

1988

Caractérisation des émanations provenant d'un bain de galvanisation par trempage à chaud

André Dufresne
IRSST

Guy Perrault
IRSST

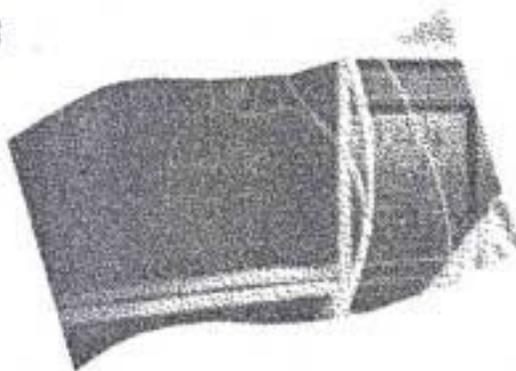
Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique>

Citation recommandée

Dufresne, A. et Perrault, G. (1988). *Caractérisation des émanations provenant d'un bain de galvanisation par trempage à chaud* (Rapport n° R-022). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans Rapports de recherche scientifique par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.

**Caractérisation des émanations
provenant d'un bain
de galvanisation
par trempage à chaud**



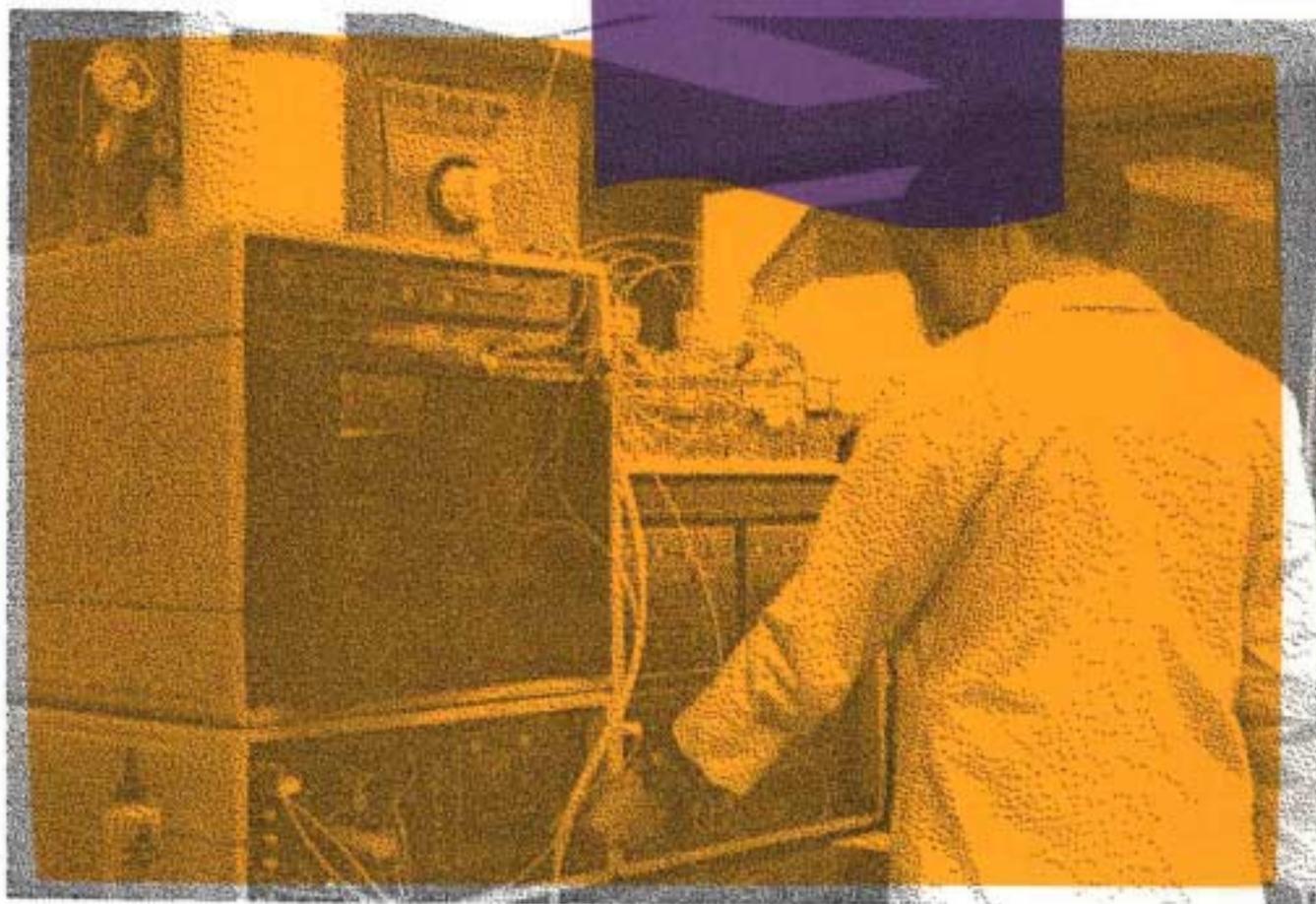
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

André Dufresne
Guy Perrault

Juin 1988

R-022

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

**Caractérisation des émanations
provenant d'un bain
de galvanisation
par trempage à chaud**

André Dufresne et Guy Perrault
Direction des laboratoires, IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Caractérisation des émanations provenant d'un bain de galvanisation par trempage à chaud

Facteur de risque:

L'exposition aux poussières et aux fumées.

Groupe de travailleurs concerné:

Les travailleurs des usines de revêtement des surfaces d'alliage du fer par trempage à chaud dans des bains de zinc fondu.

1.0 INTRODUCTION

Le procédé de galvanoplastie ou trempage à chaud de pièces métalliques dans un bain de zinc fondu, provoque des émissions de contaminants dans l'air ambiant des travailleurs, surtout suite à la décomposition du fondant. Plusieurs auteurs^{1,5} ont rapporté la composition des fumées aéroportées en galvanoplastie, à savoir, le chlorure de zinc, le chlorure d'ammonium, l'oxyde de zinc, l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, l'ammoniac et les complexes de chlorures de zinc et d'ions ammonium.

Étant donné la gamme étendue de toxicité de ces contaminants, la surveillance environnementale de travailleurs et l'évaluation du risque à l'exposition sont difficilement réalisables par manque de méthodes analytiques applicables aux dosages répétitifs de chaque contaminant. De plus, aucune information n'est disponible sur l'homogénéité de la composition de la fumée en fonction de la distribution granulométrique des particules.

Ce rapport décrit donc une stratégie d'échantillonnage et de caractérisation physico-chimique des aérosols émis dans l'environnement de travail de trois usines de galvanisation par trempage à chaud (Usines B, C et T).

2.0 PARTIE EXPÉRIMENTALE

2.1 Échantillonnage

Pour doser le Zn et le Fe, les aérosols sont échantillonnés sur des filtres d'esters de cellulose mélangés (MEC) de porosité 0.8 µm, dans une cassette de plastique. En vue de la détermination des ions chlorure, sulfate et

1. Toutes les références bibliographiques sont inscrites à la fin du texte.

ammonium, les aérosols sont échantillonnés à l'aide de filtre MEC relié à un barboteur pour capter la composante gazeuse. Le barboteur contient soit 20 ml d'acide sulfurique 0.02 M pour capter les ions ammonium, soit 20 ml de NaOH 0.01N pour capter les ions sulfate et chlorure. Les pompes d'échantillonnage Gilian opèrent à un débit de 1,5L/min durant au moins trois heures. Ces pompes sont étalonnées suivant les procédures normales⁶.

Le diagramme de la figure 1 illustre bien la contiguïté des différentes étapes du procédé qui permet la propagation d'un brouillard de contaminants dans l'ensemble de ce type d'usine. Dans le cadre de l'étude, les échantillonnages ont été réalisés en poste fixe près d'un bain de zinc fondu.

2.2 Échantillonnage avec sélection granulométrique

Les tranches granulométriques des aérosols sont échantillonnées à l'aide d'impacteur à cascade de type Sierra Instruments (Modèle No 298 K). Le substrat collecteur (huit étages) et le filtre final (neuvième étage) étaient composés selon le cas d'aluminium pour la gravimétrie et la microscopie électronique à balayage (SEM) ou d'esters de cellulose mélangés pour la chromatographie ionique et la spectrophotométrie d'absorption atomique. La firme Sierra rapporte les diamètres de coupure suivants pour les huit étages consécutifs de leur impacteur: 21, 15, 10, 6,0, 3,5, 2,0, 0,9 et 0,5 μm . Les pompes (Gilian) fonctionnaient à un débit de 2 L/min.

2.2.1 Poussières déposées

Les poussières déposées sont recueillies sur les poutres au-dessus des bains de zinc fondu. Les échantillons furent homogénéisés et broyés avec précaution dans un mortier avant l'analyse par diffraction des rayons X.

2.2.2 Traitement des données

À moins d'indications contraires, les échantillonnages eurent lieu durant trois jours consécutifs. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne arithmétique avec écart-type. Les échantillonnages sélectifs du premier jour ont été analysés par spectrophotométrie d'absorption atomique; du deuxième jour, par chromatographie ionique des anions et du troisième jour, des cations.

2.3 Analyses physico-chimiques

2.3.1 Gravimétrie

La masse des filtres d'aluminium a été déterminée à l'aide d'une micro-balance de la firme Mettler. Tous les

échantillons sont conservés 24 heures au dessiccateur avant la pesée.

2.3.2 Chromatographie ionique

La chromatographie ionique à double canal provient de la firme Dional (Modèle 2020 i). L'analyse des ions SO_4^{2-} , Cl^- et NH_4^+ a déjà été décrite⁷.

Les filtres provenant des impacteurs ou des cassettes sont mis dans un bécher de 50 ml pour désorption dans 10 ml de l'éluant. La solution résultante et les solutions des barboteurs sont injectés directement dans le chromatographe ionique. Les résultats représentent la moyenne arithmétique de deux injections.

2.3.3 Récupération

Les essais de récupération ont été effectués sur trois filtres MEC sur lesquels avaient été déposés respectivement: 50 ml de solution à 5 ppm, 10 ppm et 20 ppm de Cl^- ; à 2,5 ppm, 5 ppm et 10 ppm SO_4^{2-} ou 10 ppm, 20 ppm et 40 ppm de NH_4^+ . Les pourcentages de récupération sont de $103\% \pm 6\%$ pour les chlorures, $95\% \pm 10\%$ pour les sulfates et $97\% \pm 8\%$ pour les ions ammonium.

2.3.4 Spectrophotométrie d'absorption atomique

Un spectrophotomètre d'absorption atomique (AAS) modèle AA 975 de la firme Varian avec lampes à cathode creuse pour le zinc et le fer a servi aux analyses de métaux selon les procédures connues⁸.

2.3.5 Récupération

L'oxyde de zinc (Spex) et le chlorure de zinc (Spex) séparément ou en mélange à partie égales furent déposés sur filtres MEC à l'aide d'une chambre à empoussiérage⁹, et analysés selon la procédure normale⁸. Les résultats des essais de récupération sont rapportés sous forme de moyenne de six échantillons.

La récupération de l'oxyde de zinc insoluble a donné $85\% \pm 8\%$ du zinc déposé sur le filtre et environ 5% dans le filtrat. Le chlorure de zinc soluble a été récupéré avec un rendement de $87\% \pm 6\%$ dans le filtre, 3% étant retenu sur le filtre.

Des mélanges en proportion égale par poids de chlorure de zinc et d'oxyde de zinc ont donné une récupération de zinc soluble de $87\% \pm 6\%$ et de zinc insoluble $100\% \pm 6\%$. En présence de composés ferreux, quelques essais d'extraction à l'eau chaude pour augmenter la récupération en composés solubles de fer ont résulté en une perte pouvant aller jusqu'à 50% de l'oxyde de zinc insoluble.

2.3.6 Diffraction des rayons X

Une générateur à rayons X Philips 1729 avec lampe au cuivre a servi à enregistrer les diffractogrammes de rayons X. Le goniomètre vertical (PW1050/81), l'échantillonneur à mouvement rotatif, le cristal de graphite, un compteur proportionnel, une fente à divergence automatique avec fente réceptrice de 0,2 mm et une fente de diffraction à un degré complètent l'installation. Le logiciel APD de Philips sert à identifier les produits.

2.3.7 Spectrométrie de masse des ions secondaires

Les spectogrammes d'ions secondaires (SIMS) ont été mesurés avec un modèle MM 12-12 de V.G. Scientific.

Un faisceau d'argon, énergie: 5,0 keV, courant des ions primaires: 10nA, permettait la génération d'ions secondaires, le faisceau couvrant une surface de 120-130 μm^2 . Un sélecteur de masse à quadripôle permettait d'extraire les ions secondaires qui étaient amplifiés à l'aide d'un multiplicateur d'électrons (SEM). L'intensité des ions secondaires étaient ensuite compilés avec un enregistreur à canaux multiples (20 canaux/masse) et rapportés sous forme du quotient de la masse sur la charge de l'ion (m/e).

3.0 RÉSULTATS

3.1 Poussières déposées

La diffractométrie des rayons X directement sur les poussières déposées a permis l'identification de plusieurs composés cristallins. Les phases cristallographiques qui prédominent après l'analyse automatisée des patrons de diffraction sont énumérées au tableau 1 sous le titre: composés les plus probables. Ce sont le Zn, ZnO, $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ et $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$.

D'autres possibilités de composés cristallins sont citées à ce tableau sous l'appellation "composés possibles". L'identification de ces produits n'est pas aussi certaine suite aux recouvrements ou la faible intensité de raies de diffraction. Ce sont: NH_4Cl , ZnCl_2 , ZnSO_4 et $\text{NH}_4(\text{Fe})_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$.

3.2 Échantillonnage avec sélection granulométrique

La poussière aéroportée des usines T, B et C a été recueillie à l'aide d'impacteurs à cascade et caractérisée par gravimétrie, analyses chimiques, et spectrométrie de masse des ions secondaires.

3.3 Gravimétrie

La figure 2 résume les résultats moyens des concentrations en aérosols en fonction des différents étages ^{1,9} de l'impacteur à cascade ainsi que les résultats globaux d'exposition. Les usines T et B se situent à des niveaux comparables d'exposition aux aérosols vers 5,8 mg/m^3 , tandis que les usines B et C montrent des distributions granulométriques semblables où les particules < 2 μm (étages 6-9) constituent la fraction principale de l'aérosol.

3.4 Analyses chimiques

La caractérisation chimique des aérosols recueillis durant une journée typique aux usines T, C et B fournit respectivement des résultats des figures 3, 4 et 5. La tendance générale des résultats indique la similarité des expositions aux usines B et C avec le zinc soluble et les ions Cl^- et NH_4^+ répartis sur les étages 6-9 de l'impacteur à cascade (diamètre aérodynamique < 2 μm). Les anions sulfates et le zinc insoluble en petite quantité molaire se déposent sur tous les étages de l'impacteur. L'usine T diffère des deux autres par la présence de sulfates et de dérivés solubles et insolubles de fer sur les étages de l'impacteur qui recueillent des particules de diamètres aérodynamiques relativement élevés (6 μm), ainsi que par la distribution bimodale des ions ammonium.

Dans les usines B et C, ces résultats montrent la présence d'aérosols composés de ZnCl_2 , NH_4Cl , et de complexes de formulation $(\text{ZnCl}_2)_x(\text{NH}_4\text{Cl})_y$ sous forme de particule dont le diamètre aérodynamique est plus petit que 2 μm . Cet aérosol contient aussi à l'usine C un brouillard de HCl. Ces contaminants principaux accompagnent des quantités faibles de Zn et d'oxyde de zinc répartis sur toutes les tranches granulométriques, et du $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ au sein de particules dont le diamètre aérodynamique est plus grand que 6 μm .

À l'usine T, les mêmes produits sous forme de particule de petit diamètre aérodynamique (< 2 μm), nommément ZnCl_2 , NH_4Cl et leurs complexes, accompagnent des concentrations importantes de sulfate de fer, d'oxydes de fer, de sulfate d'ammonium, d'acide sulfurique et divers complexes sous forme d'aérosols dont les particules dépassent 6 μm .

3.5 Spectrométrie de masse des ions secondaires

Les résultats des analyses par spectromètre de masse des ions secondaires (SIMS) sont exprimés sous forme de spectre des ions positifs et négatifs dans lesquels l'intensité des éléments et produits est porté en graphique en fonction du rapport de la masse sur la charge (m/e).

À l'usine T, le spectre de masse des ions positifs varie selon la séquence suivante: étage 2: FeSO_4 ; étage 4: FeSO avec un faible signal de Zn et de ZnO(H) ; étage 6: réduction du pic attribué au FeSO_4 et apparition de ZnCl_2 en compagnie ZnO(H) ; étage 8: ZnCl , FeSO_4 et ZnO(H) . Le pic attribué au ZnClO(H) semble augmenter proportionnellement au pic de ZnCl_2 . Sur tous les étages, le SIMS indique un pic d'ions positifs qui pourrait être attribué au chrome. Les spectres des ions négatifs confirment la présence de dérivés du soufre (SO_2 :64; SO_3 :80 et SO_4 :96) ainsi que l'oxyde de fer sur les premiers étages de l'impacteur. À l'étage 8, le signal principal correspond aux ions Cl du ZnCl_2 . Par contre, tous les spectres d'ions positifs et négatifs recueillis aux usines B et C ne montrent que des traces de fer et de sulfate sur les premiers étages de l'impacteur et à l'étage 8, seulement, du ZnCl^+ , Zn^{2+} et ZnClO(H)^+ . L'instrument SIMS ne peut différencier le ZnClO(H)^+ du ZnClNH_3^+ . Cette seconde interprétation de l'ion de masse 116 est au moins aussi probable que le ZnClO(H)^+ surtout en l'absence de l'ion à 115 unités de masse atomique (uma) qui correspond au premier isotope de l'ion ZnClO^+ . Pour confirmer cette hypothèse, cependant, le spectromètre de masse requerrait une résolution supérieure aux possibilités des instruments actuels. Aucune trace de chrome n'a pu être détecté à l'usine B.

3.6 Échantillonnage sans sélection granulométrique

L'échantillonnage d'aérosols à l'aide d'un filtre retenu dans une cassette, laquelle est reliée à un barboteur permet une évaluation globale des contaminants gazeux et particulés de l'environnement de travail. Les tableaux 2 et 3 résument les résultats aux trois usines de galvanisation par trempage à chaud, respectivement pour les ions métalliques et les autres ions (anions et cations). Dans ces échantillons cependant, l'eau chaude a servi à extraire des composés métalliques solubles à cause de la présence suspectée de dérivés du fer. Ces extractions ont causé une sous-estimation des composés insolubles du zinc.

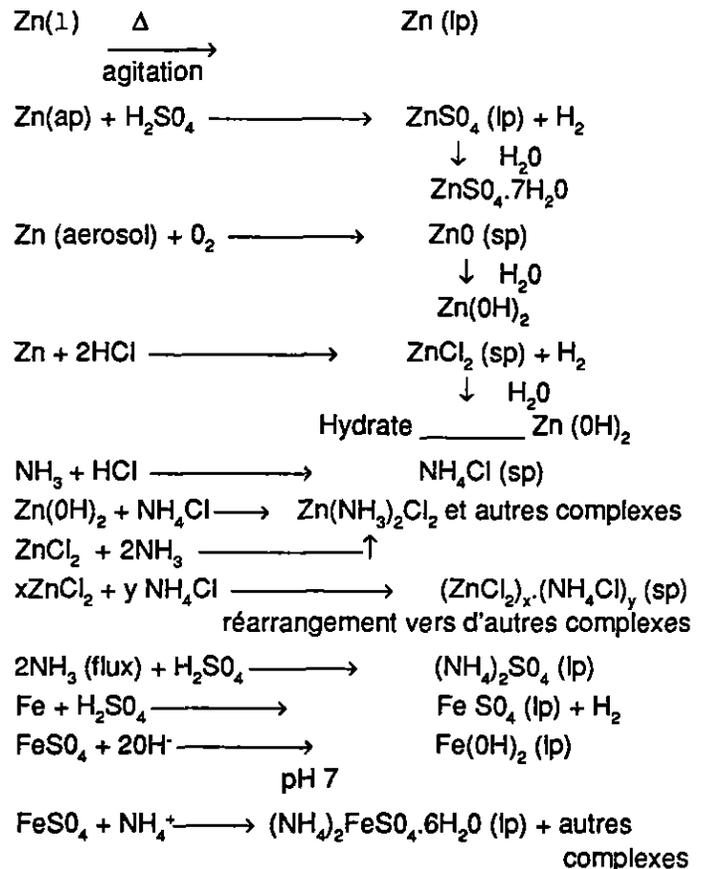
De la même façon qu'avec l'échantillonnage à sélection granulométrique, le tableau 2 confirme la présence de dérivés du fer, solubles et insolubles, à l'usine T. Les dérivés du fer sont absents dans l'air ambiant des usines B et C. Tel que prévu, les composés du zinc sont omniprésents dans les échantillons provenant des trois usines.

La fraction gazeuse de l'aérosol qui passe au travers du filtre pour être captée par le barboteur, indique clairement la présence d'ammoniac (tableau 3) et de faibles quantités de NH_4Cl et de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. La fraction particulée donne des résultats comparables aux échantillons avec sélection granulométrique, à savoir une plus grande quantité de sulfate à l'usine T, probablement sous forme de sulfate de fer, de sulfate de zinc et d'acide

sulfurique. À l'usine B, les tableaux 2 et 3 notent la présence de chlorure de zinc, de chlorure d'ammonium, de complexes de ces deux composés et d'un brouillard d'acide chlorhydrique. À l'usine C, les résultats indiquent la présence de chlorure de zinc, de chlorure d'ammonium et de leurs complexes.

4.0 DISCUSSION

Les résultats des échantillonnages tant à sélection granulométrique que sans sélection, montrent clairement l'hétérogénéité des fumées émises lors de la galvanisation par trempage à chaud. La variabilité d'une usine à l'autre constitue aussi une caractéristique de ce type d'exposition. Cependant, une tendance se dégage des résultats provenant des trois usines. Cette tendance peut être résumée par le système d'équations suivant où lp signifie grosse particule ($> 6 \mu\text{m}$); sp, petite particule ($< 2 \mu\text{m}$); et , phase liquide.



Les brouillards de HCl, de H_2SO_4 et de NH_3 doivent être ajoutés aux produits de ces réactions selon les particularités des procédés ou des habitudes de travail. Les applications spéciales des produits finis requièrent l'usage de bain au chromate, de soudage, ou de sablage qui peuvent aussi introduire d'autres contaminants.

Ce système d'équations peut servir à former un modèle d'exposition des travailleurs aux émanations provenant des procédés de galvanisation par trempage à chaud. Par exemple, selon toutes probabilités les particules plus grandes que 6 μm seront déposées dans la partie supérieure du système respiratoire soit la région nasopharyngienne¹⁰. Ces particules sont composées de Zn, ZnSO_4 et ses hydrates, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, FeSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ et autres complexes, ainsi qu'une quantité indéfinie d'hydroxydes de zinc et de fer. Parmi ces composés, le zinc métallique et les hydroxydes métalliques se comportent comme des poussières biologiquement inertes. Les sels de fer, cependant peuvent causer des irritations de la peau et du système respiratoire^{4,11}. Le sulfate d'ammonium est inoffensif tandis que la toxicité des complexes ammoniacaux du sulfate de fer n'est pas connue.

L'oxyde de zinc, le chlorure de zinc, le chlorure d'ammonium, les complexes ammoniacaux de chlorure de zinc et un peu d'hydroxydes métalliques se présentent sous forme d'aérosols dont les paramètres aérodynamiques des particules permettent l'atteinte de la région trachéo-bronchique et la région d'échange gazeux. Cependant, l'hygroscopicité du chlorure de zinc peut provoquer une agglomération rapide des particules et réduire leur probabilité de se rendre à la région pulmonaire des échanges gazeux. De tous ces composés, l'effet irritatif du chlorure de zinc sur les parois muqueuses est bien connu¹¹. Toutefois, les concentrations maximales se situent aux environs de 0,5mg/m³ à l'usine C, 0,7mg/m³ à l'usine B et 0,4mg/m³ à l'usine T.

Soulignons que ces valeurs ne différencient pas le chlorure de zinc particulaire du chlorure de zinc sous forme de complexes ammoniacaux. De plus, la méthode d'échantillonnage n'a pas été optimisée pour capter et conserver le chlorure de zinc dans l'aérosol. D'une part, le chlorure de zinc peut se transformer en hydroxyde de zinc en présence de l'humidité de l'air. Les entités de type $\text{ZnO}(\text{H})$ ont d'ailleurs été notées en SIMS. D'autre part, l'ammoniac peut dissoudre une partie du chlorure de zinc pour former des composés complexes tels le $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$ ce qui a été observé en diffraction X dans les poussières déposées. Pour ralentir la transformation chimique du chlorure de zinc entre le moment de l'échantillonnage et l'analyse subséquente en laboratoire, il serait préférable de conserver le filtre dans un solvant anhydre tel que l'éther⁴.

Ces résultats indiquent bien à l'intervenant qui veut mesurer l'exposition des travailleurs dans ces usines, qu'un simple dosage de zinc ne lui permettra pas d'évaluer correctement le risque. Toutefois, l'utilisation d'un échantillonneur sélectif lui permettra d'obtenir une évaluation du chlorure de zinc par dosage du zinc et des ions Cl^- et NH_4^+ . En effet, la concentration de NH_4^+ permet de déduire la quantité de NH_4Cl et le Cl^- résiduel mène à la concentration de ZnCl_2 qui doit être moindre

que le Zn total. Cette interprétation requiert que l'hypothèse réactionnel qui fut élaboré lors du projet, soit raisonnablement applicable au milieu de travail à l'étude. Le chlorure de zinc, le contaminant le plus dommageable de l'aérosol, devient alors un indicateur de l'exposition. Un nombre accru d'interventions permettrait de valider le modèle réactionnel.

5.0 CONCLUSION

L'échantillonnage avec sélection granulométrique et les analyses chimico-physiques des émanations provenant des bains de galvanisation par trempage à chaud indiquent bien que ces aérosols sont constitués de deux domaines de particules. Un premier ensemble de particules dont le diamètre aérodynamique est plus petit que 2 μm , est composé en grande partie d'oxyde de zinc, de chlorure de zinc, de chlorure d'ammonium, de complexes ammoniacaux du chlorure de zinc et d'un peu d'hydroxyde de zinc. La seule considération des paramètres géométriques laisserait supposer que cette portion de l'aérosol peut atteindre les régions nobles, d'échanges gazeux, du poumon. Une seconde portion de l'aérosol contient des particules plus grandes que 6 μm de diamètre aérodynamique et de composition: zinc, sulfates de zinc, sulfate d'ammonium, sulfates de fer, complexes ammoniacaux des sulfates de fer avec de faible quantité d'hydroxyde de zinc et de fer. Un échantillonnage sélectif avec dosage de zinc, de Cl^- et de NH_4^+ devrait permettre à l'intervenant d'obtenir une évaluation raisonnable de l'exposition au chlorure de zinc.

Références citées:

1. Jemke, E.E., W.F. Hammond and G. Thomas. Air Pollution Control Measures for Hot Dip Galvanizing Kettles. J of the Air Pol. Ass 10,70-77 (1960)
2. Jackson, C.J., A.M. Howe and C. Neuberger Sampling and Analysis of Galvanizing Fumes Anal. Proc. Fifth International SAC Conference, 234-237 (1981)
3. Drivas, P.J. Emission from Hot-Dip Galvanizing Processes. EPA Report No. EPA-905/4-76-002. NTIS, U.S. Department of Commerce, Springfield, VA 22161, Ph. 251-910, (1976)
4. Niemelä, R., P. Heikkilä, S. Rantanen, R. Liuis et G. Lund. Ateliers de galvanisation à chaud-Mesure des polluants et dispositifs de captage. Cahier des notes documentaires de l'INRS, 447-458 (1985)
5. Remijn, B., P. Koster, D. Houthuijs, J. Boleij, H. Willems, B. Brunekreef, K. Biersteker and C. Van Loveren. Hydrochloric Acid Exposure and Dental Erosion in Zinc Galvanizing Plant in the Netherlands. Ann. Occup. Hyg. 25, 299-307 (1982)
6. Ettinger, H.J., J.E. Partridge and G.W. Royer Calibration of two Stage Air Samplers Am. Ind. Hyg. Assoc. J.31, 537 (1970)
7. Fritz, J.S., D.T. Gjerde and C. Pohlandt Ion Chromatography in Chromatographic Methods. Heidelberg; Basel; New York: Hutig (1982)
8. Price, W.J. Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption. John Wiley & Sons Ed., Philadelphia: Heyden (1979)
9. Leroux, J. Herstellung dünner Staubschichten zur Analytischen Untersuchung Mittels Röntgenstrahlen-emission und Röntgenbeugung. Staub-Reinhalt, Luft, 29 (4), 157-159 (1969)
10. Weschi, H. et P. Netteschein. Respirations Toxicology. Vol. I, P. 53, CRC Press Inc., 2000 NW, 24th Street, Boca Raton, Florida 33431
11. Lauwerys, R.P. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Deuxième édition, Ed. Masson, S.A. 120, boul. Saint-Germain, 75280, Paris, Cedex 06, pp. 177-179 (1982).

TABLEAU I
PHASES CRISTALLOGRAPHIQUES DANS LES POUSSIÈRES DÉPOSÉES

Usine	Localisation du prélèvement	Composés probables	Composés possibles
T	Poutres, 5 et 15 mètres au-dessus du bain de Zn fondu.	Zn ZnO (NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) . 6H ₂ O ZnSO ₄ . 9H ₂ O Zn(NH ₃) ₂ Cl ₂	NH ₄ Cl ZnCl ₂
B	Poutres, 10 mètres au-dessus du bain.	Zn(NH ₃) ₂ Cl ₂ Zn ZnO (NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) . 6H ₂ O	NH ₄ Fe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆ NH ₄ Cl (NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ . 6H ₂ O ZnCl ₂ ZnSO ₄
C	Poutres, 8 mètres au-dessus du bain.	Zn ZnO (NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) . 6H ₂ O Zn(NH ₃) ₂ Cl ₂	NH ₄ Cl

TABLEAU II**CONCENTRATIONS MOYENNES (UMOLE/M³) DES COMPOSÉS MÉTALLIQUES AU VOISINAGE DU BAIN DE ZINC FONDU DE TROIS USINES DE GALVANISATION**

Usines	Zinc		Fer	
	Soluble	Insoluble	Soluble	Insoluble
T	5.3 ± 3.2	0.59 ± 0.27	3.7 ± 2.6	5.4 ± 1.7
B	12.7 ± 4.9	1.1 ± 0.32	ND*	0.21 ± 0.09
C	3.5 ± 1.5	1.3 ± 0.66	ND*	0.61 ± 0.29

*ND: non décelé

TABLEAU III**CONCENTRATIONS MOYENNES (UMOLE/M³) DES ANIONS ET CATIONS EN VOISINAGE DU BAIN DE ZINC FONDU DE TROIS USINES DE GALVANISATION**

Usines	Chlorure		Sulfate		Ammonium	
	Particulier	Gaz	Particulier	Gaz	Particulier	Gaz
T	10.6 ± 5.9	0.91 ± 0.09	29.3 ± 17.4	0.22 ± 0.02	19.7 ± 3.0	7.2 ± 2.0
B	8.1 ± 3.6	0.78 ± 0.72	0.38 ± 0.31	0.29 ± 0.17	39.3 ± 6.4	41.6 ± 10.5
C	14.9 ± 8.0	1.5 ± 1.6	0.98 ± 0.75	0.22 ± 0.03	8.3 ± 3.8	20.7 ± 6.5

*ND: non décelé

Diagramme du procédé de galvanoplastie par trempage à chaud

RÉCEPTION

EXPÉDITION

NaOH

H₂O

H₂SO₄

H₂SO₄

H₂SO₄

H₂O

ZnCl₂ · NH₄Cl

Aire de travail étudié

BAIN DE ZINC FONDU

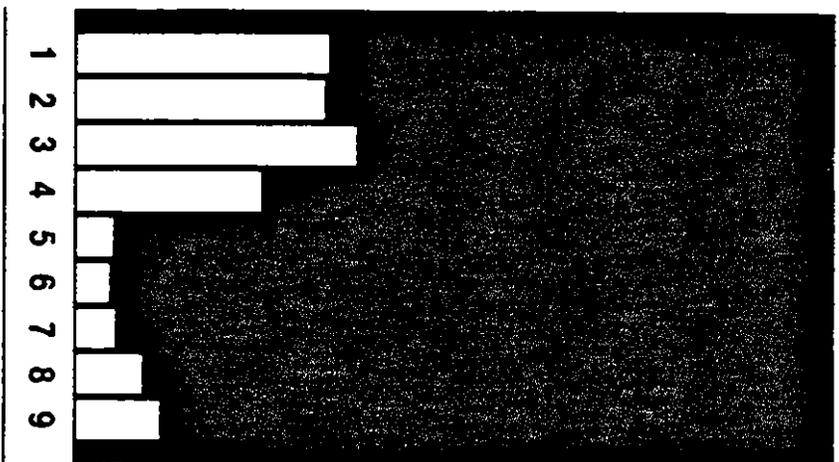
Sels de NH₄Cl



ENTREPOSAGE

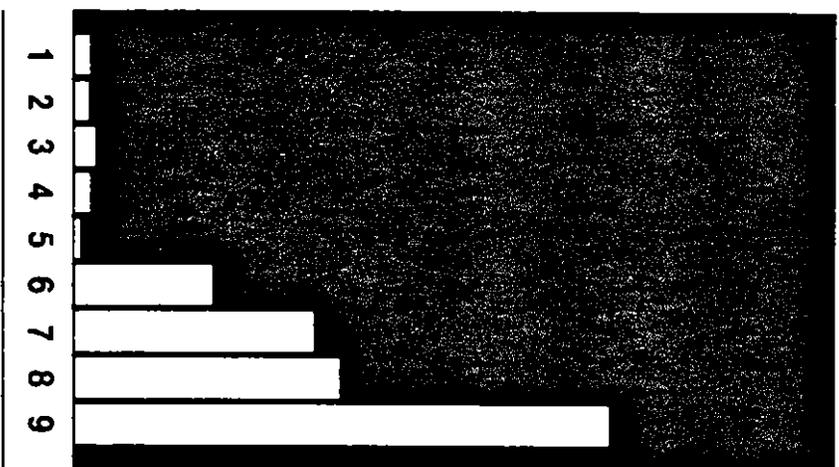
SÉCHAGE

Na₂Cr₂O₇



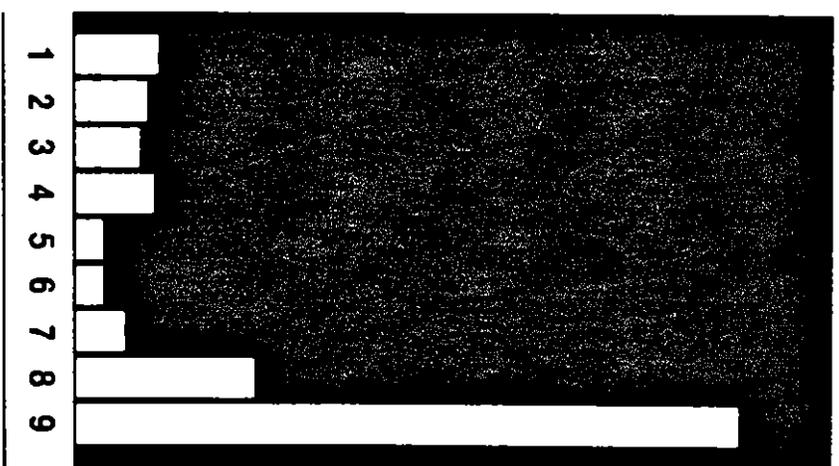
Usine T

5.7 ± 3.0mg/m³



Usine B

5.9 ± 4.1mg/m³

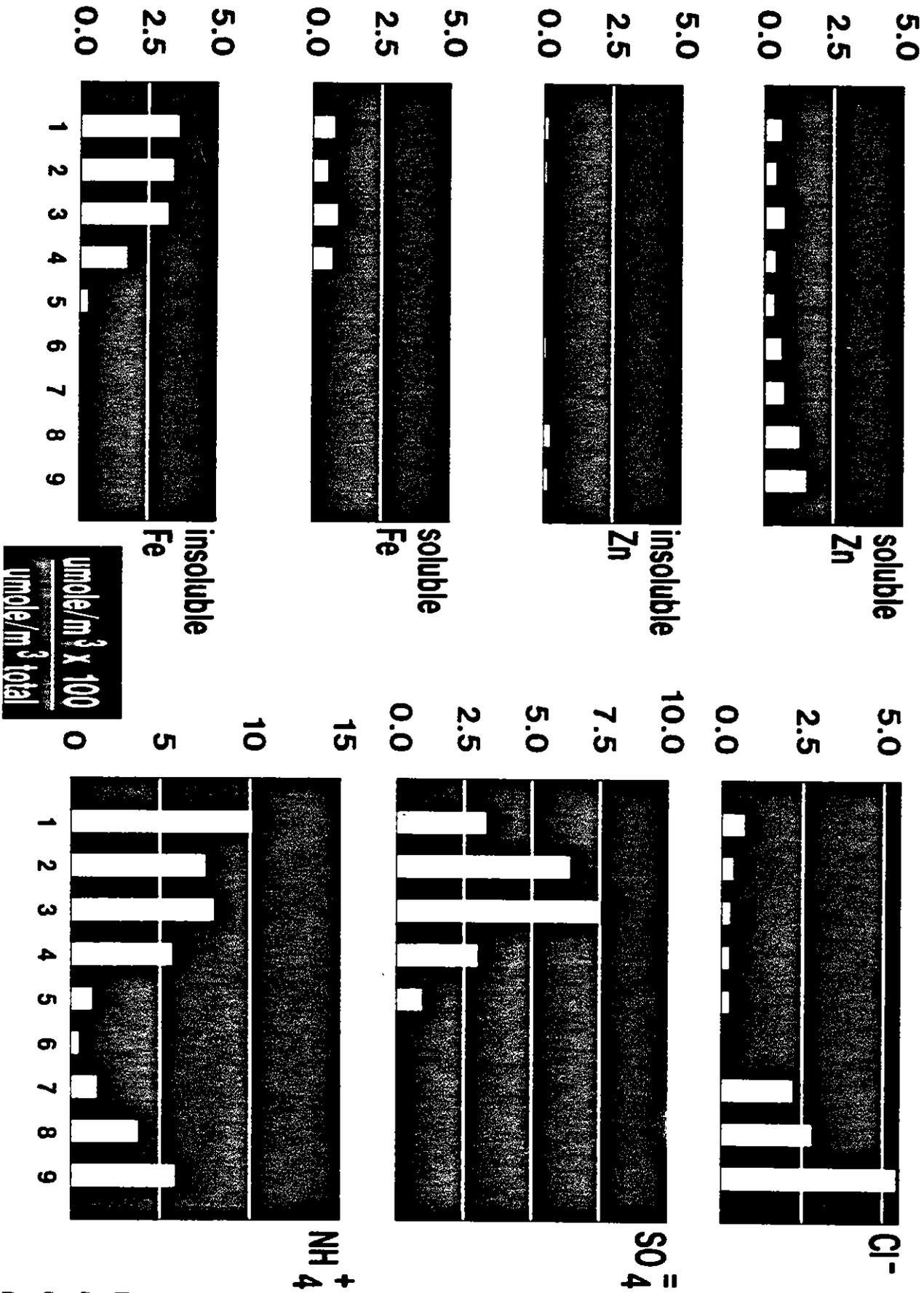


Usine C

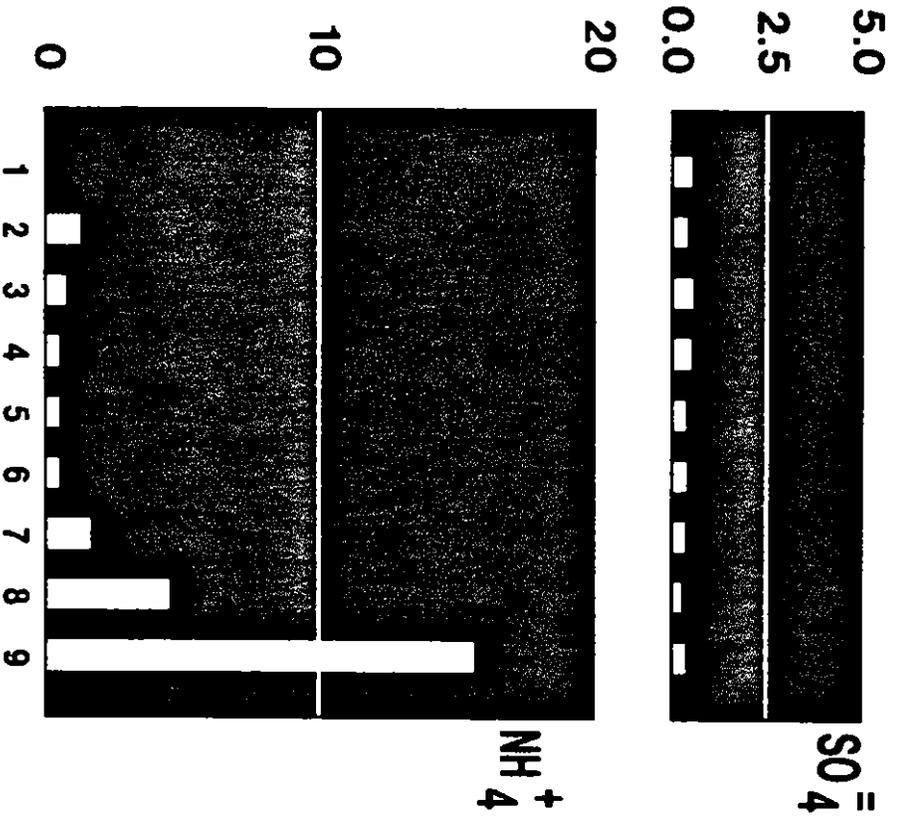
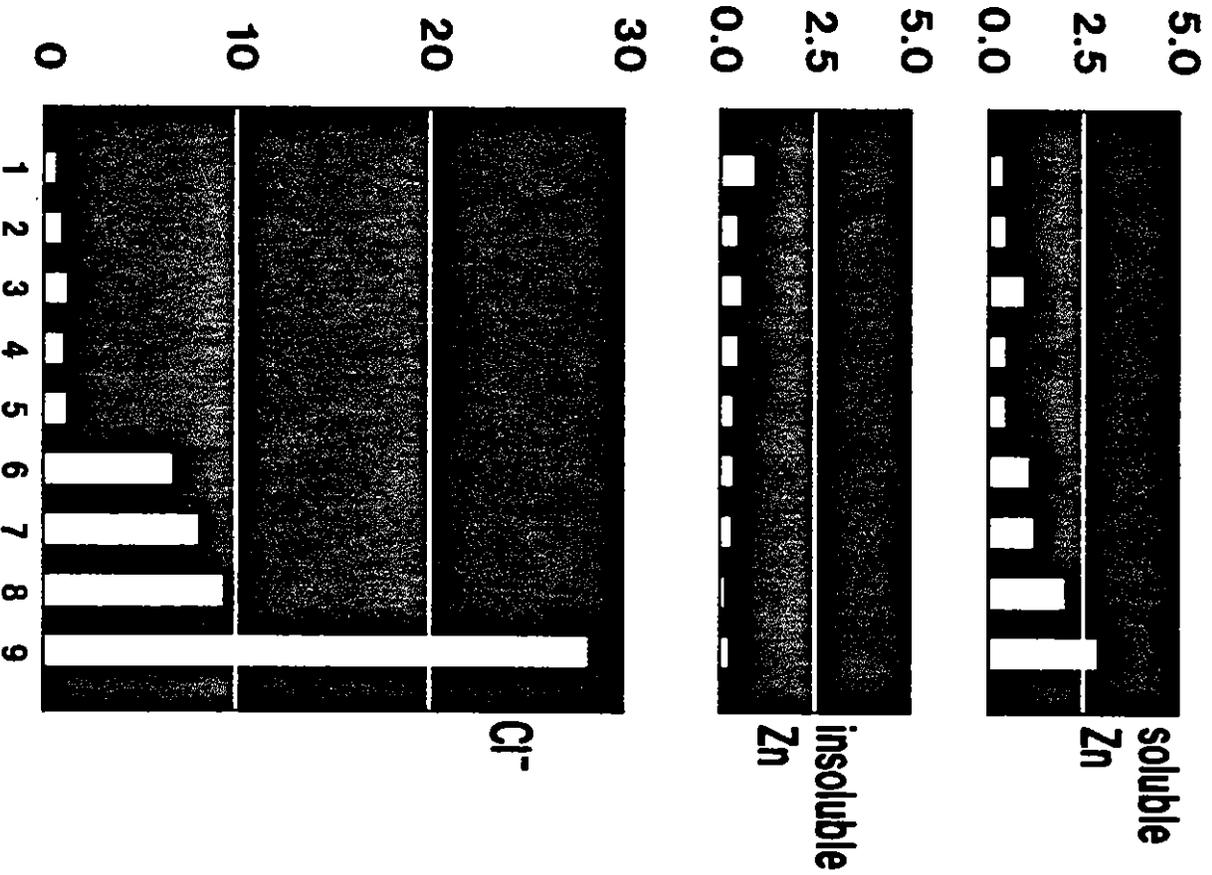
1.4 ± 0.5mg/m³

Expositions moyennes à la poussière recueillie aux différents étages de l'impacteur à cascade dans trois usines de galvanoplastie par trempage à chaud

Concentrations des cations et des anions mesurés aux différents étages de l'impacteur à cascade (Usine T)



Concentrations des cations et des anions mesurés aux différents étages de l'impacteur à cascade (Usine C)



umole/m³ x 100
umole/m³ total

Concentrations des cations et des anions mesurés aux différents étages de l'impacteur à cascade (Usine B)

