ont pas de fonctions complémentaires. La plus fréquente est le découpage en biais.

Certaines fonctions complémentaires ne sont pas liées à la découpe mais utilisent l'automatisation de la table pour effectuer :

- du traçage et du marquage ;
- de l'usinage en remplaçant la tête de découpe par une tête d'usinage ;
- du soudage en remplaçant la tête de découpe par une tête de soudage.

## L'année de fabrication

Les premières machines de découpe par oxycoupage et plasma datent de 1972 et de 1986 pour les machines laser.

Le nombre cumulé de machines de découpe (cf. Figure 9) montre une croissance relativement régulière du parc de 1980 à 1987. Une exception, les machines de découpe plasma présentent deux périodes :

- 1972-2002 avec une progression très faible : 1 à 100 machines ;
- 2002 à 2007 avec une croissance très forte : 100 à 650 machines.

## Les constructeurs

Trois constructeurs, différents pour chaque type de machine, occupent une place prépondérante. Cette configuration montre que les constructeurs sont

FIGURE 8

### Nombre de têtes

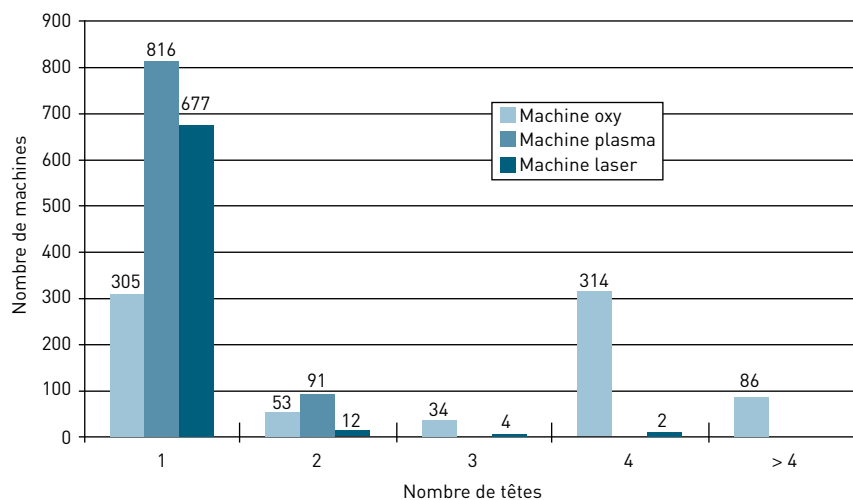
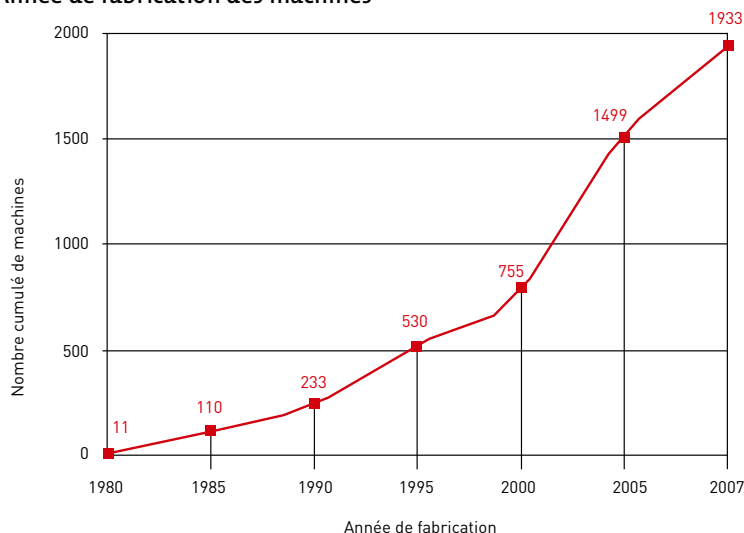


FIGURE 9

### Année de fabrication des machines



spécialisés dans une des technologies de découpe.

Toutefois, quelques constructeurs essaient de développer leurs marchés en proposant plusieurs types de machines, le plus souvent oxycoupage et plasma. Un seul a été trouvé dans les trois catégories.

## Les dimensions des pièces couramment découpées

Les valeurs du *Tableau VII* confirment que la découpe par :

- oxycoupage est utilisée pour les pièces de grandes dimensions en épaisseur, en largeur et en longueur ;
- laser est utilisée pour les pièces de petites dimensions en épaisseur, en largeur et en longueur ;

■ plasma est utilisée pour les pièces de dimensions intermédiaires.

## Les matériaux découpés

Les aciers de toute nature (non alliés ou faiblement alliés, inoxydables et spéciaux) sont découpés par les trois types de machines. Les différences apparaissent pour :

- l'aluminium principalement découpé par laser, un peu par plasma et exceptionnellement par oxycoupage ;
- le titane découpé uniquement par laser.

D'autres matériaux sont cités par les établissements qui ont été interrogés : le bois, la fonte, le cuivre et ses alliages.

TABLEAU VII

## Dimension des pièces les plus couramment découpées

		Machines de découpe par		
		Oxycoupage	Plasma	Laser
Épaisseur (mm)	Mini	5	1	1
	Moyenne	33	10	9
	Maxi	400	45	30
Largeur (mm)	Mini	300	18	20
	Moyenne	1 030	1 647	1 021
	Maxi	5 000	4 000	2 000
Longueur (mm)	Mini	1 000	30	50
	Moyenne	3 195	4 080	1 918
	Maxi	25 000	20 000	6 000

FIGURE 10

## Ventilation des machines et type d'évacuation

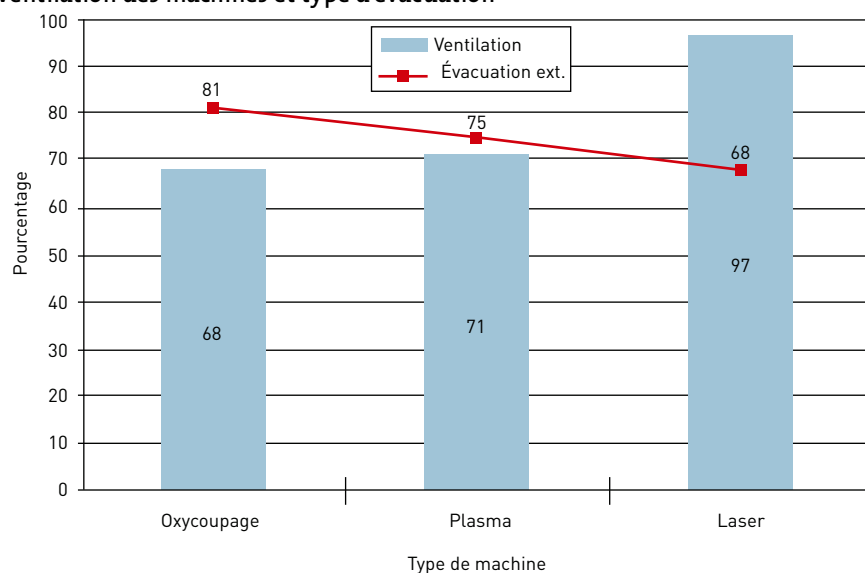


TABLEAU VIII

## Type d'aspiration des machines de découpe

Type d'aspiration	Oxycoupage	Plasma	Laser
Aspiration par zone	60%	59%	47%
Aspiration par caisson embarqué aspirant	17%	36%	39%
Hotte aspirante	12%	3%	12%
Aspiration par fente fixe aspirante	11%	2%	2%

## Les traitements

Les matériaux subissent très peu de traitement avant l'opération de découpe, sauf le décapage chimique pour la découpe par laser. Certains traitements ont toutefois été rapportés par quelques industriels comme :

■ le zingage et l'aluzinc (mélange d'aluminium et de zinc) ;

- la peinture ;
- l'huilage ;
- la protection par film.

Ces données sont à utiliser avec quelques précautions car, notamment dans le cas de la sous-traitance, l'industriel réalisant la découpe n'a peut être pas reçu l'information de son donneur d'ordre.

## Ventilation

La proportion d'équipements d'une ventilation est différente selon le type de machine. Elle suit l'évolution dans le temps, ainsi, plus la technologie est récente, plus les machines sont équipées d'une ventilation : 68 % pour l'oxycoupage contre 97 % pour la découpe par laser (cf. Figure 10).

Les valeurs s'inversent pour l'évacuation des fumées à l'extérieur : 81 % pour l'oxycoupage contre 68 % pour la découpe laser. Deux raisons peuvent expliquer ce constat :

■ l'efficacité des filtres ayant été améliorée, il ne serait plus nécessaire d'évacuer à l'extérieur ;

■ les contraintes environnementales tendent à limiter les rejets directs à l'extérieur.

Le type de ventilation le plus utilisé est l'aspiration par zone dans des proportions qui sont différentes pour chaque type de machines (cf. Tableau VIII).

## Les filtres

Les filtres à cartouche sont 2,5 fois plus utilisés que les filtres à manche.

Certains systèmes de ventilation sont équipés des deux types de filtres.

Les intervalles entre deux nettoyages sont différents selon le type de filtre et le type de machine, mais, en général, ils sont assez grands : seulement quelques filtres sont nettoyés avec une fréquence inférieure au trimestre.

De plus, de nombreux établissements déclarent ne jamais nettoyer les filtres, principalement ceux à cartouches. Une explication est que les filtres à cartouches sont plutôt changés que nettoyés.

## Évacuation des scories

Sauf pour le système de ventilation par hotte, les scories produites lors de la découpe empruntent, au début, le même trajet que les gaz d'extraction de la ventilation. Pour éviter d'obstruer les conduites d'évacuation, les scories doivent être retirées régulièrement.

Les périodicités d'évacuation sont très différentes pour chaque type de machine. La moyenne est :

- bi-mensuelle pour l'oxycoupage ;
- mensuelle pour la découpe par plasma ;
- hebdomadaire pour la découpe par laser.

## CONCLUSION

Cette étude de filière sur la découpe des métaux par oxycoupage, plasma et laser, repose sur une enquête qui s'est déroulée au cours du premier semestre 2007. Elle a été réalisée par voie postale auprès d'un échantillon de possesseurs potentiels de machines de découpe automatiques de métaux par oxycoupage, plasma et laser. Cet échantillon était composé de 3 266 établissements appartenant à 39 secteurs d'activité. Cette étude a permis, grâce aux techniques dites de redressement (estimation des données au niveau national à partir des résultats de l'enquête) de répondre aux objectifs qui sont d'apporter une connaissance, à un instant donné sur :

- les établissements : ils sont peu nombreux, de petite taille et concentrés dans quelques secteurs d'activité ;
- les machines : elles découpent principalement des aciers qui n'ont pas ou peu subi de traitement préalable ;
- les systèmes de ventilation : ils sont souvent présents mais leur efficacité est parfois limitée par leur conception et le manque d'entretien.

Une partie de ces connaissances, celles relatives aux caractéristiques des machines, des systèmes de ventilation et des métaux découpés, sont exploitables dans l'immédiat pour la mise au point de systèmes d'aspiration adaptés à ces machines.

Les autres connaissances, nombre de salariés, nombre d'établissements et secteurs d'activité, pourront être exploitées ultérieurement dans le cadre, par exemple, de campagnes d'information ou de sensibilisation sur les risques des fumées de découpage.

**TABEAU IX**

### Nombre de salariés dans les ateliers de découpe par secteur d'activité

Code NAF	Intitulé du secteur d'activité	Nombre salariés	%
28.4B	Découpage, emboutissage	5 135	38%
28.3C	Chaudronnerie-tuyauterie	2 826	21%
28.1A	Fabrication de constructions métalliques	2 156	16%
29.3D	Fabrication de matériel agricole	710	5%
29.2D	Fabrication d'équipements de levage et de manutention	356	3%
28.6F	Fabrication de serrures et de ferrures	301	2%
29.5E	Fabrication de machines pour l'industrie agroalimentaire	300	2%
28.5D	Mécanique générale	246	2%
29.5D	Fabrication de matériels de travaux publics	245	2%
31.2A	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique pour BT	218	2%
27.1Y	Sidérurgie	191	1%
29.2F	Fabrication d'équipements aérauliques et frigorifiques industriels	170	1%
35.1A	Construction de bâtiments de guerre	110	1%
35.3A	Construction de moteurs pour aéronefs	87	1%
35.2Z	Construction de matériel ferroviaire roulant	57	0%
29.5R	Fabrication machines spécialisées diverses	43	0%
35.3B	Construction de cellules d'aéronefs	41	0%
29.4D	Fabrication de matériel de soudage	39	0%
28.1C	Fabrication de menuiseries et fermetures métalliques	39	0%
29.4A	Fabrication de machines-outils à métaux	36	0%
29.5J	Fabrication de machines pour les industries du papier et du carton	33	0%
29.6A	Fabrication d'armement	27	0%
35.1B	Construction de navires civils	21	0%
28.3B	Chaudronnerie nucléaire	13	0%
33.2A	Fabrication d'équipements d'aide à la navigation	12	0%
29.5G	Fabrication de machines pour les industries textiles	12	0%
29.5L	Fabrication de machines d'imprimerie	11	0%
35.5Z	Fabrication de matériels de transport n.c.a.	10	0%
29.5B	Fabrication de matériels de mines pour l'extraction	6	0%
31.2B	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique pour HT	5	0%
29.4E	Fabrication d'autres machines-outils	4	0%
29.5Q	Fabrication de machines d'assemblage automatique	3	0%
29.4B	Fabrication de machines-outils à bois	1	0%
	Total	13 462	100%

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier toutes les entreprises qui ont participé en remplissant le questionnaire. Elles ont permis d'obtenir des résultats qui serviront à la conception de systèmes de ventilation les mieux adaptés aux machines utilisées.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] MARSTEAU S., Fumées de soudage - évaluation des équipements de traitement des gaz, INRS, 2007, ND 2264

[2] Opérations de soudage à l'arc et de coupage : guide pratique de ventilation, Paris, INRS, Hygiène et sécurité du travail, 2007, ED 668

[3] ARDILLY P., Les techniques de soudage, édition TECHNIP, 1994

[4] MOREAU B., GRZEBYK M., Utilisation des matériaux fibreux en France, INRS, Hygiène et sécurité du travail, 213, 2008, ND 2299

[5] Site Internet : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=nomenclatures/naf2003/naf2003.htm>, page visitée le 14 août 2009

[6] ALLISON Paul D. Logistic Regression Using the SAS System: Theory and Applications. Cary, N.C.: SAS Institute

[7] CANNET G., DELZENNE M., Coupage thermique et coupage au jet d'eau, Techniques de l'Ingénieur, 1989