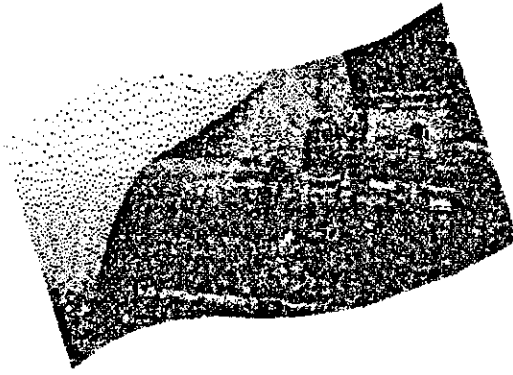


**Étude des émissions fugitives
du procédé de fabrication
thermomécanique
de pâte de papier**



**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Nicole Gouger

Janvier 1993

R-063

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,

**Étude des émissions fugitives
du procédé de fabrication
thermomécanique
de pâte de papier**

Nicole Goyer
Programme soutien analytique IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Remerciements

Cette étude n'aurait pu être réalisée sans la collaboration efficace de différents intervenants.

Tout d'abord, je tiens à remercier la direction et particulièrement le responsable santé sécurité de l'usine participante pour sa très grande disponibilité et son appui constant ainsi que l'Association de santé et sécurité des pâtes et papiers du Québec inc. pour la confiance qu'elle a témoignée à l'égard de l'IRSST.

À l'IRSST, je tiens à remercier Madame Brigitte Roberge, Messieurs Rodrigue Gravel et Yves Beaudet, du Programme Soutien analytique pour leur travail efficace sur le terrain et les analystes du Programme Hygiène et toxicologie, notamment Monsieur Jacques Lesage, pour leur compétence dans le traitement des échantillons et l'interprétation des résultats.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	i
Résumé	iii
1. Introduction	1
2. Méthodologie	1
2.1 Description du procédé de fabrication thermomécanique	1
2.2 Stratégie d'évaluation	1
3. Résultats	5
3.1 Poussières	5
3.2 Composés organiques	5
3.2.1 Aldéhydes	5
3.2.2 Totaux	5
3.3 Gaz	7
3.4 Température et humidité relative	8
4. Discussion	9
5. Conclusion	10
Références	11

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Histogrammes des concentrations de CO	8
--	---

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description des postes de mesure	3
Tableau 2 : Techniques de mesure	4
Tableau 3 : Résultats de composés organiques gazeux	6
Tableau 4 : Lectures du photoionisateur	7

Résumé

Une étude a été entreprise afin d'identifier les composés émis lors de la fabrication thermomécanique de la pâte de papier, d'évaluer l'importance relative de ces polluants et de localiser leurs sources d'émission. Des travailleurs avaient rapporté des problèmes d'irritation aux yeux et aux voies respiratoires qu'ils associaient à la présence de fumée émise par ce procédé. Les différentes techniques d'échantillonnage et d'analyse utilisées au cours de cette étude ont été considérées quant à leur utilité comme outils de mesure et de suivi. Certains moyens de contrôle ont également été regardés.

Les mesures sur le terrain ont été faites en hiver, soit la période où les problèmes d'irritation avaient été rapportés. Les postes de mesure ont été choisis de façon à couvrir l'ensemble des étapes du procédé et les techniques d'échantillonnage ont été sélectionnées de façon à permettre le prélèvement de plusieurs classes de composés : les poussières totales, les gaz et les composés organiques gazeux et particulés incluant ainsi les composés soupçonnés de provoquer les irritations soit les terpènes et les aldéhydes.

Pour les composés organiques, seuls ceux présents sous forme gazeuse ont été décelés en concentrations significatives soit l' α - et le β -pinène, les composantes majeures de la térébenthine, reconnue pour ses effets irritants. Des traces possiblement d'acétaldéhyde ont été retrouvées à quelques postes. Les concentrations de poussières totales étaient inférieures à 0,4 mg/m³. Au niveau des composés inorganiques, les concentrations étaient inférieures à 0,2 ppm en SO₂ et inférieures à 2,4 ppm en H₂S. L'oxyde de carbone était de l'ordre des concentrations mesurées dans l'air extérieur soit 3 ppm, sauf à un poste où il a atteint 15 ppm.

La présence de ces contaminants dans l'air est due à des fuites aléatoires au niveau des équipements et non à des sources d'émission localisées, fixes et continues. La localisation des émissions devient donc difficile et ponctuelle à mesure que les fuites sont colmatées ou que de nouvelles se produisent.

Les techniques d'échantillonnage utilisées ont permis la détection et le dosage de composés organiques et inorganiques présents sous formes de particules et de gaz. Cependant, un photoionisateur à lecture directe peut avantageusement être utilisé pour localiser de façon rapide les fuites au niveau des équipements. Comme technique de suivi des concentrations, il pourrait également être utilisé à titre informatif, suite à l'établissement de sa courbe de réponse en fonction des concentrations de térébenthine.

La mise en oeuvre d'un programme d'élimination et de colmatage des sources inclus dans le programme régulier d'entretien des équipements diminuerait la présence de contaminants dans l'air.

1. Introduction

La pâte de papier peut être produite par des procédés chimiques, mécaniques, thermiques ou une combinaison de ceux-ci. Ainsi, le procédé thermomécanique (PTM) en utilisation au Québec depuis les années 1980 s'implante de plus en plus. Cependant, des travailleurs ont rapporté des problèmes d'irritation aux yeux et aux voies respiratoires qu'ils associaient à la présence de fumée émise par ce procédé (1). Durant le procédé, les composantes volatiles des matières extractibles du bois se mélangent à la vapeur et pourraient être libérées dans l'atmosphère de travail. Ces produits volatils incluent des terpènes, des alcools, des aldéhydes et des acides gras (2-5). Les terpènes et les aldéhydes sont des irritants reconnus pour la peau et les muqueuses et peuvent causer des dermatites de contact (6-8). Ces produits ont été mesurés dans les scieries (8-9) mais leur présence dans l'environnement de travail du PTM n'est pas documentée dans la littérature scientifique.

Le but du projet était d'identifier les composés émis par le procédé thermomécanique, d'évaluer leur importance relative et de localiser leurs sources d'émission. Les différentes techniques d'échantillonnage et d'analyse utilisées au cours de cette étude ont été considérées quant à leur utilité comme outils de mesure et de suivi ainsi que certains moyens de contrôle.

2. Méthodologie

2.1 Description du procédé de fabrication thermomécanique

Dans le procédé de fabrication thermomécanique, le bois est d'abord ramolli par de la vapeur d'eau dans l'étuveur puis réduit en pâte sous l'action mécanique des plaques des raffineurs primaire et secondaire. À l'usine évaluée, les raffineurs étaient constitués de deux plaques, l'une stationnaire, le stator et l'autre, le rotor, tournant à une vitesse d'environ 1800 rpm. La pression à l'intérieur du raffineur primaire était de l'ordre de 300 kPa; selon les lignes de production, la pression à l'intérieur du raffineur secondaire était aussi de 300 Kpa ou égale à la pression atmosphérique. La température du procédé était de l'ordre de 100°C. A la sortie de chacun des raffineurs, la pâte passe dans un cyclone. A la fin du raffinage, la pâte est pressée et essorée.

Le mélange de bois était composé de 50 à 55% d'épinette et de 45 à 50% de sapin avec une humidité moyenne de 45%.

2.2 Stratégie d'évaluation

Les mesures sur le terrain ont été faites sur une période de trois jours en hiver soit la période où les problèmes avaient été rapportés. Quatre lignes étaient en production dont deux travaillant à la pression atmosphérique au niveau du deuxième raffineur et les deux autres étant sous pression à 300 Kpa.

Les postes d'échantillonnage ont été choisis de façon à couvrir l'ensemble des étapes du

procédé. Des postes d'échantillonnage ont également été placés sur le pont roulant se déplaçant au-dessus des lignes de production où des extracteurs de fumée la rejettent à l'extérieur et où effectivement la fumée était visible. Un instrument à lecture directe, un photoionisateur, répondant sans spécificité à la présence de nombreux gaz a été utilisé pour localiser les zones d'accumulation de polluants et déterminer des postes d'échantillonnage. La description des postes de mesure est donnée au tableau 1. A chacun de ces postes, les échantillonnages ont couvert des périodes variant entre 4 et 12 heures d'opération.

Les techniques d'échantillonnage ont été sélectionnées de façon à permettre le prélèvement de plusieurs classes de composés : poussières totales, gaz et composés organiques gazeux et particulés incluant ainsi les composés soupçonnés de provoquer les irritations soit les terpènes et les aldéhydes. Pour les composés organiques présents sous forme gazeuse, une première série d'échantillons a servi à l'identification, par spectrométrie de masse, des composés présents suite à une désorption dans l'alcool benzylique ou dans le méthanol. Les produits identifiés ont alors été dosés par chromatographie en phase gazeuse à partir des séries subséquentes d'échantillons. Pour les composés organiques présents sous forme particulaire, la technique pour les brouillards d'huile a été utilisée. Pour les aldéhydes, une technique en développement à l'IRSST a été essayée. Les gaz évalués ont été ceux potentiellement retrouvés dans l'industrie des pâtes et papiers soit l'hydrogène sulfuré, le bioxyde de soufre et le monoxyde de carbone.

Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse sont les méthodes standard IRSST et sont décrites au tableau 2. Des relevés de température et d'humidité relative ont été faits périodiquement pendant les trois journées d'échantillonnage.

Tableau 1 : Description des postes de mesure

Poste #	Type d'échantillon ¹	Poste de mesure
1	S	Lavage des copeaux - sortie du tapis vibrant
2	S	Convoyeur à copeaux
3	A	Étuveur
4	S	Raffineur primaire
5	S	Séparateur de vapeur
6	S	Cyclone du raffineur primaire
7	S	Raffineur secondaire
8	A	Convoyeur à pâte
9	A	Filtres à disques
10	S	Presses à rejets
11	S	Silo tampon
12	A	Pont roulant

¹ (S) = échantillon pris près d'une source; (A) = échantillon en air ambiant

Tableau 2 : Techniques de mesure

Contaminant	Méthode IRSST (10)	Échantillonnage	Analyse
Poussières	48-1	Filtre en chlorure de polyvinyle, 0,8u, prépesé, 2 L/min, 2-3 hres	Gravimétrie
Composés organiques gazeux :			
- aldéhydes	En développement	Tube Orbo prétraité, 0,2 L/min, 2-3 hres	Spectrométrie de masse
- formaldéhyde	216-1	Tube Orbo prétraité, 0,2 L/min, 2-3 hres	Chromatographie en phase gazeuse
- totaux (incluant terpènes)	200-1	Tube charbon actif, 0,2 L/min, 2-3 hres	Chromatographie en phase gazeuse; spectrométrie de masse
	---	Instrument à lecture directe	Photoionisateur; lampe 11,7 eV
Composés organiques particulés (incluant terpènes)	51-2	Filtre en esters de cellulose, 0,8u, 2 L/min, 2-3 hres	Infra-rouge
Gaz :			
- hydrogène sulfuré	7-A ; 29-B	Instrument à lecture directe	Pile électrochimique
- bioxyde de soufre	8-A ; 29-B	Instrument à lecture directe	Pile électrochimique
- oxyde de carbone	3-A ; 27 -B	Instrument à lecture directe	Pile électrochimique
Température	---	Instrument à lecture directe	Thermomètre
Humidité relative	---	Instrument à lecture directe	Psychromètre

3. Résultats

Les résultats sont présentés par classes de produits suivis des mesures de température et d'humidité relative.

3.1 Poussières

Les concentrations de poussières ont varié entre < 60 et 350 ug/m^3 , les valeurs moyennes par poste étant toutes inférieures à 220 ug/m^3 . La valeur la plus élevée de 350 ug/m^3 a été obtenue au silo tampon. A titre informatif, la valeur de concentration moyenne admissible en zone respiratoire des travailleurs telle que spécifiée dans le Règlement sur la qualité du milieu de travail est de $10\,000 \text{ ug/m}^3$ (11).

3.2 Composés organiques

3.2.1 Aldéhydes

Le formaldéhyde n'a été décelé dans aucun des 38 échantillons. Des traces possiblement d'acétaldéhyde ont été décelées dans les échantillons prélevés dans la zone du convoyeur de pâte, au silo tampon et sur le pont roulant.

L'analyse des échantillons pour l'ensemble des aldéhydes par spectrométrie de masse a également révélé la faible présence d'un aldéhyde possiblement de l'acétaldéhyde dans les échantillons prélevés au silo tampon.

3.2.2 Totaux

Deux seuls composés gazeux ont été identifiés en spectrométrie de masse soit l' α -pinène et le β -pinène, composantes majeures de la térébenthine. Le tableau 3 donne les résultats de la caractérisation et du dosage des pinènes exprimé en concentration de térébenthine.

Aucun composé organique particulé n'a été décelé dans les 38 échantillons.

Tableau 3 : Résultats de composés organiques gazeux

Poste	Présence de pinènes	Concentration de térébenthine (mg/m ³)
1	Oui	4
2	Non	nd
3	Oui	9
4	Non	nd
5	Oui	48
6	Oui	6
7	Oui	45
8	Oui	38
9	Oui (faible)	nd
10	Oui	10
11	Oui	193
12	Oui	8

nd = non décelé < 50 µg ou < 2 mg/m³ pour un volume d'échantillonnage de 25 litres

La térébenthine a été décelée principalement près des lignes de production où les raffineurs secondaires étaient sous pression (postes 5, 7 et 8) et la concentration la plus élevée a été retrouvée au silo tampon.

Les résultats des lectures obtenues par le photoionisateur portatif sont donnés au tableau 4. Ces chiffres ne peuvent être associés à des valeurs de concentrations puisque l'instrument réagit à tous les composés pouvant être ionisés à une énergie inférieure à 11,7 eV et que la réponse obtenue est la somme des réponses des produits détectés. Ils donnent des valeurs relatives.

Tableau 4 : Lectures du photoionisateur

Poste	Valeurs lues
1	< 1
2	1
3	20 à 30 (jour 1); < 5 (jour 2)
4	< 1
5	6
6	< 1
7	3 à 4
8	3 à 4
9	< 1
10	1
11	15 à 30
12	1 à 2

Une bonne corrélation a été obtenue entre les lectures du photoionisateur et les résultats de térébenthine ($r = 0,97$; $r^2 = 0,94$). Cet instrument pourrait être avantageusement utilisé pour localiser les sources d'émission et les zones d'accumulation de polluants.

3.3 Gaz

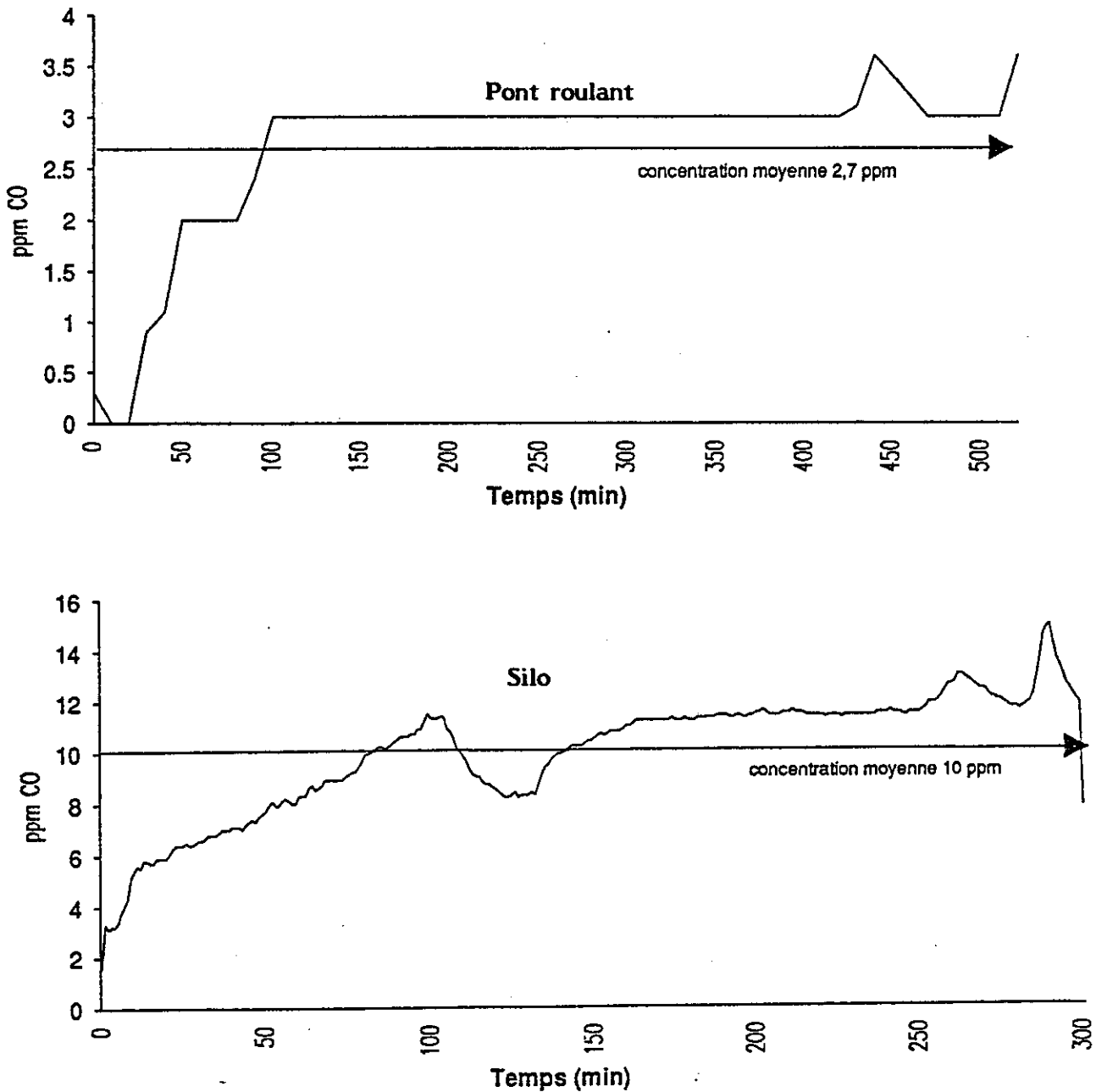
La mesure de l'anhydride sulfureux et de l'hydrogène sulfuré, à tous les postes d'échantillonnage et à différents endroits dans l'usine de fabrication de pâte, montre des concentrations uniformes et inférieures à 0,2 ppm en SO_2 et variant entre 0,1 et 2,4 ppm en H_2S . Pour ce composé, les valeurs étaient de l'ordre de 0,3 ppm aux lignes à pression atmosphérique et de l'ordre de 2 ppm aux lignes sous pression. À ces mêmes postes de mesure, les concentrations de monoxyde de carbone ont été de l'ordre de 3 ppm la première journée et de 2 ppm la journée suivante. Des analyseurs de CO couplés à des accumulateurs de données ont été installés sur le pont roulant et au silo tampon. Les histogrammes de concentrations sont représentés à la figure 1. La concentration maximale enregistrée a été de 4 ppm sur le pont

roulant et de 15 ppm au silo avec une valeur moyenne de 10 ppm.

3.4 Température et humidité relative

Les températures mesurées dans l'usine aux différents postes étaient élevées, la majorité du temps supérieures à 30°C. Les taux d'humidité étaient variables, se situant entre 25 et 50%.

Figure 1 : Histogrammes des concentrations de CO



4. Discussion

Les observations et conclusions sont regroupées en fonction des objectifs poursuivis : identification et importance relative des composés présents, localisation des sources d'émission, appréciation des techniques de mesure et proposition de moyens de contrôle.

- Composés présents

Seuls des composés organiques présents sous forme gazeuse ont été mesurés soit l' α - et le β -pinène, les composantes majeures de la térébenthine, reconnue pour ses effets irritants. La plus haute concentration mesurée à une source d'émission a été de 193 mg/m³. Des traces possiblement d'acétaldéhyde ont été retrouvées à quelques postes. Les concentrations de monoxyde de carbone étaient de l'ordre des valeurs mesurées dans l'air extérieur, soit 3 ppm, sauf à un poste où il a atteint 15 ppm.

Toutes les concentrations de composés inorganiques étaient également faibles par rapport aux limites de concentrations fixées dans le Règlement sur la qualité du milieu de travail du Québec (11), soit inférieures à 0,4 mg/m³ en poussières, inférieures à 0,2 ppm en SO₂ et inférieures à 2,4 ppm en H₂S.

Les températures mesurées dans l'usine aux différents postes étaient élevées, la majorité du temps supérieures à 30°C.

- Sources d'émission

La présence de ces contaminants dans l'air est due à des fuites ponctuelles au niveau des équipements et non due à des sources d'émission localisées, fixes et continues. La localisation des émissions devient donc difficile à mesure que les fuites sont colmatées ou que de nouvelles se produisent. La composition des émissions ne semble pas fonction du type d'essence de bois ou des conditions du procédé tels que la température, la pression et l'humidité. Ces derniers paramètres pourraient cependant influencer le bon état des équipements et les risques de fuite.

Il semble qu'il y ait également des zones d'accumulation de polluants qui se forment dans l'usine à cause des mouvements d'air et des différences de température. Le silo tampon où les plus fortes concentrations pour tous les polluants décelés ont été mesurées en est un exemple.

Ce poste était au niveau supérieur et la température y était très élevée. Ces zones d'accumulation semblent également ponctuelles comme il fut observé au poste 3. La première journée, les lectures sur le photoionisateur étaient élevées alors que le lendemain, elles étaient très basses. Des mouvements d'air plus importants ont été notés lors de cette deuxième journée.

- Techniques de mesure

Les techniques d'échantillonnage utilisées ont permis la détection et le dosage de composés organiques et inorganiques présents sous formes de particules et de gaz. Le principal composé présent dans l'air soit la térébenthine, a été évalué suite à une analyse en laboratoire, ce qui rend difficile le suivi du contrôle des concentrations et l'identification des fuites. Le photoionisateur pourrait combler cette difficulté puisqu'effectivement celui-ci a bien répondu aux postes où les concentrations plus élevées de térébenthine avaient été mesurées. Il serait notamment utilisable pour localiser de façon rapide les fuites au niveau des équipements. Comme technique de suivi des concentrations, il pourrait également être utilisé à titre informatif, suite à l'établissement de sa courbe de réponse en fonction des concentrations de térébenthine. Lorsque les concentrations seraient plus élevées qu'un niveau prédéterminé, alors des actions correctrices devraient être mises en place ou une analyse plus précise pourrait être faite.

- Moyens de contrôle

L'émission de térébenthine dans l'air est due aux fuites des équipements et sa migration et son accumulation dans différentes zones de l'usine dépendent des mouvements d'air. Dans le cadre d'un programme d'entretien régulier des équipements, une attention particulière devrait être portée à la détection des sources ponctuelles d'émission et à leur correction. La mise en oeuvre d'un programme d'élimination et de colmatage des sources suivi d'un programme de contrôle régulier diminuerait la présence de contaminants dans l'air.

5. Conclusion

Les résultats de cette étude tendent à démontrer que la térébenthine, seul produit présent en concentrations significatives, serait l'agent responsable des effets irritants rapportés par les travailleurs. Sa présence dans l'environnement de travail était due à des fuites au niveau des équipements qui pourraient être éliminées dans le cadre d'un programme de contrôle et d'entretien réguliers.

Références

1. Association de santé et sécurité des pâtes et papiers du Québec. Communications personnelles. 1988
2. Browning B.L. Method of Wood Chemistry. Interscience Publishers, vol 1, 1967.
3. Marks R.E. Engineering Aspects of Turpentine Recovery Systems. Tappi, vol 50, no 4, p.119A-120A, 1967.
4. Rockhill R.G. et Hostelter D.W. Evaporator Reboiler Recovers Steam , Turpentine from TMP Refinery. Pulp and Paper, vol 56, no 10, p.106-109, 1982.
5. Sayegh N.N., Azarniouch M.K. et Prahacs S. A Study of the Recovery of Steam from Thermomechanical Pulping by Vapor Recompression. Pulp and Paper Canada, vol 84, no 5 p.42-48, 1984.
6. Grimm W. et Gries H. Turpentine dans Encyclopedia of Occupational Safety and Health. Parmeggiani Ed. ILO Genève, Suisse, p.2229 1983.
7. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of Threshold Limit Values, 4e ed.Cincinnati, Ohio, 1980.
8. Eriksson K. et Levin J.O. Identification of Cis- and Trans-verbenol in Human Urine after Occupational Exposure to Terpenes. Int Arch Occup Environ Health, vol 62, p. 379-383, 1990.
9. Hedenstierna G., Alexandersson R., Wimander K et Rosén G. Exposure to Terpenes : Effects on Pulmonary Function. Int Arch Occup Environ Health, vol 51, p. 191-198. 1983.
10. IRSST. Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail. Direction des Laboratoires, Juin 1990.
11. Gouvernement du Québec. Règlement sur la qualité du milieu de travail. S2.1-r.15, Québec 1982.