



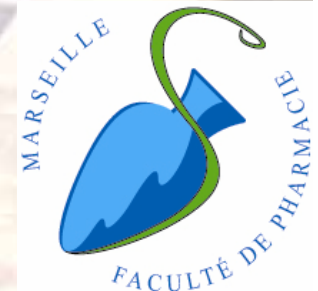
CARACTERISATION DE L'EXPOSITION AUX FUMÉES DE SOUDAGE EN ATELIER DANS LE SECTEUR DU BTP

R. Fassi, APAMETRA BTP - Nice

J. Catani, Laboratoire Interrégional de Chimie - CRAM du Sud-Est.

**G. Iarmarcovai, Laboratoire de Biogénotoxicologie et
Mutagenèse Environnementale (EA 1784)**

Faculté de Médecine et de Pharmacie - Marseille





Etude pluridisciplinaire

Concertation

DRTEFP

Coordination



Au niveau départemental
Action de prévention en partenariat

APAMETRA BTP

DDTEFP

OPPBTP

ACTION SOUDAGE

CRAM



Identification du danger cancérogène

- ✚ Groupe professionnel (les soudeurs en atelier)
- ✚ Exposé à un cancérogène possible: Les fumées de Soudage (groupe 2B du CIRC)
- ✚ Les données de la littérature épidémiologique concluent à l'existence d'un sur risque de Cancer broncho-pulmonaire

Etude pluridisciplinaire

Concertation

DRTEFP

Coordination



Au niveau départemental
Action de prévention en partenariat



APAMETRA BTP



DDTEFP



OPPBTP

ACTION SOUDAGE

Etude pluridisciplinaire

Concertation

DRTEFP

Coordination

Au niveau départemental

Action de prévention en partenariat

APAMETRA BTP

DDTEFP

OPPBTP

ACTION SOUDAGE

Etude pluridisciplinaire

Concertation

DRTEFP

Coordination



Au niveau départemental
Action de prévention en partenariat



APAMETRA BTP



DDTEFP



OPPBTP

ACTION SOUDAGE

CRAM

Etude pluridisciplinaire

Concertation

DRTEFP

Coordination

Au niveau départemental

Action de prévention en partenariat

APAMETRA BTP

DDTEFP

OPPBTP

ACTION SOUDAGE

CRAM

Laboratoire de
BIOGENOTOXICOLOGIE

**CARACTERISATION
DE L' EXPOSITION**

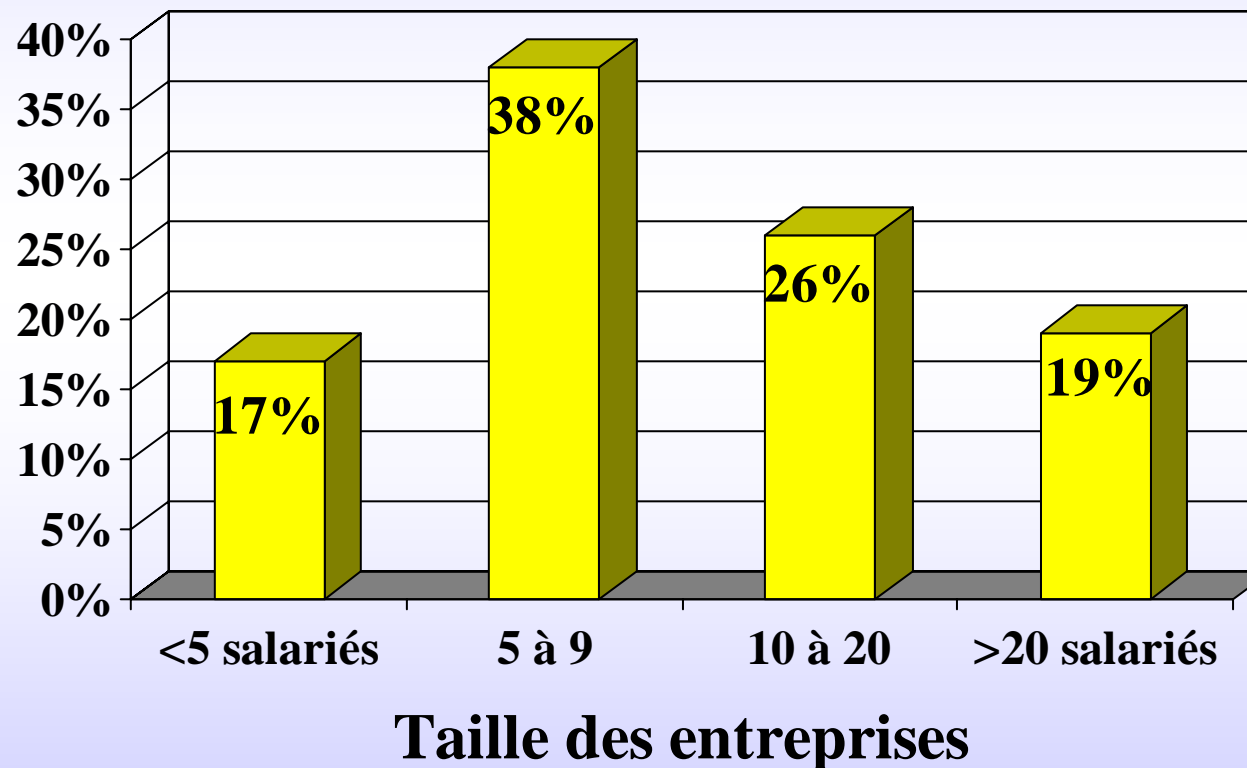
Caractérisation de l'exposition aux fumées de soudage
en atelier, dans le secteur du BTP

ETUDE DESCRIPTIVE MEDICO PROFESSIONNELLE

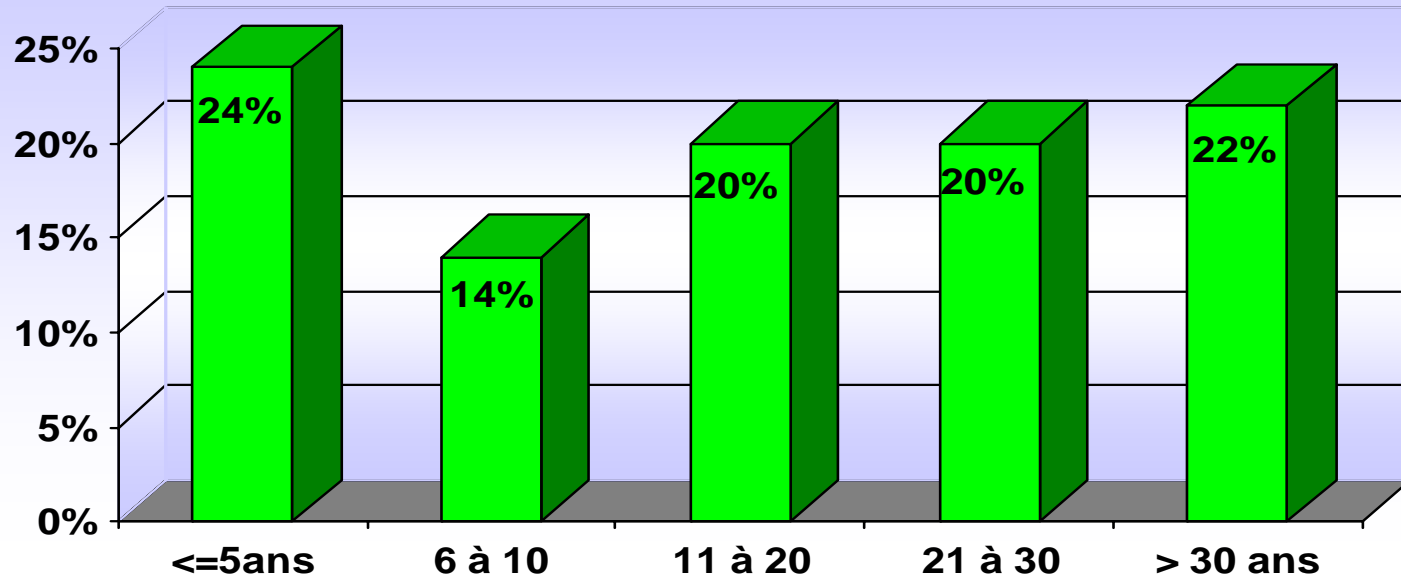


R. FASSI APAMETRA BTP

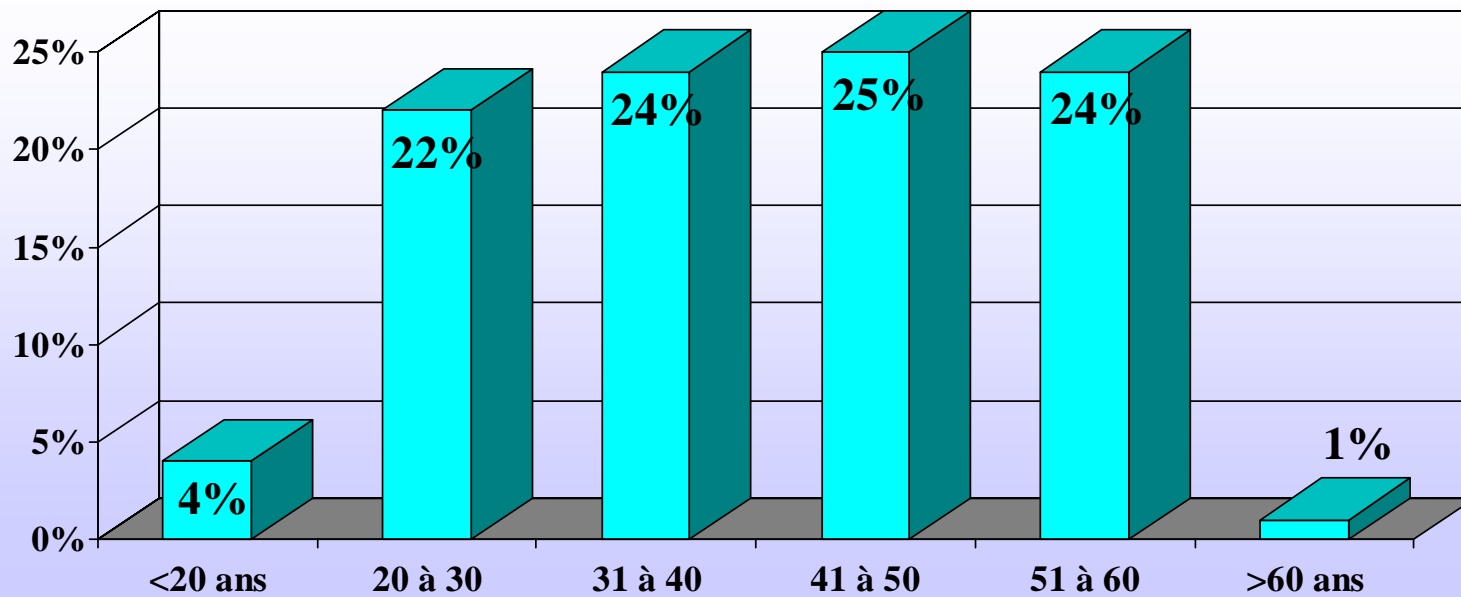
Répartition des salariés en fonction de la taille des entreprises



Pourcentage des salariés

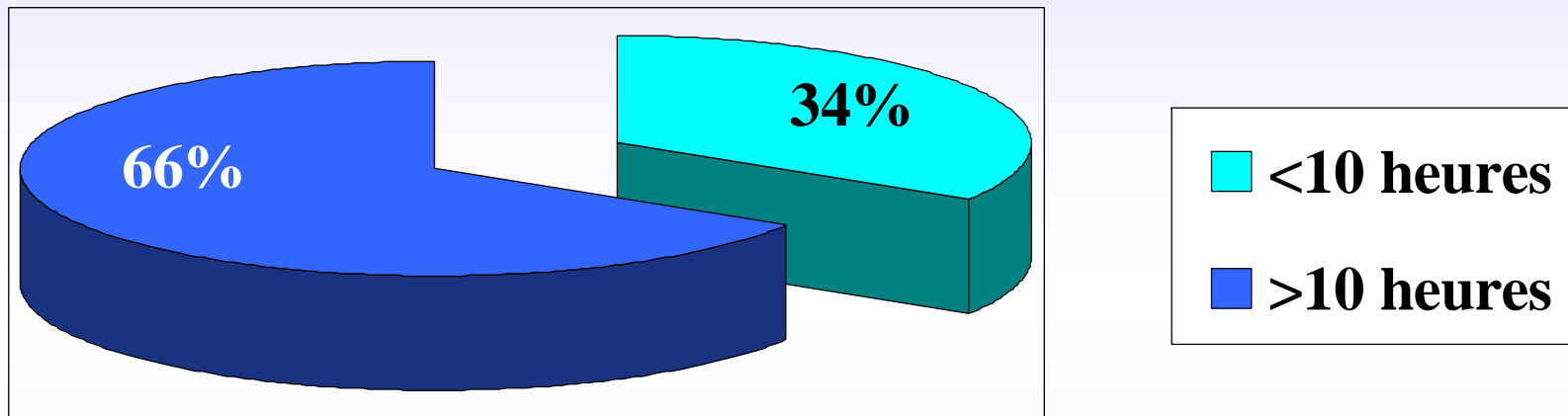


Ancienneté



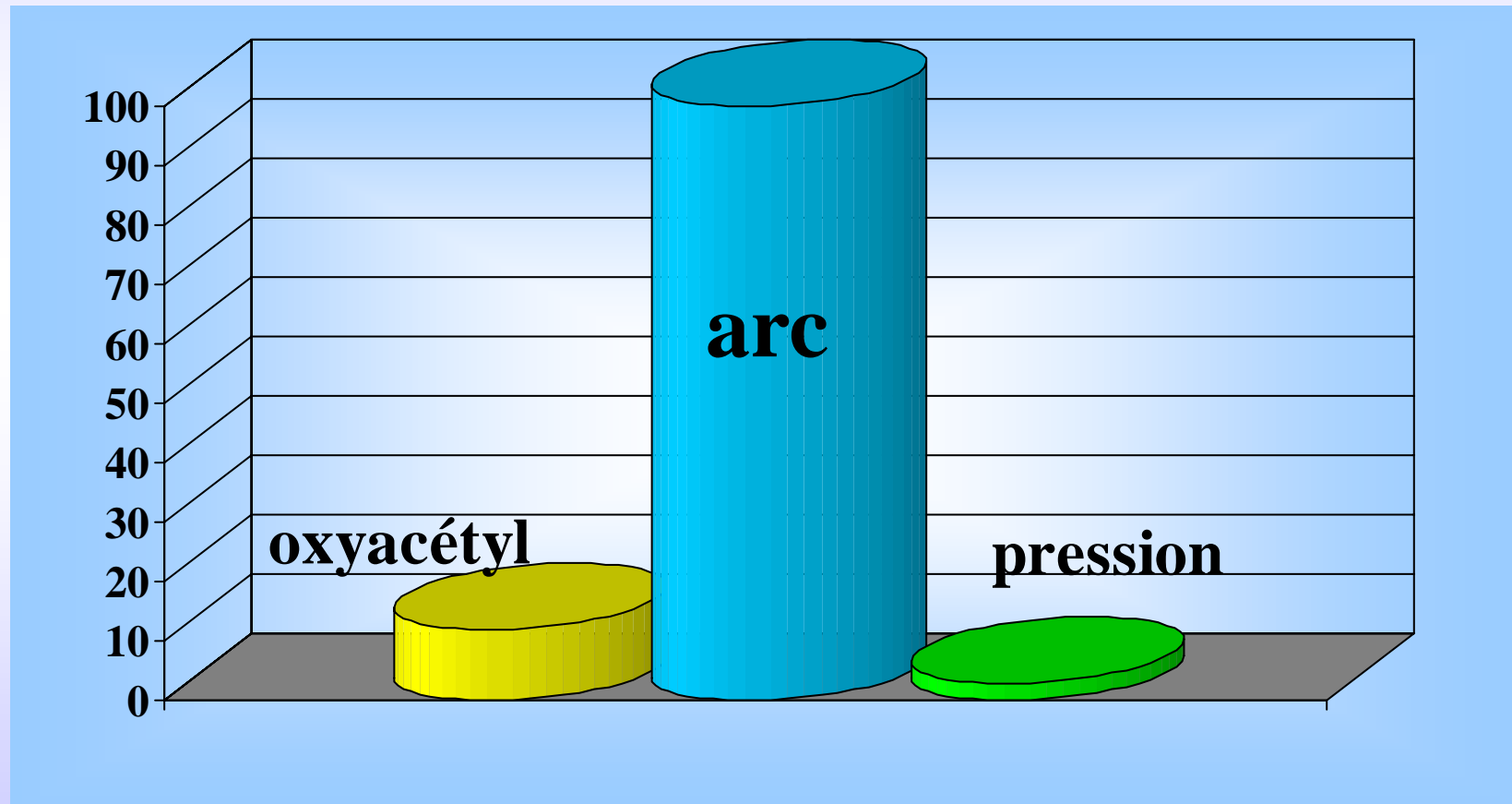
Age

Temps de soudage



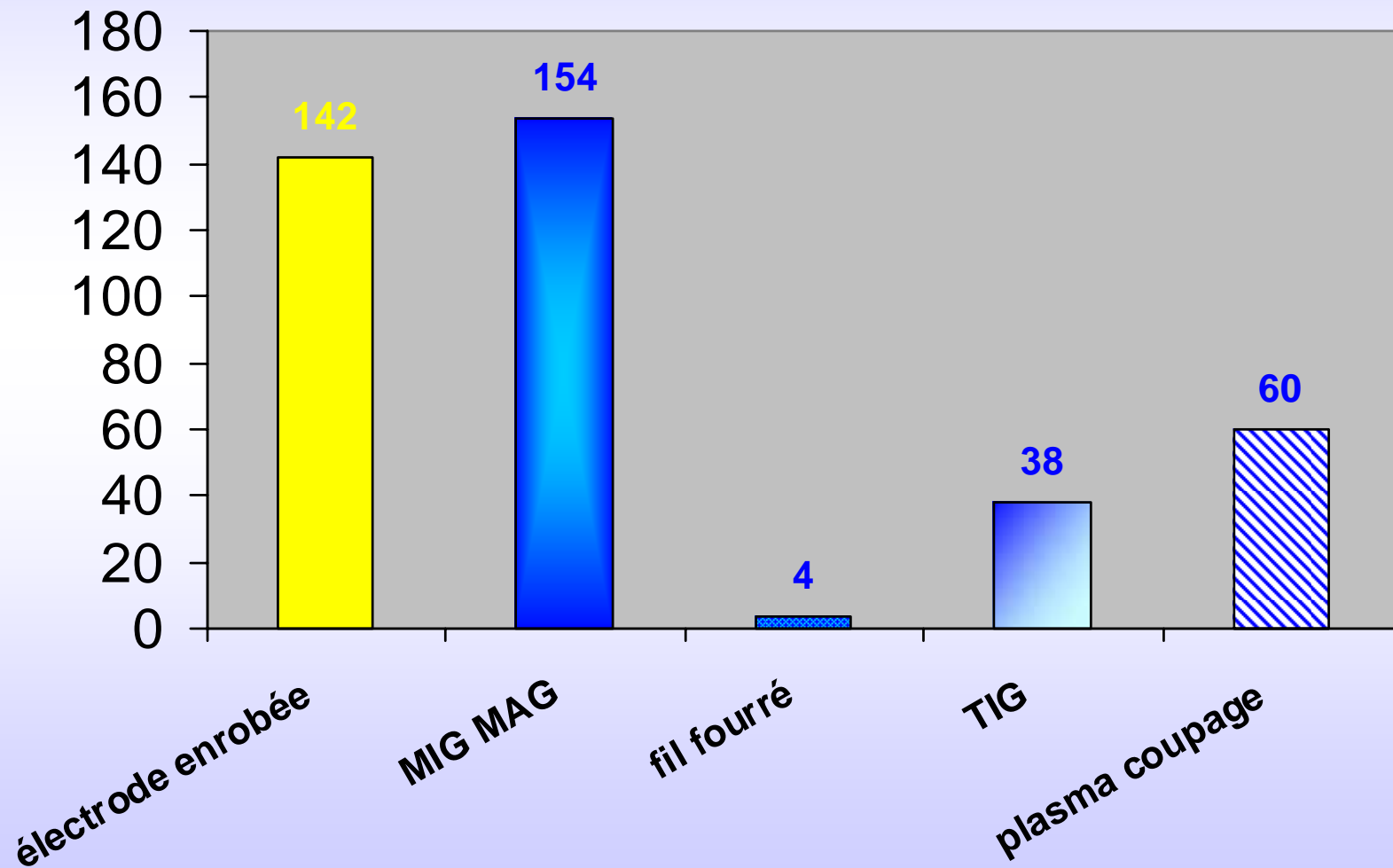
- Moyenne = 12 heures/ semaine

Techniques de soudage rencontrées

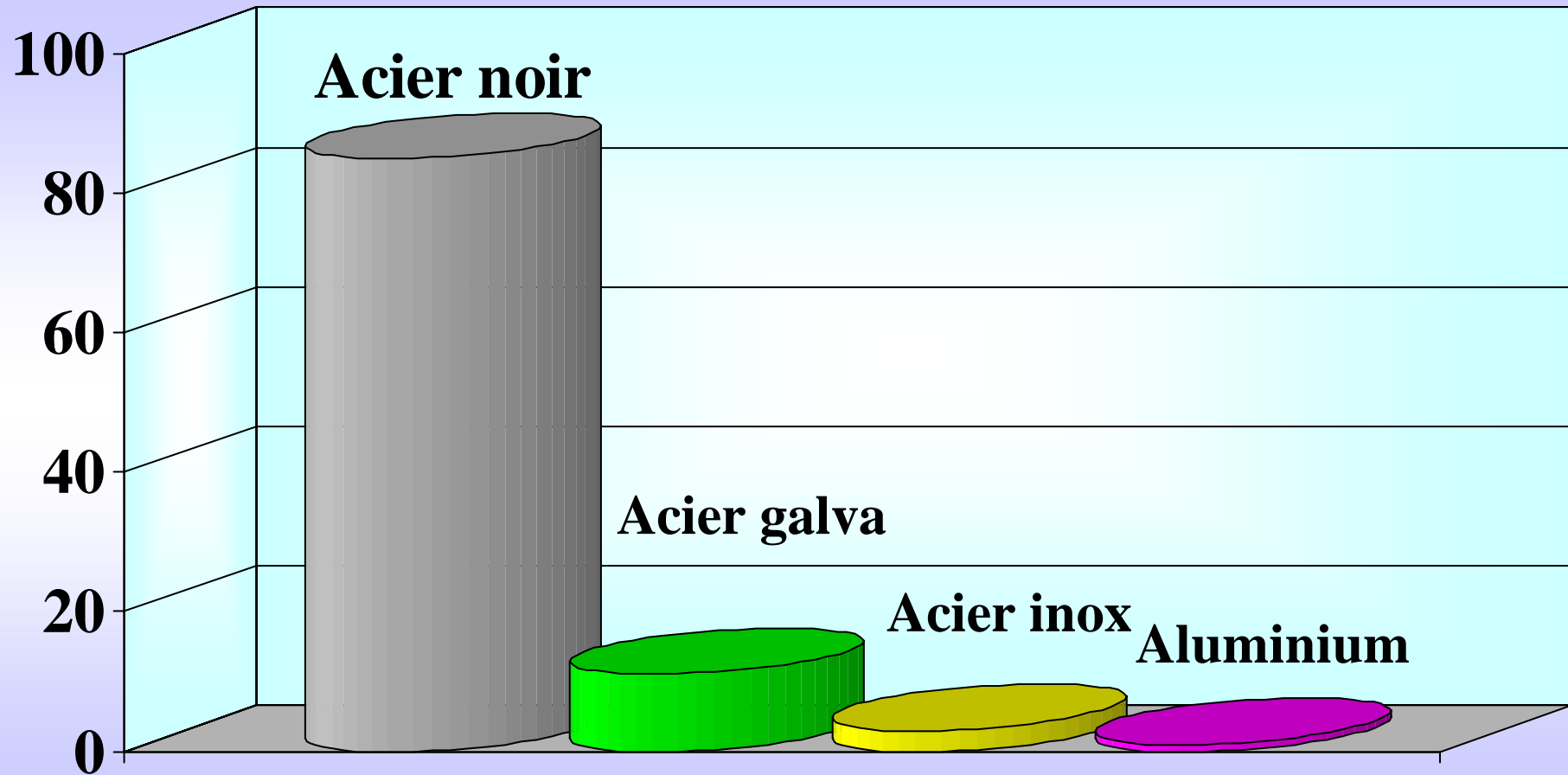


Techniques de soudage rencontrées

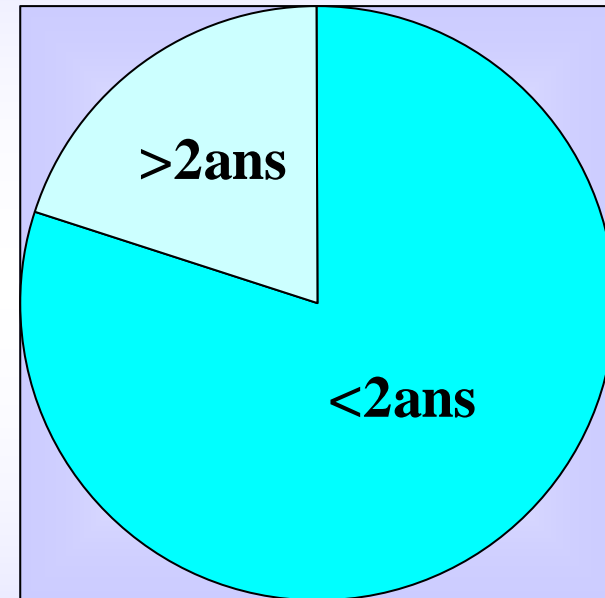
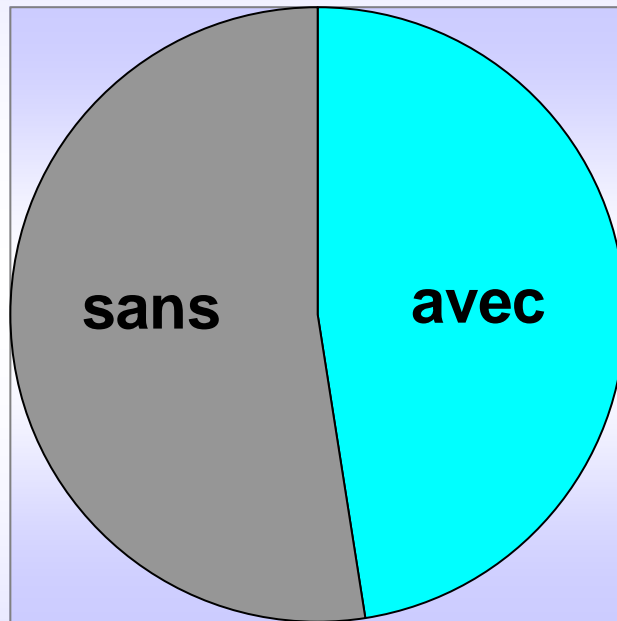
Nombre de soudeurs



Les métaux travaillés

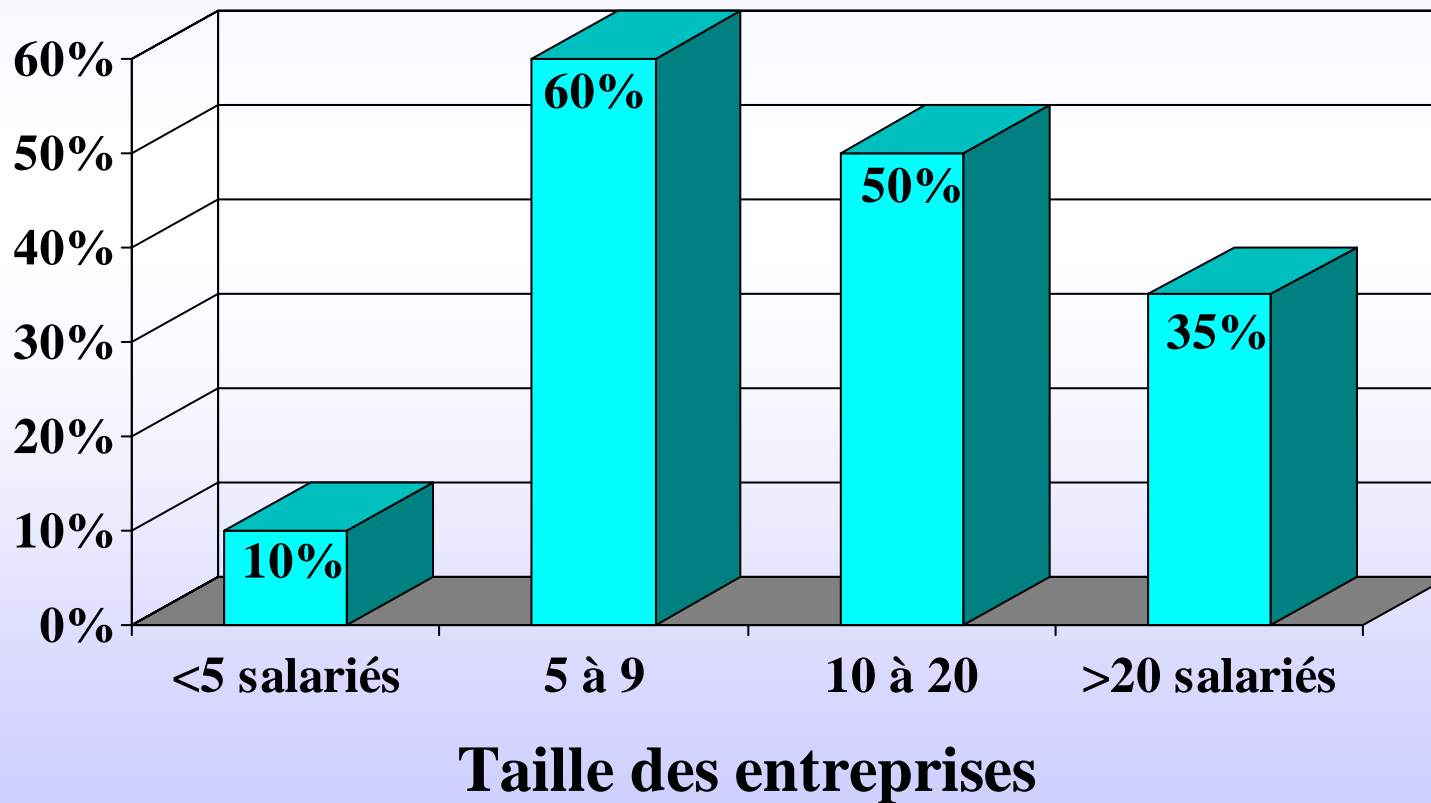


Aspiration des fumées de soudage

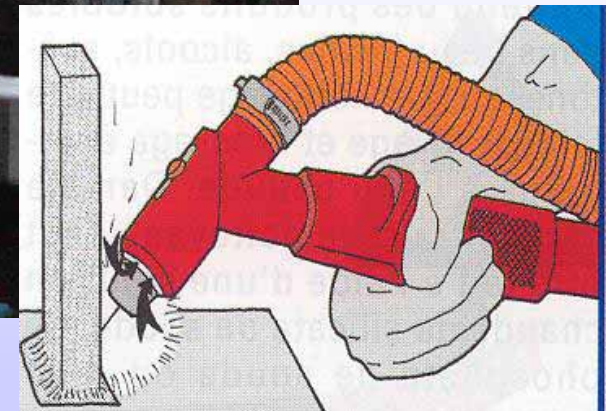


Relation aspiration et taille des entreprises

Pourcentage d'entreprise équipées



Torche aspirante





Bras
d'aspiration

Groupe mobile d'aspiration

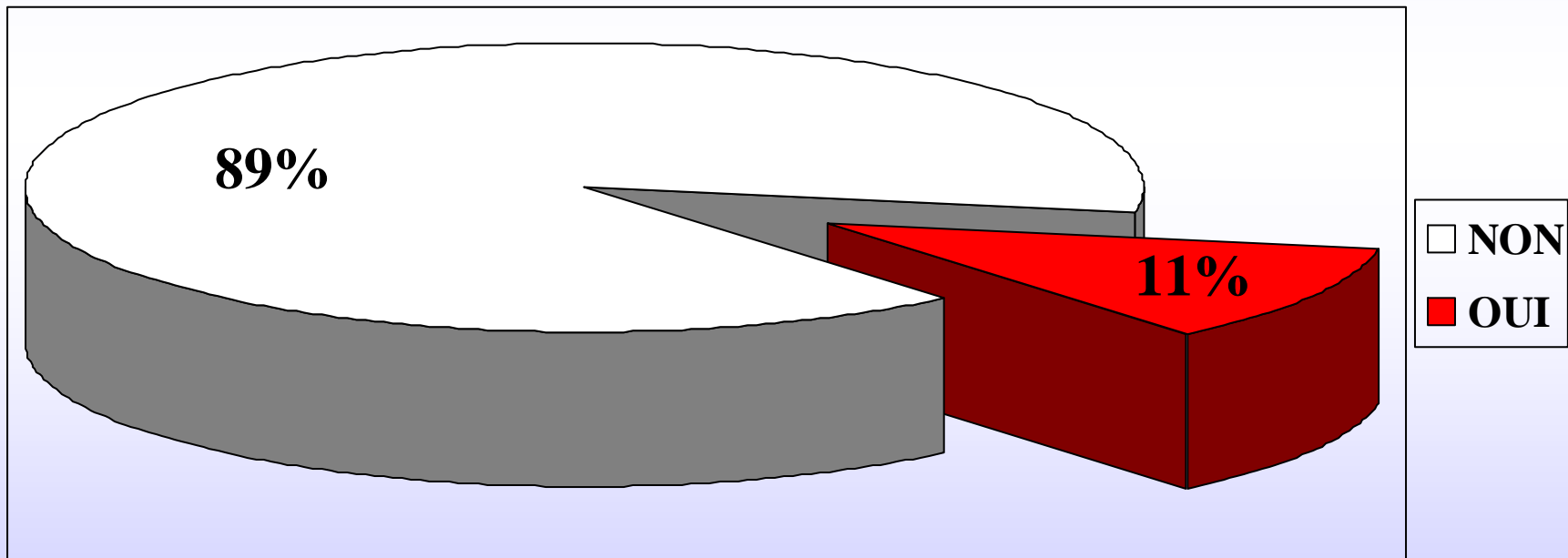


Masque à ventilation assistée

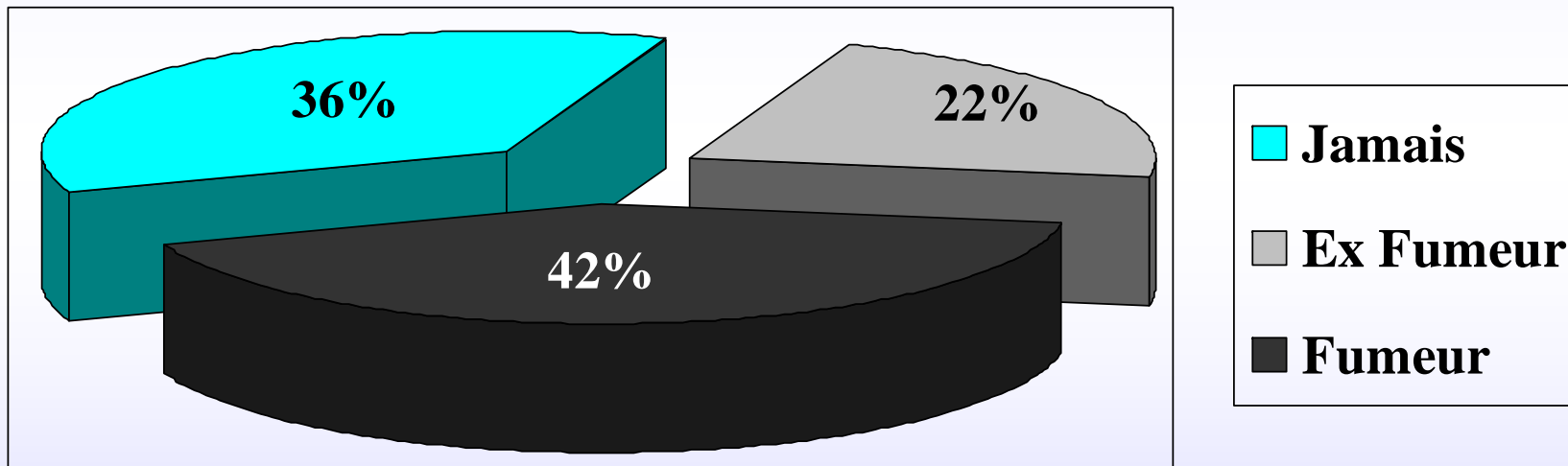


ETUDE CLINIQUE

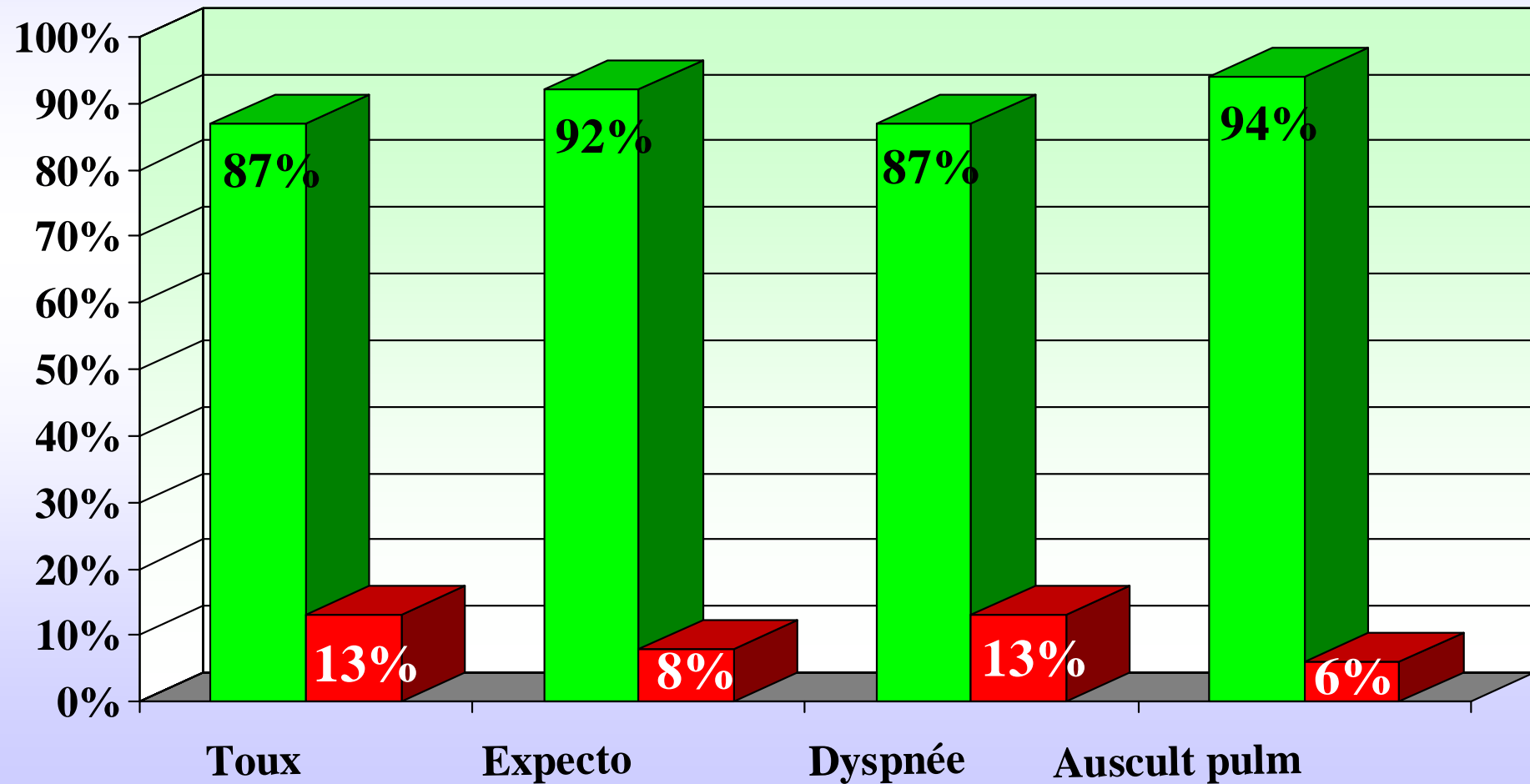
Les antécédents pulmonaires



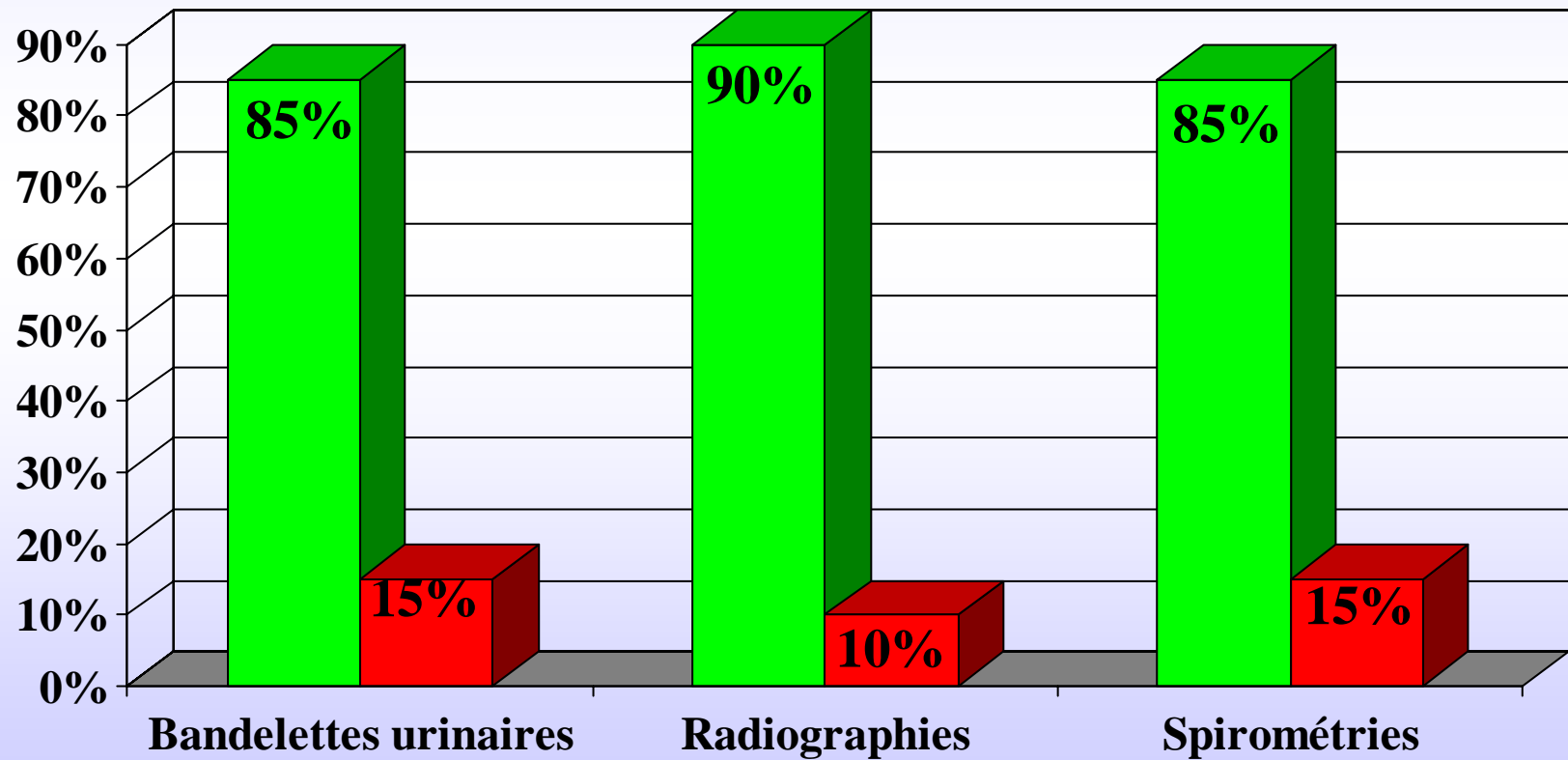
Tabagisme



Examen clinique



Les examens complémentaires



Enquête Cas-Témoins

Définition des « Cas »

- tout soudeur ayant une anomalie respiratoire (toux, dyspnée, expectoration, auscultation anormale ou radio anormale) et/ou spirométrie perturbée.
- tous les soudeurs ayant une anomalie respiratoire seront considérés comme faisant parties des cas **même** si la spirométrie n'est pas disponible.

Critères d'exclusion

- en cas d'EFR non faite ou ininterprétable et en l'absence de toute anomalie respiratoire.

Sur 179 soudeurs

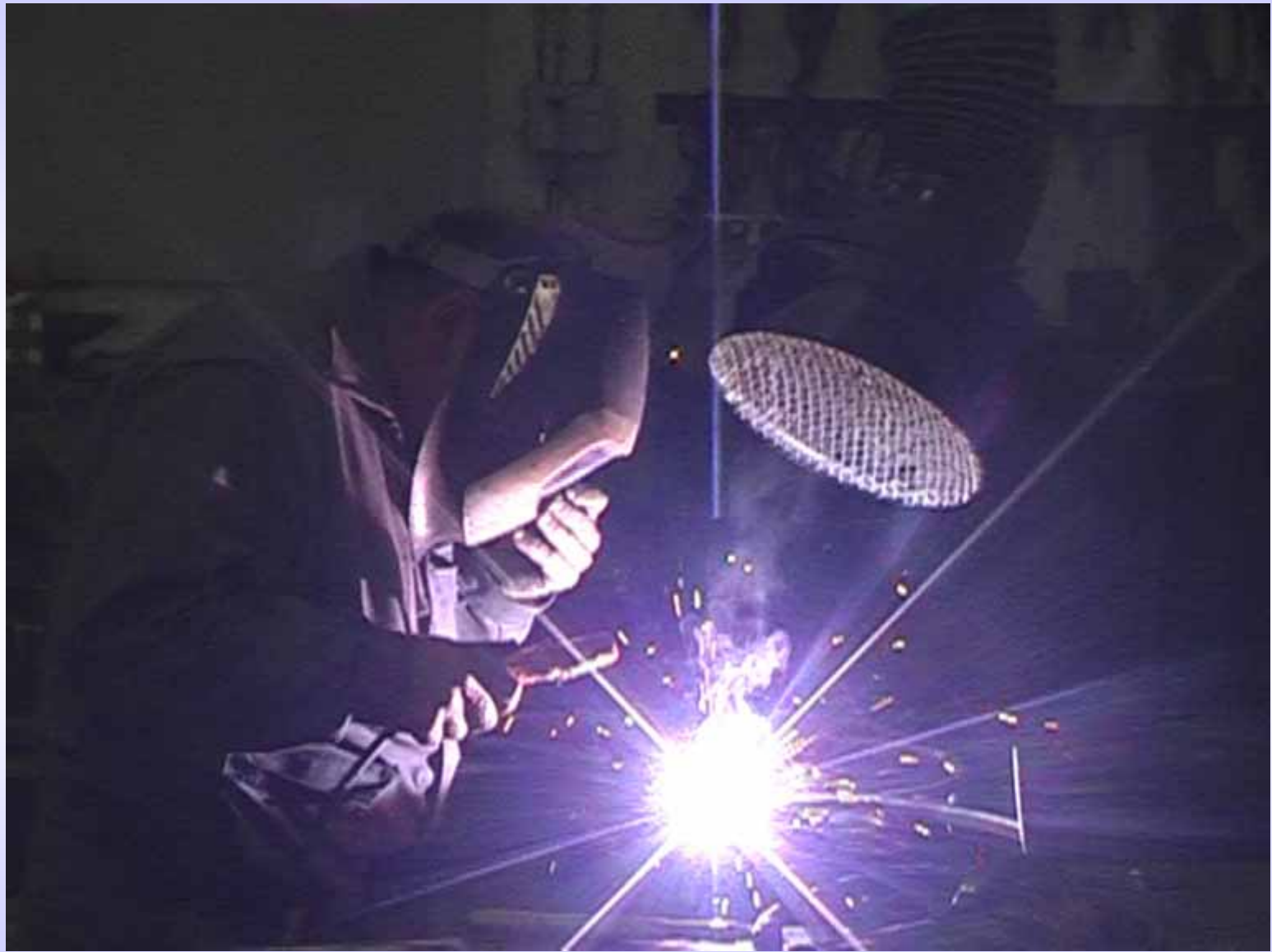
17 exclus

162 exploités: 45 « cas » (27,8%), 117 « témoins » (72,2 %)

Enquête Cas- Témoins

L'analyse multivariée montre une augmentation significative de la symptomatologie respiratoire pour les soudeurs:

- Présentant des antécédents de tabagisme ≥ 20 PA
($p = 0,01$)
- Travaillant dans les entreprises > 10 salariés
($p = 0.03$)
- N'utilisant pas de protections individuelles.
($p = 0,05$: *résultat à la limite de la significativité*)



Caractérisation de l'exposition aux fumées de soudage en atelier, dans le secteur du BTP J.Catani CRAM-SE



**EVALUATION DES RISQUES
CHIMIQUES PAR LA METROLOGIE**



Objectifs :

- Évaluation de l'exposition des soudeurs à des composés CMR par métrologie d'ambiance:
 - Gaz émis : monoxyde de carbone, phosgène..
 - Poussières métalliques,
 - nombreux sels de métaux classés cancérogènes.



Cible :

- Visite de 40 ateliers → 70 prélèvements atmosphériques
 - Techniques de soudage,
 - Matériau soudé,
 - Présence d'aspiration locale,

Matériels et méthodes :

Méthodes METROPOL www.inrs.fr

■ Prélèvement



Capteur

Matériels et méthodes :

■ Attaque acide



Cassette
avec filtre

Dissolution dans l'HF
des particules et du
filtre

Matériels et méthodes :

- Analyse par ICP



Plasma

Passeur
automatique
d'échantillons

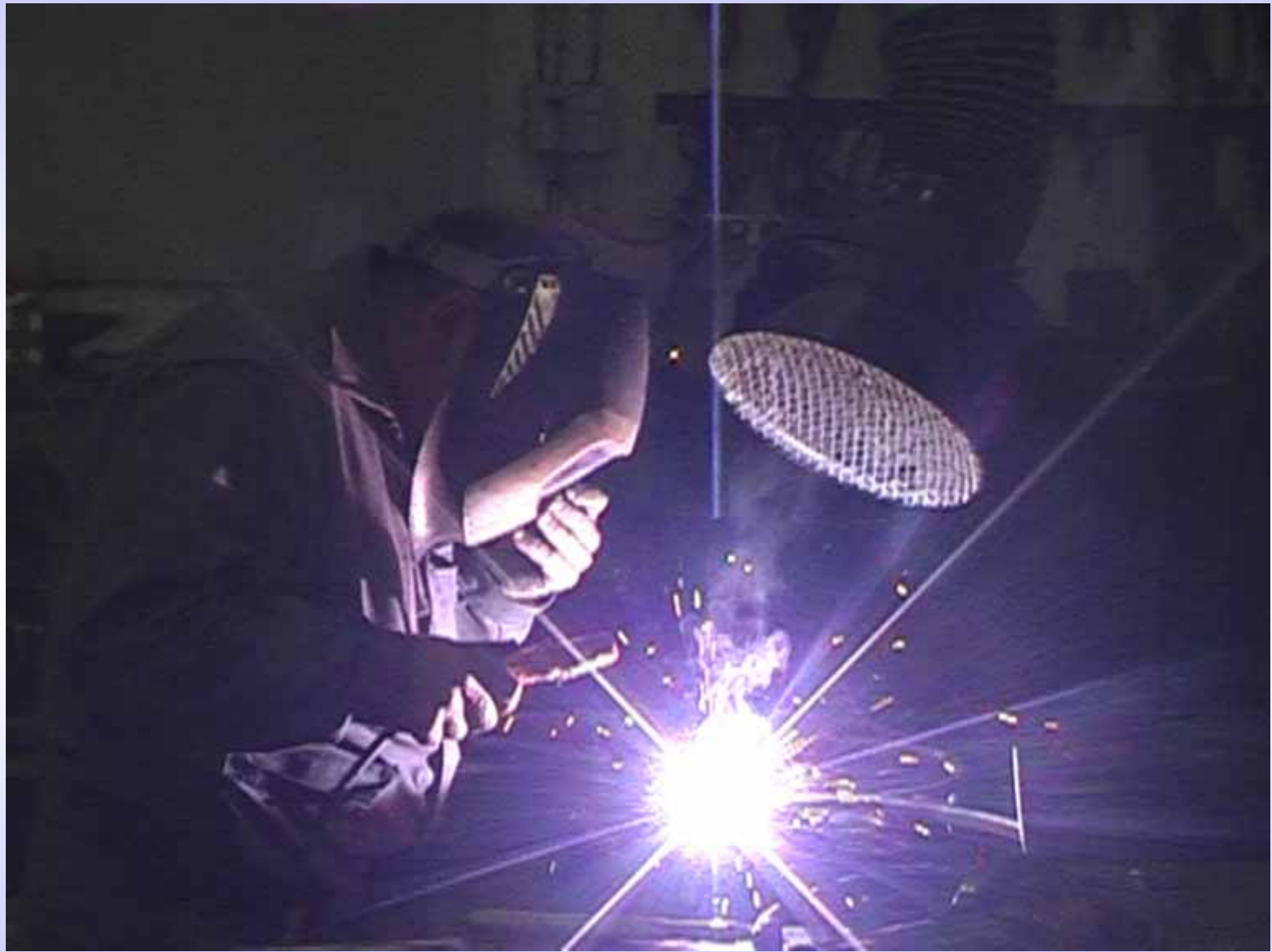
Résultats :

Polluants détectés (Nombre de résultats quantifiés)	Fumées (70)	Fe (62)	Zn (11)	Ni (3)	Cd (17)	Pb (13)	Se (3)	Co (10)	Cr (13)
Valeur limite d'exposition professionnelle	5 mg/m ³	5 mg/m ³	1 mg/m ³	1 mg/m ³	50 µg/m ³	100 µg/m ³	0,2 mg/m ³	20 µg/m ³	50 µg/m ³
Concentration moyenne	4,78	1,68	1,05	0,07	70	580	0,15	9,39	9,19
Centiles 50	3,10	0,88	0,12	-	60	320	-	2,35	5,20
75	5,77	2,07	0,97	-	110	660	-	4,70	7,00
90	8,81	3,65	2,13	-	120	1320	-	13,70	9,60
Concentrations moyennes									
Avec ventilation (29)	3,26	1,13	0,04	-	50	420	-	3,70	7,67
Sans ventilation (35)	5,27	1,56	1,27	-	100	90	-	36,50	11,50
AEEE (29)	4,75	2,10	1,52	-	30	670	-	3,73	16,06
MIG/MAG (42)	4,57	1,48	1,78	-	80	470	-	13,17	5,47
Acier noir (49)	3,99	1,39	0,05	-	100	280	-	9,83	5,54
Acier galvanisé (12)	5,71	1,25	2,83	-	40	NS	-	NS	NS
Dépassement des VLEP sur l'ensemble des mesures	31%	4,3%	4,3%	-	13%	11%	-	1,4%	1,4%
Dépassement des VLEP uniquement sur les métaux quantifiés	31%	4,8%	27%	-	53%	62%	-	10%	7,7%



Commentaires :

- Dépassement VLEP des fumées (31%),
- Valeur « inattendues » Cd et Pb,
 - Analyse métaux, baguettes, peinture...
 - présence importante de Pb dans les peintures,
- Peu de Cr et Ni,
- Amélioration insuffisante des concentrations avec les aspirations :
 - mauvaise utilisation des bras aspirants.



Caractérisation de l'exposition aux fumées de soudage
en atelier, dans le secteur du BTP

Biosurveillance :
Biométrie
Biogénotoxicologie



G. Iarmarcovai

Laboratoire de Biogénotoxicologie et
Mutagenèse Environnementale, EA 1784





Objectifs et moyens

- Approche biologique de la caractérisation des expositions
 - développée par le Laboratoire de Biogénotoxicologie et Mutagenèse Environnementale (CHU de Marseille)
 - Biosurveillance :
 - Biomarqueurs d'exposition
 - dosages sanguins et urinaires de Pb, Cd, Ni, Cr, Zn, Mn, Co, Al
 - Biomarqueurs d'effet génotoxique
 - test des comètes sur lymphocytes
 - test des micronoyaux sur lymphocytes
- 2 biomarqueurs d'effet complémentaires



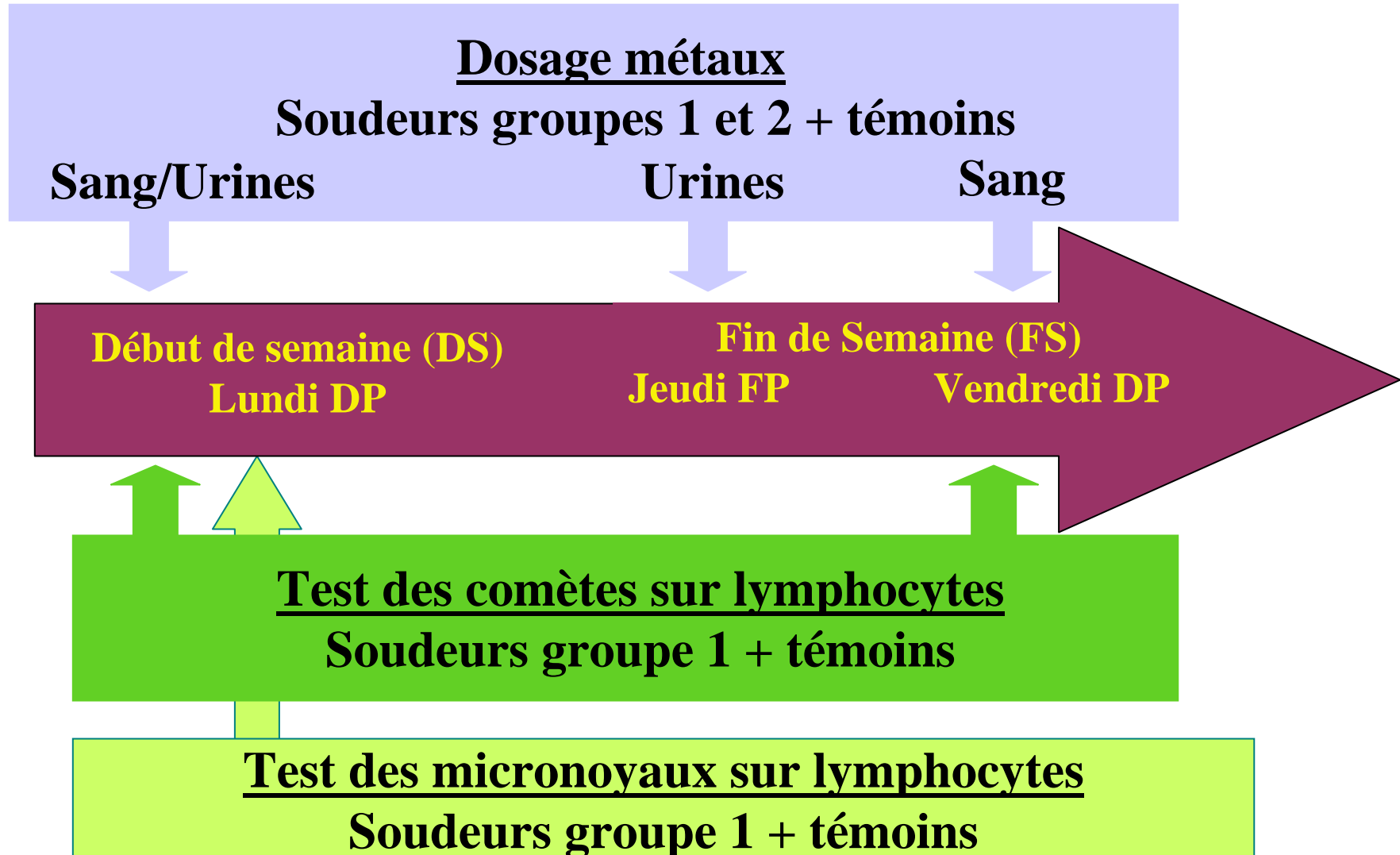
Matériels et méthodes

1. Populations étudiées

- 60 soudeurs issus de 36 ateliers distincts
 - répartis en 2 groupes :
 - groupe 1 : 27 soudeurs sans système d'aspiration dans l'atelier
 - groupe 2 : 33 soudeurs avec système d'aspiration
- 30 témoins
 - non exposés professionnellement aux fumées de soudage ou à d'autres agents CMR
 - ayant les mêmes caractéristiques que les soudeurs du groupe 1 sur les principaux facteurs de confusion des tests de génotoxicité
- Inclusion par les médecins du travail
 - après recueil du consentement éclairé par écrit
 - octobre 2004 à janvier 2005

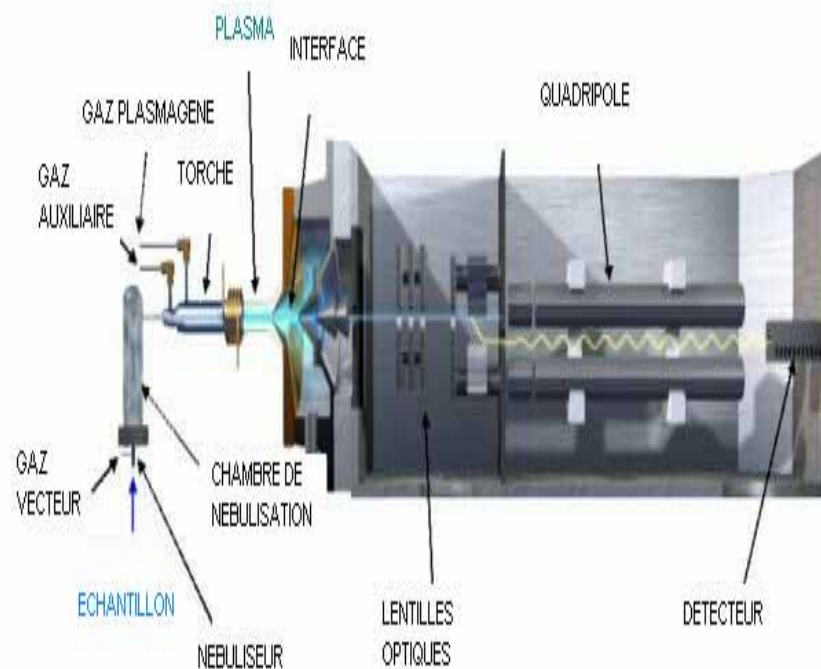
Matériels et méthodes

2. Modalités des prélèvements biologiques



Biométrie : ICP-MS

1. Principe



- Détermination de la concentration en métaux par ICP-MS (Spectrométrie de masse à plasma induit par couplage)

2. Résultats

Concentrations (médianes) sanguines ($\mu\text{g/l}$) et urinaires ($\mu\text{g/g}$ de créatininurie) en Pb, Ni, Cr et Co chez soudeurs (S), gpe 1 (S1), gpe 2 (S2) et témoins (T)

		S vs T	S1 vs T	S2 vs T	S1 vs S2 Deb Sem	S1 vs S2 Fin Sem	S FS vs DS
Pb	Sg	80/39	99/38,6	56,4/38,6	99/56,4	77/68	72,5/80
	U	2,9/1,1	3,9/1,1	2/1,1	3,9/2	3/3,2	2,3/2,9
Ni	Sg	2,1/NQ	2,4/NQ	1,8/NQ	2,4/1,8	2,7/2,1	2,3/2,1
	U	2,9/0,7	3,2/0,7	2,7/0,7	3,2/2,7	3,2/1,2	2,2/2,9
Cr	Sg	112/91,5	116/91,5	106/91,5	116/106	103/104	103,5/112
	U	16/11,5	22/11,5	15/11,5	22/15	28/19	22/16
Co	Sg	1,4/NQ	1,7/NQ	0,5/NQ	1,7/0,5	1,6/0,8	1/1,4
	U	0,5/0,3	0,5/0,3	0,4/0,3	0,5/0,4	0,5/0,5	0,5/0,5

A/B A>B : Diff. statistiquement significative

A/B A=B : Aucune diff. observée

A/B A>B : Diff. non statistiquement significative

A/B A<B : Diff. statistiquement significative

2. Résultats

Concentrations (médianes) sanguines ($\mu\text{g/l}$) et urinaires ($\mu\text{g/g}$ de créatinurie) en Cd, Mn, Zn et Al chez soudeurs (S), gpe 1 (S1), gpe 2 (S2) et témoins (T)

		S vs T	S1 vs T	S2 vs T	S1 vs S2 Deb Sem	S1 vs S2 Fin Sem	S FS vs DS
Cd	Sg	1,1/0,6	1/0,6	1,1/0,6	1/1,1	0,8/1,1	1/1,1
	U	0,3/0,2	0,3/0,2	0,3/0,2	0,3/0,3	0,2/0,2	0,2/0,3
Mn	Sg	24,2/18,2	24/18,2	24,3/18,2	24/24,3	24/24	24/24,2
	U	1,4/2,1	1,3/2,1	1,5/2,1	1,3/1,5	2,9/2,8	2,9/1,4
Zn	Sg	5580/5580	5280/5580	5640/5580	5280/5640	5425/5871	5637/5580
	U	274,5/181	238/181	291/181	238/291	167/209	187/274,5
Al	Sg	78/62,5	61/62,5	79/62,5	61/79	59/64	60,5/78
	U	NQ/NQ	5,5/NQ	NQ/NQ	5,5/NQ	5,9/NQ	NQ/NQ

A/B A>B : Diff. statistiquement significative

A/B

A=B : Aucune diff. observée

A/B A>B : Diff. non statistiquement significative

A/B

A<B : Diff. statistiquement significative



Biométrie

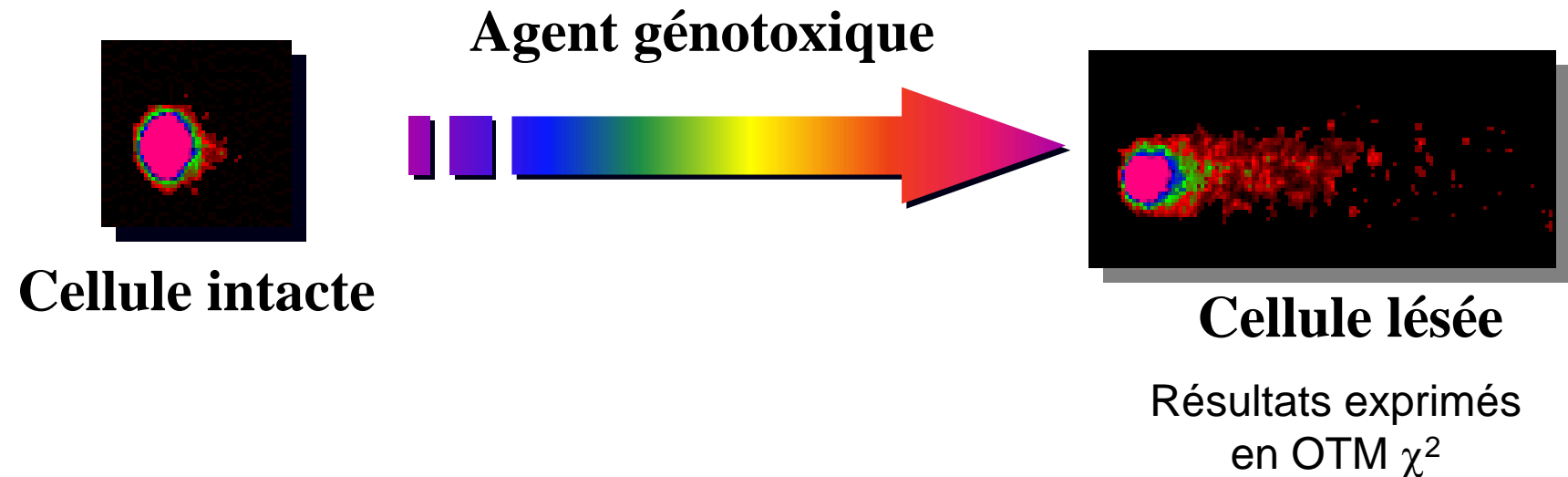
3. Synthèse des résultats

- $[\text{Métaux}]_{\text{Soudeurs}} > [\text{Métaux}]_{\text{Témoins}}$
(Pb, Ni, Cr, Co)
- $[\text{Métaux}]_{\text{Sans Aspiration}} > [\text{Métaux}]_{\text{Avec Aspiration}}$
 - Différences observées non statistiquement significatives :
 - faible effectif des populations étudiées
 - installation récente des systèmes d'aspiration
 - cinétique d'élimination des métaux retardée
 - Effet de la torche aspirante sur les concentrations urinaires

Biogénotoxicologie

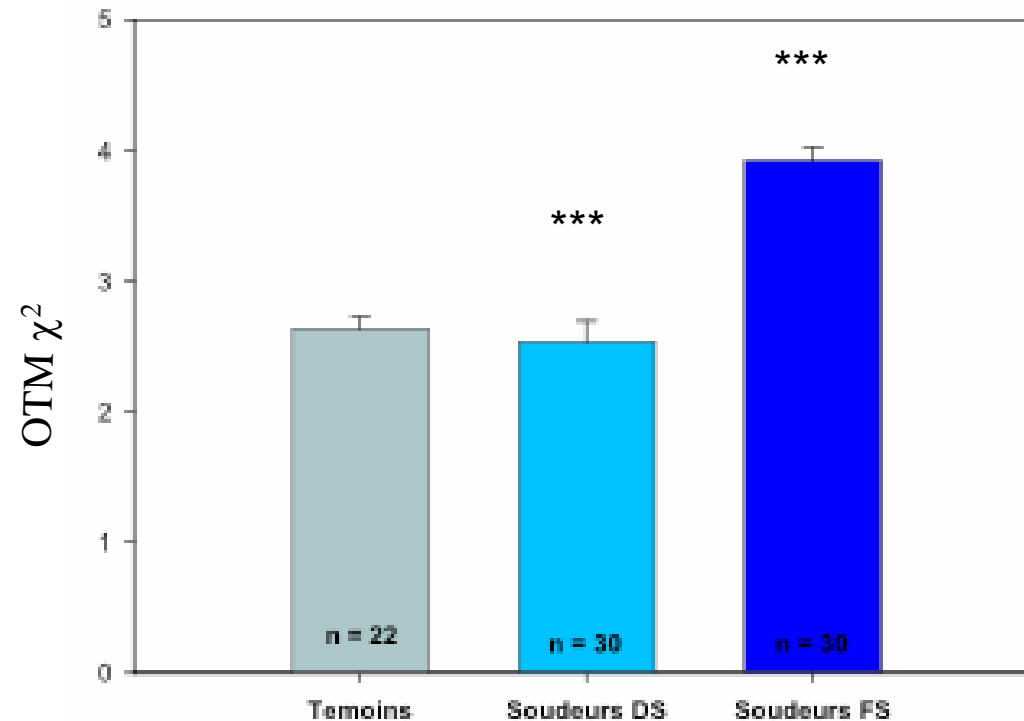
1. Test des comètes : Principe

Technique rapide et sensible, basée sur une micro-électrophorèse permettant de visualiser les cassures d'ADN = lésions primaires, susceptibles d'être réparées



Biogénotoxicologie

1. Test des comètes : Résultats

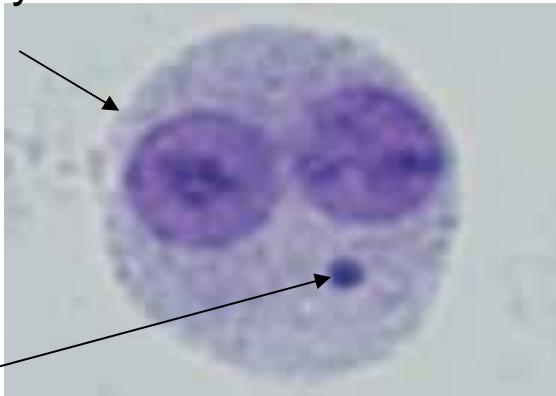


20 soudeurs sur 30 (66,6%) présentent un OTM χ^2 significativement supérieur en fin de semaine à celui de début de semaine

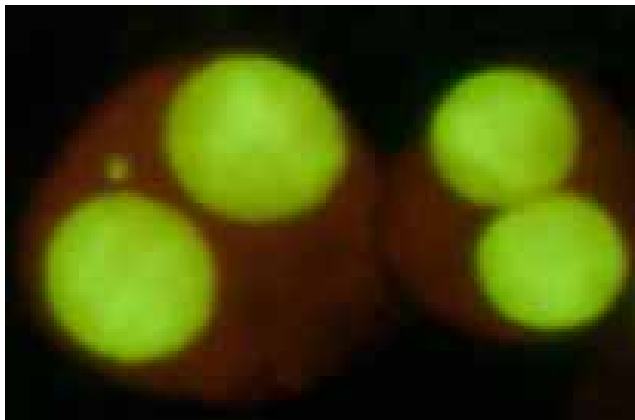
Biogénotoxicologie

2. Test des micronoyaux : Principe

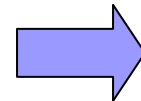
Lymphocyte
binucléé



MN



- Micronoyaux (MN) :
 - Entités nucléaires surnuméraires dénombrées dans les lymphocytes après une mitose en culture (lymphocytes binucléés)
 - Contenu
 - fragments chromosomiques acentriques
 - chromosomes entiers



mise en évidence d'anomalies chromosomiques de nombre ou de structure

Biogénotoxicologie

2. Test des micronoyaux : Résultats

Distribution des taux de lymphocytes binucléés micronucléés (LBMN)

	Soudeurs Groupe 1	Témoins
Effectif	27	30
Taux de LBMN (‰)		
Moyenne \pm ET	6,3 \pm 2,9*	4,7 \pm 1,8*
Médiane	5	5
Minimum-Maximum	3- 16	2- 9

Différence statistiquement significative entre soudeurs et témoins : * $p < 0,05$



Biogénotoxicologie

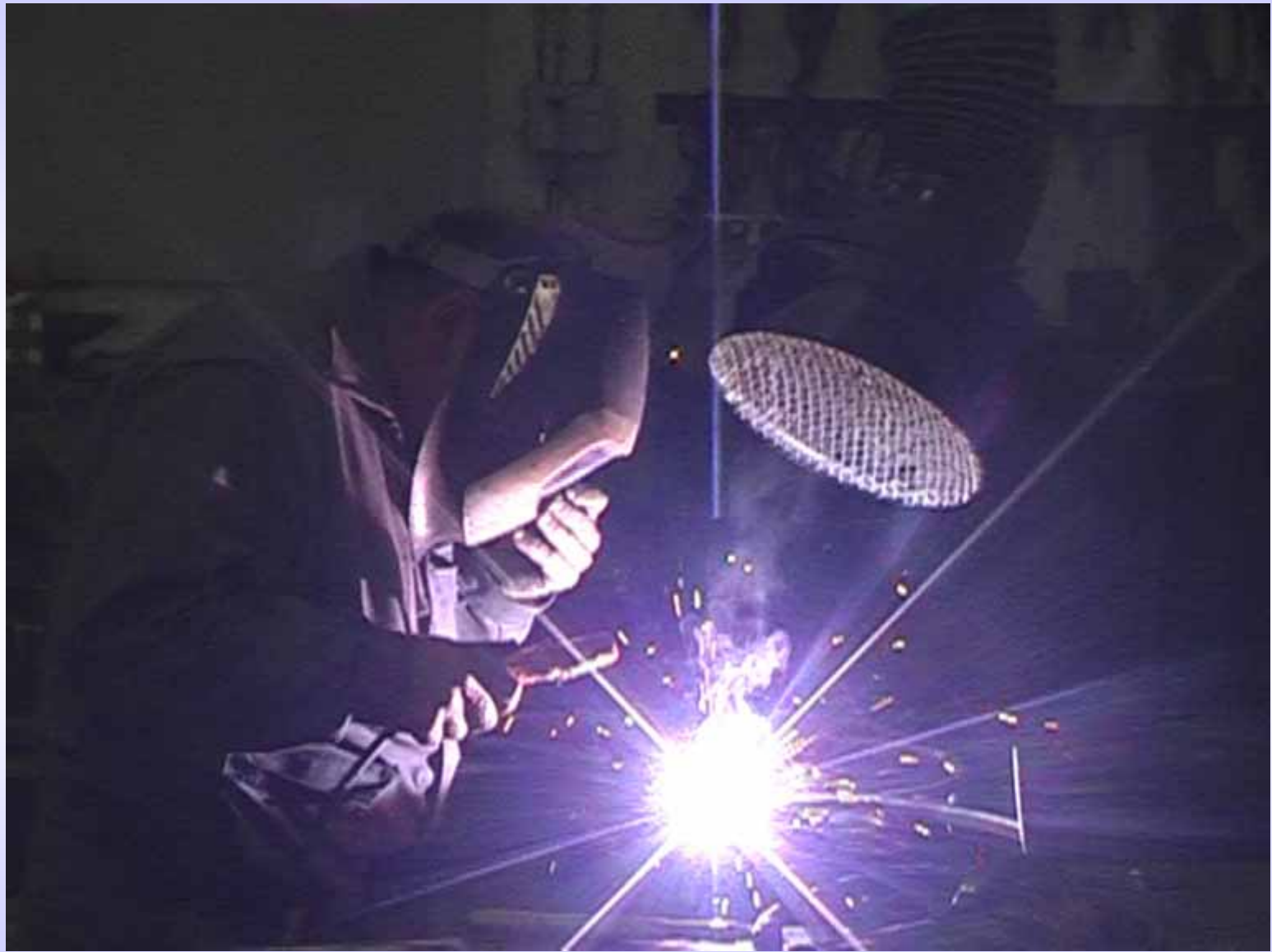
3. Synthèse des résultats

- Test des comètes
 - Lésions primaires de l'ADN
 - Stress génotoxique au niveau des lymphocytes lié à l'activité professionnelle des soudeurs
- Test des micronoyaux
 - Remaniements chromosomiques de nombre ou de structure
 - Altération accrue du matériel génétique dans les lymphocytes des soudeurs comparativement aux témoins



Conclusion

- Tests de génotoxicité
 - Modifications biologiques précoces, contemporaines de l'exposition et résultant d'interactions avec le matériel génétique
 - Interprétation seulement au niveau collectif
 - Pas d'interprétation pour documenter l'état de santé actuel ou futur de ces individus
 - Pratiqués sur lymphocytes périphériques, pas d'extrapolation possible aux cellules cibles de l'effet cancérigène
- Intérêt général de l'approche
 - Caractérisation biologique des expositions
 - Alerter le préventeur
 - Renforcer les mesures de prévention





Métrologie atmosphérique

La métrologie atmosphérique montre des dépassements très fréquents de VLEP pour des métaux classés CMR

plomb, cadmium

Fer, cobalt, chrome , zinc

La Biométrie

Imprégnation en métaux
significativement plus élevée chez les
soudeurs par rapport aux témoins
pour:

Plomb, Nickel, Chrome , Cobalt.

Les Tests de Génotoxicité sur lymphocytes

ont mis en évidence une

- **Une altération du matériel génétique comparativement aux témoins.**
- **Une augmentation du taux de lésions primaires de l'ADN sur la semaine de travail**

L'exposition des soudeurs du BTP à des substances CMR est réelle

Quelle prévention technique ?

Quel suivi médical ?

**Le décret CMR
du 1^{er} février 2001**

**Le décret
Risque Chimique
du 23 décembre 2003**

LA PREVENTION TECHNIQUE

- 1. Evaluation des risques**
- 2. Réduction des risques**
- 3. Formation et Information des salariés**

Évaluation des risques

- **Etude des postes de travail**, caractérisés par leur variabilité.
- Analyse des **Fiches de Données de Sécurité**
- **Métrologies atmosphériques au moins annuelles**

*Résultats consignés dans
le **Document Unique**
et s'il y a lieu:*

Liste des salariés exposés et Fiche d'Exposition

Réduction des Risques

- **Aspiration des fumées au point d'émission:**
 - *Torche aspirante*
 - *Bras d'aspiration*
- **Ventilation mécanique générale de l'atelier**
- **Travaux de Peinture :**
 - Emploi de peinture antirouille sans plomb
 - Décapeur thermique $T^{\circ} < 450^{\circ}$ ou chimique sans dichlorométhane
 - Local spécifique pour travaux de peinture



Formation et Information des salariés

- **Formation à la sécurité → Notice de Poste**
 - Les risques potentiels pour la santé
 - Consignes d'utilisation des équipements de protection collective et individuelle.
 - Rappel des règles d'Hygiène
- **Contenu des FDS**
- **Accès aux informations contenues dans la Fiche d'Exposition**

SURVEILLANCE MEDICALE

Surveillance Médicale Renforcée

Visite d'Embauche

- ❖ Interrogatoire, examen clinique complet
- ❖ Examen Radiographique des Poumons
- ❖ Spirométrie
- ❖ Analyse urinaire par bandelettes

SURVEILLANCE MEDICALE

Examens Périodiques

- ❖ Surveillance **Pulmonaire et Rénale**
- ❖ Périodicité de la **Spirométrie** et de la **Radio Pulmonaire** fonction de l'exposition et de son ancienneté
- ❖ Recherche systématique **Hématurie et Proteinurie.**
- ❖ Sphère **ORL**

SURVEILLANCE MEDICALE

La biosurveillance sera guidée par les résultats de l'évaluation des Risques

- **Plombémie**
- **Cadmium sanguin et urinaire**
- (surveillance Chrome, Nickel, Cobalt)



**Evaluation
des Risques**

Biosurveillance

Plombémie

Cadmium sang et urines
(Chrome, Nickel, Cobalt)

**Attestation d'Exposition
et
Surveillance
Post-Professionnelle**

Remerciements

- Médecins du Travail APAMETRA BTP
 - M. Braunstein, J.F. Canonne, C. Expert, F. Loesche, I. Orst, M. Pelser, A. Pittilloni, B. Salengro, V. Vandomme, B. Vigneron
 - S.Tempesta (**CHU de Nice**)
- CRAM-SE
 - L. Fina, P. Mardelle, J. Talmon
- Equipe EA 1784
 - L. Bellon, J.L. Berge Lefranc, A. Botta, C. Botta, F. Chaspoul, M. De Méo, L. Decome, M.Ferrer, P. Gallice, T. Orsière, J. Pompili, I. Sari-Minodier
- DRTE-FP pour le financement biologique de l'étude
- Les Entreprises de Métallerie-Serrurerie, les employeurs, les soudeurs et les témoins qui ont été volontaires pour cette étude.