

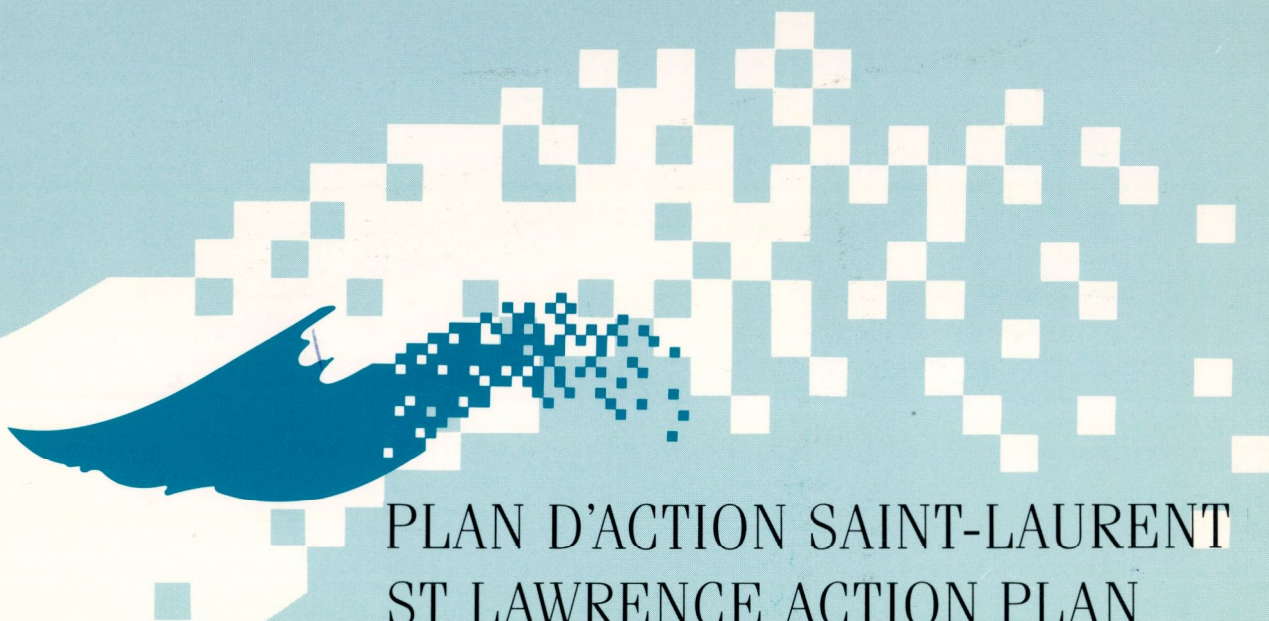


Environnement
Canada

Environment
Canada

Conservation et
Protection

Conservation and
Protection



PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT ST. LAWRENCE ACTION PLAN

CENTRE SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE CENTRE

378997₃

SC 350208
B67e

**ÉVALUATION ÉCOTOXICOLOGIQUE SOMMAIRE
DES EFFLUENTS DE L'USINE
KRONOS CANADA INC.
(VARENNES)**

par

**Daniel Boudreau B. Sc., Georges Costan Ph. D.,
Norman Bermingham D. Sc., Richard Legault M.Sc.**

**Environnement Canada
Centre St-Laurent
Laboratoire Capitaine Bernier
Longueuil, Québec
Octobre 1992**

RÉSUMÉ

Le potentiel toxique et génotoxique de l'effluent de l'usine au sulfate et de l'effluent final de l'usine KRONOS CANADA INC. (Varennnes) a été évalué à l'aide d'un ensemble de bioessais utilisant des organismes-cibles représentatifs de plusieurs niveaux trophiques (décomposeurs, producteurs primaires, consommateurs primaires et secondaires). Divers niveaux de toxicité ont été analysés: 1) létalité pour les crustacés et les poissons, 2) sublétaleté aiguë pour les bactéries et les poissons, 3) sublétaleté chronique pour les bactéries, les algues, les crustacés et les poissons.

Pour chaque journée d'échantillonnage, les deux effluents de l'usine KRONOS CANADA INC. (effluent de l'usine au sulfate et effluent final) montrent une très forte toxicité létale (produisant la mortalité) et sublétaleté (affectant les fonctions physiologiques telles la croissance ou la reproduction) sur tous les organismes testés. De plus, ces effluents démontrent un fort potentiel génotoxique (lésions du matériel génétique). Les effets toxiques se manifestent par différents types de toxicité: aiguë (à court terme) et chronique (à long terme).

Comparativement aux résultats d'évaluations écotoxicologiques effectuées sur les effluents finaux de plusieurs autres usines ($n > 50$) appartenant au même secteur industriel (chimie inorganique) ou à d'autres secteurs (e.g. pâtes et papiers, chimie organique, métallurgie, mines, textiles), les deux effluents de l'usine KRONOS CANADA INC. se démarquent nettement de la majorité des effluents des autres usines, par l'ampleur et l'intensité de leur potentiel toxique.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>page</i>
RÉSUMÉ.....	II
TABLE DES MATIÈRES.....	III
LISTE DES TABLEAUX.....	IV
1 INTRODUCTION.....	1
2 MÉTHODOLOGIE SOMMAIRE.....	2
2.1 Échantillonnage.....	2
2.2 Bioessais.....	2
2.2.1 Bioessais de létalité (crustacés, poissons).....	3
2.2.2 Bioessais de sublétaleté aiguë (bactéries).....	3
2.2.3 Bioessais de sublétaleté chronique (bactéries, algues, crustacés, poissons).....	4
2.3 Procédure analytique.....	4
2.4 Traitement des données et analyses statistiques.....	5
3 RÉSULTATS	6
3.1 Essais biologiques de toxicité.....	6
3.1.1 Toxicité létale.....	6
3.1.1.1 Temps de survie chez les poissons (TL100).....	6
3.1.1.2 Mortalité chez les poissons (CL50).....	10
3.1.1.3 Mortalité chez les crustacés.....	12
3.1.2 Toxicité sublétaleté aiguë.....	12
3.1.2.1 Inhibition de bioluminescence chez les bactéries.....	12
3.1.3 Toxicité sublétaleté chronique.....	13
3.1.3.1 Inhibition de croissance chez les algues.....	13
3.1.3.2 Inhibition de la reproduction chez les microinvertébrés.....	14
3.1.3.3 Inhibition de croissance chez les mènes à tête-de-boule.....	14
3.1.3.4 Génotoxicité.....	16
3.2 Analyses chimiques	16
4 DISCUSSION SOMMAIRE ET CONCLUSIONS.....	17
RÉFÉRENCES.....	22
ANNEXE I: Analyse de variance sur le temps de survie des truites.....	24
ANNEXE II: Sommaire des analyses physico-chimiques	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Résultats (en minutes) du bioessai du temps de survie des truites arc-en-ciel (TL100) exposées aux deux effluents de l'usine KRONOS CANADA INC. pour les 5 jours d'échantillonnage.....	7
Tableau 2.	Résultats (en unités toxiques) des bioessais effectués sur les effluents de l'usine KRONOS CANADA INC. pour les 3 jours d'échantillonnage.....	11

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Coefficient de dépassement de l'effluent de l'usine de sulfate de KRONOS CANADA INC.....	8
Figure 2.	Coefficient de dépassement de l'effluent final de l'usine KRONOS CANADA INC.....	9
Figure 3.	Ampleur relative de la toxicité des rejets de KRONOSCANADA INC, exprimée en TOXICHARGE (Unités Toxiques x Débit de l'effluent en m ³ /h).....	20
Figure 4.	Ampleur relative de la toxicité du pt.# 4 (effluent final) de l'usine KRONOS CANADA INC, exprimée en TOXICHARGE (Unités Toxiques x Débit de l'effluent en m ³ /h)	21

1 INTRODUCTION

L'évaluation écotoxicologique sommaire des effluents industriels concerne principalement le dépistage des effets toxiques potentiels sur les organismes aquatiques. Les effets observés lors de la réalisation des bioessais standardisés intègrent l'ensemble des phénomènes additifs, synergiques ou antagonistes qui résultent de la présence simultanée de nombreuses substances toxiques. L'analyse chimique de l'effluent complète l'information écotoxicologique en identifiant les substances susceptibles d'expliquer les effets notés.

La stratégie de dépistage des effets toxiques repose sur l'utilisation d'un ensemble de bioessais utilisant divers organismes (bactéries, algues, crustacés, poissons) représentatifs de plusieurs niveaux trophiques (décomposeurs, producteurs primaires, consommateurs primaires et secondaires). L'approche expérimentale en laboratoire est préconisée pour les besoins de simplicité, reproductibilité et coût-efficacité. Trois niveaux de toxicité sont analysés: 1) létal (stress entraînant la mortalité), 2) subléta aigu (stress altérant les fonctions physiologiques dans une courte période de temps par rapport au cycle vital de l'organisme), 3) subléta chronique (stress à plus long terme impliquant l'inhibition de la reproduction, de la croissance des individus ou d'une population, les lésions du matériel génétique).

2 MÉTHODOLOGIE SOMMAIRE

2.1 Échantillonnage

La procédure d'échantillonnage a été établie par Environnement Canada (Vezeau 1982). L'échantillonnage a débuté le 16 juin 1992 (jour 1) et s'est terminé le 20 juin 1992 (jour 5). Les échantillons ont été acheminés directement au laboratoire du Capitaine Bernier à Longueuil et entreposés à température constante (environ 4°C). Les échantillons suivants ont été prélevés pour chaque effluent de l'usine:

- 1 échantillon de 35 L/jour, composé sur 24 heures dans un contenant de verre, servant aux analyses biologiques avec bactéries et algues (X 3 jours), et chimiques (X 5 jours);

- 3 échantillons de 60 L/jour (X 3 jours), composés sur 24 heures dans des réservoirs opaques de type "Rubbermaid" doublés intérieurement de sacs en polyéthylène, servant aux tests de toxicité avec poissons et crustacés;

- 2 échantillons de 60 L/jour (X 5 jours), même que précédent, pour les besoins du test de mortalité avec poissons (TL100 sur 5 jours; voir section bioessais).

Pour l'eau d'entrée (eau brute), 2 échantillons de 60 L/jour (x 5 jours) et 1 échantillon de 35L/jour (X 5 jours) ont été prélevés, avec la même procédure que précédent.

2.2 Bioessais

Selon le type de bioessai, les effets sont déterminés par l'un et/ou l'autre des paramètres mesurés suivants:

- TL100 = temps requis pour produire la mortalité chez tous les poissons exposés aux échantillons non dilués de l'effluent de l'usine au sulfate, de l'effluent final, d'eau brute et d'eau témoin.

- CL50 = concentration de l'effluent (en % volume d'effluent/volume d'effluent + volume d'eau de dilution) produisant 50 % de mortalité au terme de l'exposition des organismes à l'effluent.

- CI50 = concentration de l'effluent (en % v/v; voir ci-dessus) qui inhibe 50 % de la variable mesurée (e.g. croissance, lumière).

- Seuil toxique = moyenne géométrique de la CSEO (Concentration sans effet observé) et de la CMEO (Concentration minimale avec effet observé); le seuil toxique peut se définir comme étant une valeur de concentration d'effluent située entre la

concentration où l'on n'observe pas d'effets significatifs par rapport au témoin, et la plus petite concentration d'effluent où les effets observés sont significativement différents du témoin.

Les résultats sont rapportés sous forme d'unités toxiques (UT), selon le principe proposé par Sprague et Ramsay (1965). L'unité toxique = 100 divisé par la concentration en % v/v du paramètre mesuré (e.g. CL50, CI50, seuil toxique). De manière très simple, l'unité toxique peut être considérée comme un équivalent du nombre de dilutions requis pour que les effets toxiques ne soient plus détectables au niveau du paramètre considéré (par exemple, un seuil toxique de 300 UT indiquerait une dilution nécessaire de 300 fois pour que l'effluent ne présente aucune toxicité à ce niveau). Ainsi plus le nombre d'unités toxiques est élevé, plus grande est la toxicité de l'effluent.

2.2.1 Bioessais de létalité (crustacés et poissons)

Ces tests permettent d'évaluer la toxicité de l'effluent produisant la mortalité des organismes dans une période de temps déterminée.

Le test de temps de survie chez la truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss* mesure le temps requis pour produire 100 % de mortalité (TL100) chez les truites exposées, durant 24 heures, à un effluent non-dilué (100 % v/v d'effluent) (Environnement Canada 1990a).

Le test avec crustacés utilise l'espèce *Ceriodaphnia dubia* (Environnement Canada 1992a). Les individus sont exposés à diverses concentrations de l'effluent durant 7 jours. La mortalité est exprimée par la CL50 et le seuil toxique.

Les tests avec poissons utilisent le méné à tête-de-boule, *Pimephales promelas* (Environnement Canada 1992b), et la truite arc-en-ciel, *Oncorhynchus mykiss* (Env. Canada 1990). Les poissons sont exposés à diverses concentrations d'effluent durant 7 jours et 4 jours respectivement. La mortalité est exprimée par la CL50 et le seuil toxique pour les ménés, et par la CL50 pour les truites.

2.2.2 Bioessais de sublétaleté aiguë (bactéries)

Ces tests permettent d'évaluer les effets de l'effluent à un niveau de toxicité qui ne tue pas les organismes (sublétaleté), mais affecte les fonctions physiologiques de ceux-ci dans un laps de temps relativement court (< 10 %) par rapport à leur durée de vie "normale".

Le test Microtox (Environnement Canada 1991) mesure l'inhibition de lumière émise par la bactérie *Photobacterium phosphoreum* exposée à diverses concentrations d'effluent durant 15 minutes. La toxicité est exprimée par la CI50 (concentration d'effluent inhibant 50 % de l'émission lumineuse) et le seuil toxique.

2.2.3 Bioessais de sublétaleté chronique (bactéries, algues, crustacés, poissons)

Ces tests permettent d'évaluer les effets de l'effluent à un niveau de toxicité qui ne tue pas les organismes (sublétaleté), mais qui affecte les fonctions physiologiques de ceux-ci dans un laps de temps relativement long (> 10 %) par rapport à leur durée de vie "normale".

Les lésions du matériel génétique (ADN) sont mises en évidence à l'aide du SOS Chromotest (Quillardet *et al.* 1982, Environnement Canada 1992c). Une souche bactérienne de *Escherichia coli*, modifiée génétiquement pour permettre un dosage colorimétrique, est utilisée pour évaluer le potentiel génotoxique de l'effluent. L'ajout d'un extrait enzymatique de foie de rat (+S9) à l'échantillon d'effluent, permet de déceler la présence de substances pro-mutagènes activables par les voies métaboliques d'un mammifère (biotransformation), et, par inférence inductive, de tout organisme. La génotoxicité de l'effluent est exprimée par le seuil (géo)toxique.

Le test algal avec *S. capricornutum* (Blaise 1986, Environnement Canada 1992b) mesure l'inhibition de croissance d'une population exposée durant 4 jours à diverses concentrations d'effluent. La toxicité est exprimée par la CI50 et le seuil toxique.

Le test avec le crustacé *C. dubia* (Environnement Canada 1992a) mesure l'inhibition de la reproduction d'individus exposés à diverses concentrations d'effluent durant 7 jours. La toxicité est exprimée par le seuil toxique.

Le test avec les ménés à tête-de-boule (Environnement Canada 1992b) mesure l'inhibition de la croissance en poids des larves de poissons exposées à diverses concentrations d'effluent durant 7 jours. La toxicité est exprimée par le seuil toxique.

2.3 Procédure analytique

Les tests biologiques et les mesures physico-chimiques ont été réalisés, sous la direction de la section Services Analytiques du Centre St-Laurent, à partir de portions filtrées ou non-filtrées de l'échantillon (Environnement. Canada 1989). Les paramètres

chimiques ont été mesurés à partir de sous-échantillons d'eau (effluent de l'usine au sulfate, effluent final, eau d'entrée) préalablement homogénéisés, selon les méthodes normalisées (APHA *et al.* 1985, U.S.EPA 1986) et les protocoles analytiques développés dans nos laboratoires.

2.4 Traitement des données et analyses statistiques

Le plan expérimental pour analyser le temps de survie chez les truites arc-en-ciel exposées durant 24 heures aux deux effluents (usine au sulfate et final) non-dilués (100 % v/v) a été conçu pour une analyse de variance à deux facteurs (Zar 1984). Le test a été réalisé en triplicata sur les échantillons obtenus à chaque journée d'échantillonnage (effluent de l'usine au sulfate, effluent final [100 % v/v] et eau d'entrée) et les témoins (0 % d'effluent). Chaque réplicat comprenait 5 poissons. Le temps écoulé (en minutes) pour obtenir la mortalité dans chaque réplicat (TL100) constituait la variable mesurée. Les journées d'échantillonnage (5 jours) constituaient les niveaux du facteur JOURS permettant d'évaluer la variabilité dans le temps. Ces niveaux ont été considérés comme indépendants (pas d'influence d'une journée d'échantillonnage sur la suivante). Les facteurs "EAUX" (niveaux: effluent de l'usine au sulfate, final, entrée, témoin) et "JOURS" (niveaux: jours 1 à 5) sont fixes. Le schéma d'analyse est parfaitement orthogonal (facteurs croisés) et balancé (nombre égal de données par cellule) pour une puissance optimale.

La variabilité temporelle de la toxicité de chaque effluent (3 jours d'échantillonnage) a aussi été évaluée à partir des résultats de plusieurs bioessais (Microtox, test algal, test d'inhibition de reproduction avec crustacés et d'inhibition de croissance avec menés). La valeur unique du seuil toxique ne permettant pas l'analyse statistique des différences de toxicité dans le temps, les données regroupant les concentrations testées d'effluent ont donc été utilisées dans une analyse de variance hiérarchisée (Zar 1984). Les réplicats de chaque concentration constituaient un facteur aléatoire emboîté sous le facteur fixe JOURS.

Les analyses statistiques, pour les autres bioessais effectués dans cette évaluation écotoxicologique, sont détaillées dans les protocoles appropriés (voir section Bioessais). Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel : Abacus Concept, SuperAnova sur ordinateur Macintosh.

3 RÉSULTATS

3.1 Essais biologiques de toxicité

Les Tableaux 1 et 2 résument l'ensemble des résultats de bioessais effectués sur les deux effluents de l'usine KRONOS CANADA INC. (Varennnes).

3.1.1 Toxicité létale

Les trois bioessais associés à ce niveau (TL100 et CL50 chez la truite arc-en-ciel, CL50 chez le méné à tête-de-boule et CL50 chez les crustacés) ont montré des valeurs de toxicité importantes, quoique généralement un peu plus faibles que celles associées aux autres niveaux.

3.1.1.1 Temps de survie chez les poissons (TL100)

Point 1: effluent de l'usine au sulfate

Les truites arc-en-ciel exposées aux échantillons journaliers de l'effluent de l'usine au sulfate non-dilué (100 %) (i.e. échantillons #915 (jour 1), #919 (jour 2), #923 (jour 3), #927 (jour 4) et #931 (jour 5) n'ont pas survécu au-delà de 10 minutes (Tableau 1, page suivante). Comparativement, aucune mortalité n'a été observée chez les poissons exposés pendant 24 heures à l'eau d'entrée (échantillons #916 (jour 1), #920 (jour 2) #924 (jour 3), #928 (jour 4), #932 (jour 5) et l'eau du témoin. Ce sont les jours 3 et 5 qui ont montré les plus courtes périodes nécessaires pour tuer toutes les truites arc-en-ciel; les valeurs de TL100 se situant entre 0 et 7 minutes pour ces deux jours. Le jour 1 montre la valeur de TL100 la plus longue (0 à 10 minutes).

Point 4 : effluent final

Les truites exposées aux échantillons journaliers de l'effluent final non-dilué (échantillons #918 (jour 1), #922 (jour 2) #926 (jour 3), #930 (jour 4), #934 (jour 5) n'ont pas, ici non plus, survécu au-delà de 10 minutes (Tableau 1). On remarquera que le temps requis pour tuer 100 % des truites exposées est identique à celui observé dans les échantillons de l'effluent du point 1.

Les coefficients de dépassement des deux effluents apparaissent aux figures 1 et 2. Le coefficient de dépassement pour chaque réplicat correspond à la durée du test de survie (i.e. 24 heures) divisée par le temps maximal de survie (i.e. TL100) des truites exposées aux échantillons. A titre d'exemple, un échantillon nécessitant 24 heures pour tuer toutes les truites (100 %) se traduit par un coefficient de dépassement de 1 qui, à son tour, indique un échantillon pouvant être considéré de type létal aigu. En termes absolus, plus le coefficient de dépassement est élevé, plus la mortalité est atteinte rapidement. Pour chaque journée d'échantillonnage, les coefficients de dépassement des deux effluents de KRONOS CANADA INC. ne sont pas inférieurs à 144.

Tableau 1. Résultats (en minutes) du bloessal du temps de survie des truites arc-en-ciel (TL100) exposées aux deux effluents de l'usine KRONOS CANADA INC. pour les 5 jours d'échantillonnage.

		Truite arc-en-ciel <i>Oncorhynchus mykiss</i>			
		JOUR 2	JOUR 3	JOUR 4	JOUR 5
Point 1 (Effluent de l'usine au sulfate)	0-10	0-8	0-7	0-8	0-7
Point 4 (Effluent final)	0-10	0-8	0-7	0-8	0-7

L'analyse factorielle de variance, effectuée sur le temps de survie des truites arc-en-ciel (voir le tableau à l'ANNEXE I), indique que le facteur EAUX ($F = 2,3E20$ $p < 0,0001$) contribue à la quasi-totalité de la variance. Le facteur JOURS est aussi très hautement significatif ($p < 0,0001$). Le test de comparaison multiples de Tukey sur le facteur EAUX indique une différence très hautement significative entre les effluents (sulfate ou final) et les eaux d'entrée ou témoin. Les différences observées entre les journées sont également significatives. Bien que l'interaction entre les deux facteurs soit très hautement significative ($F = 9,9E13$ $p < 0,0001$), celle-ci n'invalide en rien les conclusions de l'analyse quant à l'importance du facteur EAUX.

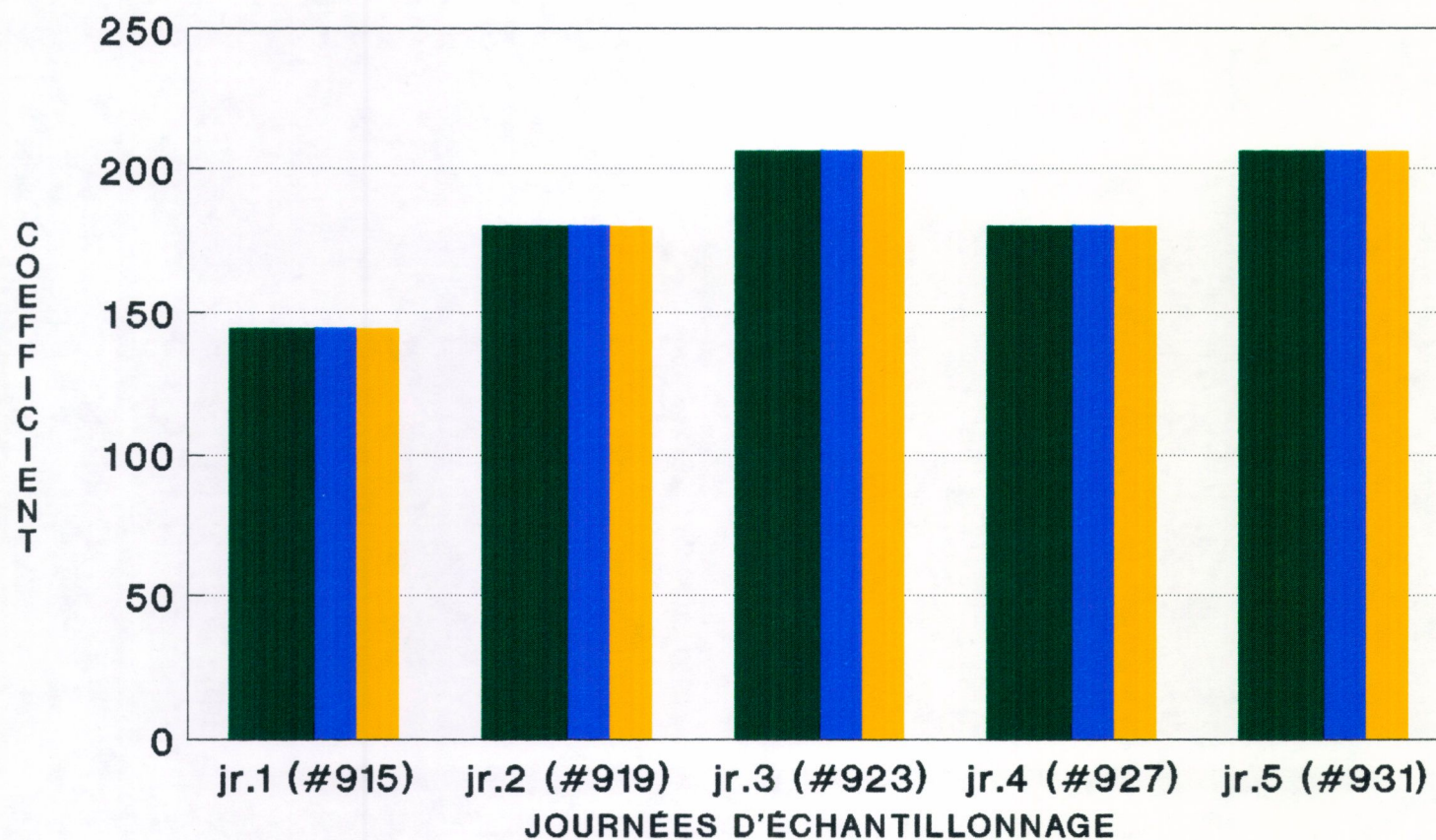


Figure 1. Coefficients de dépassement de l'effluent de l'usine de sulfate de KRONOS (point #1)

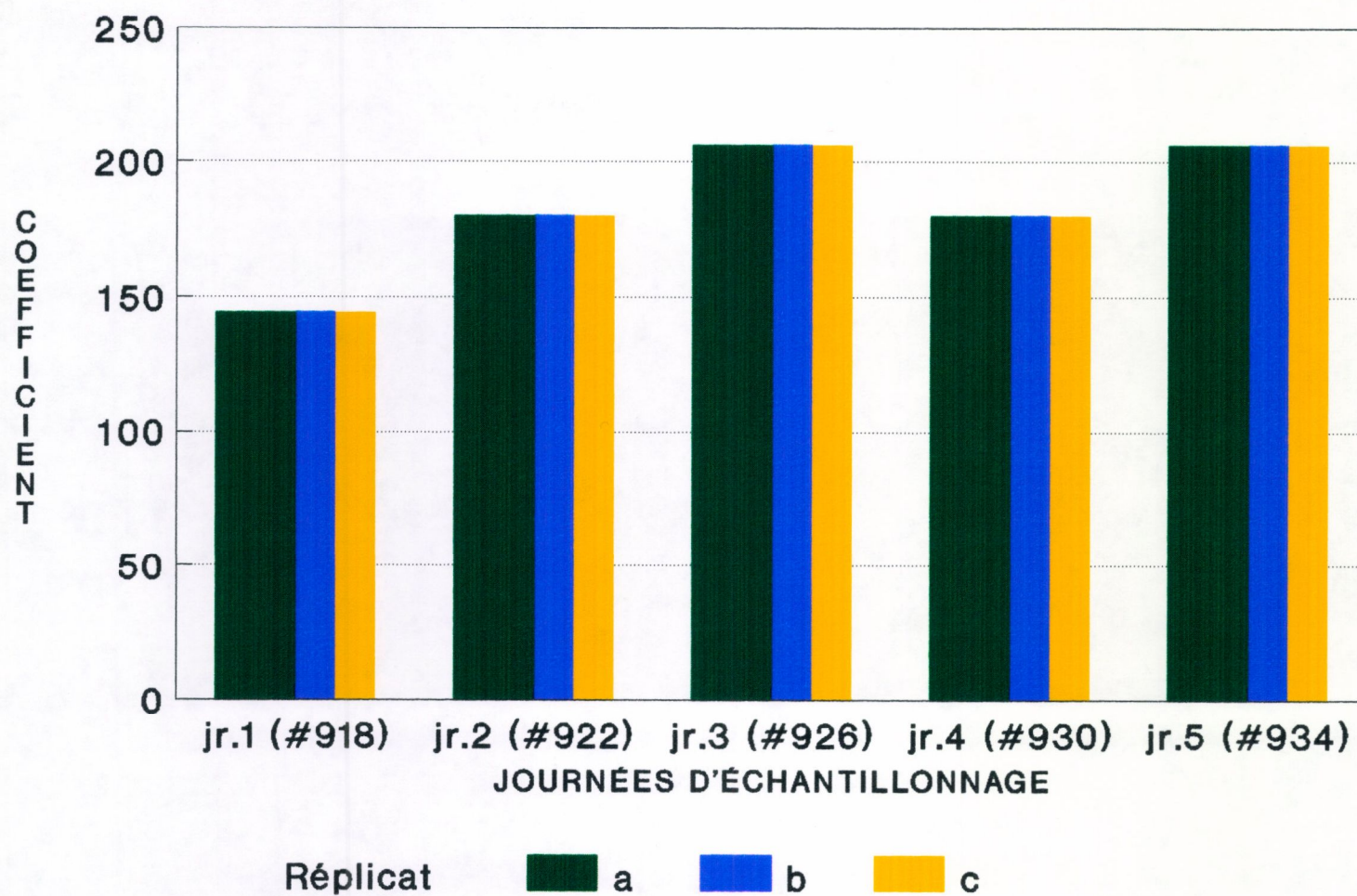


Figure 2. Coefficients de dépassement de l'effluent final de KRONOS (point # 4)

3.1.1.2 Mortalité chez les poissons (CL50)

Point 1: effluent de l'usine au sulfate

La CL50 pour la truite arc-en-ciel est comprise entre 33 et 140 UT pour cet effluent (Tableau 2). Le 100 % de mortalité en 24 heures a été obtenu respectivement aux concentrations de 1, 6 et 3 % v/v d'effluent pour les échantillons des jour 2, 3 et 4.

Pour les ménés à tête-de-boule, la CL50 varie de 77 à 150 UT selon la journée d'échantillonnage considérée, et le seuil toxique s'échelonne de 71 à 240 UT. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que la CL50 mesurée pour les truites arc-en-ciel. Après 7 jours d'exposition, on observe pour l'échantillon du jour 2, 100 % de mortalité chez les ménés exposés à la concentration de 1 % v/v d'effluent. Pour les échantillons des jours 3 et 4, le 100 % de mortalité, après 7 jours, est obtenu à la concentration de 2 % v/v d'effluent.

Point 4 : effluent final

Pour l'effluent final, la CL50 chez la truite arc-en-ciel varie de 20 à 100 UT, elle se révèle légèrement moins élevée qu'au point 1. Le 100 % de mortalité en 24 heures a été établi respectivement à 5, 4 et 5 % v/v d'effluent pour les échantillons des jour 2, 3 et 4.

Pour les ménés à tête-de-boule, la CL50 (26 à 42 UT) se révèle aussi moins élevée que pour le point 1. Le seuil toxique (35 à 71 UT) est similaire à la CL50. Les valeurs de CL50 se révèlent du même ordre de grandeur chez les deux espèces de poissons. Après 7 jours d'exposition, 100 % de mortalité est observé pour les échantillons des jours 2 et 3, à la concentration de 4 % v/v d'effluent. Pour l'échantillon du jours 4, le 100 % de mortalité, après 7 jours, est obtenu à la concentration de 8 % v/v d'effluent.

Tableau 2. Résultats (en unités toxiques) des bioessais effectués sur les effluents de l'usine KRONOS CANADA INC pour les 3 jours d'échantillonnage.

ORGANISMES ET MESURES	Point 1 (Effluent de l'usine au sulfate)			Point 4 (Effluent final)		
	JOUR 2 # 919	JOUR 3 # 923	JOUR 4 # 927	JOUR 2 # 922	JOUR 3 # 926	JOUR 4 # 930
BACTÉRIES (<i>P. phosphoreum</i>)						
- Inhibition de lumière						
- Seuil toxique	1100	9100	2300	570	290	570
BACTÉRIES (<i>E. coli</i>)						
- Génotoxicité (-S9)						
- Seuil (géno)toxique	<400 ^t	<400 ^t	<400 ^t	1100	<100 ^t	<100 ^t
- Génotoxicité (+S9)						
- Seuil (géno)toxique	<400 ^t	900	4500	1100	220	<100 ^t
ALGUES (<i>S. capricornutum</i>)						
- Inhibition de croissance						
- Seuil toxique	2500	1200	1200	620	620	310
CRUSTACÉS (<i>C. dubia</i>)						
- Mortalité						
- CL50 7 jours	590	180	230	76	81	50
- Seuil toxique	700	180	180	71	71	35
- Inhibition de reproduction						
- Seuil toxique	700	180	180	71	71	71
POISSONS (Truite arc-en-ciel)						
- Mortalité						
- CL50	100-140	100	33-100	20-100	25-33	25-33
POISSONS (Méné tête-de-boule)						
- Mortalité						
- CL50 7 jours	150	120	77	42	38	26
- Seuil toxique	280	140	71	71	71	35
- Inhibition de croissance						
- CL50 7 jours	160	150	130	40	44	33
- Seuil toxique	280	280	280	71	71	35

t = toxicité pour les bactéries du test aux plus fortes concentrations testées.

3.1.1.2 Mortalité chez les crustacés

Point 1: effluent de l'usine au sulfate

Les crustacés apparaissent plus sensibles que les poissons. La CL50 pour le point 1 varie de 180 à 590 UT, selon la journée d'échantillonnage considérée (voir Tableau 2). Le seuil toxique est du même ordre de grandeur que la CL50. Pour le jour 2, à la concentration de 0,4 % d'effluent, la mortalité est de 100 % après la première journée d'exposition. Pour les échantillons des jours 3 et 4, le 100 % de mortalité est atteint respectivement après la première et la troisième journée d'exposition à la concentration de 0,8 % d'effluent.

Point 4 : effluent final

Cet effluent indique des valeurs de CL50 plus faibles que celui de l'effluent au sulfate. Les jours 2 et 3 (76 et 81 UT) montrent des valeurs de CL50 plus élevées que le jour 4 (50 UT). Le seuil toxique, identique pour les trois jours d'analyse (70 UT), est du même ordre de grandeur que les valeurs de CL50. A la concentration de 2 % d'effluent, la mortalité de 100 % est atteinte après deux jours d'exposition pour l'échantillon du jour 2. Les échantillons des jours 3 et 4 se révèlent létaux pour les crustacés à la concentration de 4 % v/v, après une journée d'exposition.

3.1.2 Toxicité sublétales aiguë

3.1.2.1 Inhibition de bioluminescence chez les bactéries

Point 1: effluent de l'usine au sulfate

Le test Microtox présente des valeurs de seuil toxique très élevées pour les trois jours d'échantillonnage (1100 à 9100 UT).

Par ailleurs, l'analyse de variance hiérarchisée (évaluation de la variabilité temporelle de la toxicité, voir section 2.4) sur les données regroupant l'ensemble des concentrations testées d'effluent dans la gamme comprise entre 0,0078 % et 0,25 %, indique une différence très hautement significative entre les trois journées d'échantillonnage ($F = 38,214$; $p < 0,0004$). Le facteur réplicats n'est pas significatif ($F = 0,007$; $p > 0,05$). Le test de comparaison multiple de Tukey indique que l'échantillon du jour 3 est significativement plus toxique que les échantillons des jours 2 et 4. Ces derniers ne diffèrent pas significativement entre eux.

Point 4 : effluent final

Pour l'effluent final, les valeurs de seuil toxique diminuent en moyenne d'un ordre de grandeur pour se situer entre 290 et 570 UT. Elles restent malgré tout très élevées.

L'analyse de variance hiérarchisée (voir effluent de l'usine au sulfate) sur les données regroupant l'ensemble des concentrations testées d'effluent dans la gamme comprise entre 0,0625 % et 1 %, indique une différence très hautement significative entre les trois journées d'échantillonnage ($F = 17,54$; $p < 0,0031$). Le facteur réplicats n'est pas significatif ($F = 0,009$; $p = 0,99$). Le test de comparaison multiple de Tukey indique que la toxicité de l'échantillon du jour 4 est significativement différente de celle des échantillons des jours 2 et 3. Le test ne met en évidence aucune différence significative d'inhibition entre les jours 2 et 3.

3.1.3 Toxicité sublétales chronique

Plusieurs bioessais sont associés à ce niveau de toxicité (inhibition de croissance en poids chez les poissons, inhibition de croissance d'une population algale, inhibition de la reproduction chez les crustacés, génotoxicité). Les réponses toxiques sont très fortes et généralement du même ordre de grandeur que celle du bioessai de toxicité sublétales aiguë (Microtox).

3.1.3.1 Inhibition de croissance chez les algues

Parmi l'ensemble des bioessais de sublétales chronique, les algues présentent les plus fortes réponses négatives.

Point 1 : effluent de l'usine au sulfate

Le seuil toxique varie entre 1200 et 2500 UT, selon la journée d'échantillonnage considérée (Tableau 2).

L'analyse de variance hiérarchisée (voir test Microtox ci-dessus) sur les données regroupant l'ensemble des concentrations testées d'effluent dans la gamme comprise entre 0,06 % et 1,0 % v/v, indique une différence très hautement significative dans la toxicité entre les échantillons des 3 journées ($F = 533$; $p < 0,0001$). Le test de comparaison multiple de Tukey révèle que l'échantillon d'effluent du jour 2 est significativement plus toxique que les échantillons des jours 3 et 4. Ces deux derniers indiquent une différence significative de toxicité entre eux.

Point 4 : effluent final

Les valeurs de seuil toxique de l'effluent final (310 à 620 UT) se révèlent moins élevées que celles de l'effluent au sulfate.

L'analyse de variance hiérarchisée effectuée sur les données regroupant l'ensemble des concentrations testées d'effluent dans la gamme comprise entre 0,25 % et 1,0 % v/v, indique une différence très hautement significative dans la toxicité entre les échantillons des 3 journées ($F = 4445,7$; $p < 0,0001$). Le test de comparaison multiple de Tukey révèle que la toxicité des jours 2 et 3 est significativement plus élevée que celle du jour 4. Aucune différence significative de la toxicité n'est observée entre les échantillons des jours 2 et 3.

3.1.3.2 Inhibition de la reproduction chez les microinvertébrés

Point 1: effluent de l'usine au sulfate

Les crustacés apparaissent moins sensibles que les algues avec des valeurs de seuil toxique variant de 180 à 700 UT, selon la journée d'échantillonnage considérée.

L'analyse de variance hiérarchisée effectuées sur les données regroupant l'ensemble des concentrations testées d'effluent dans la gamme comprise entre 0,0 % et 0,4 % v/v, indique une différence très hautement significative de la toxicité entre les échantillons des 3 journées ($F = 39,5$; $p < 0,0001$). Le test de comparaison multiple de Tukey révèle que la toxicité au jour 2 est significativement plus élevée qu'au jour 3 et 4. Il indique aussi une différence significative de toxicité entre les échantillons des jours 3 et 4.

Point 4 : effluent final

L'effluent final montre une diminution de la toxicité avec des valeurs de seuil toxique identiques (71 UT) pour les trois journées d'échantillonnage. Aucune différence significative de toxicité n'a été observée entre les journées d'échantillonnage ($F = 2,2$; $p < 0,13$).

3.1.3.3 Inhibition de croissance chez les ménéés à tête-de-boule

Point 1: effluent de l'usine au sulfate

Le seuil toxique est identique pour les 3 journées d'échantillonnage (280 UT). Les CI50 sont légèrement plus faibles (130 à 160) mais du même ordre de grandeur.

L'analyse de variance hiérarchisée effectuée sur les données regroupant l'ensemble des concentrations testées d'effluent dans la gamme comprise entre 0,0 % et 1 % v/v, indique une différence très hautement significative de la toxicité entre les échantillons des 3 journées ($F = 23,7$; $p < 0,0003$). Le test de comparaison multiple de Tukey révèle que la toxicité du jour 2 est significativement plus élevée que celle des jours 3 et 4. Ces deux derniers ne montrent pas de différence significative de leur toxicité.

Point 4 : effluent final.

Le seuil toxique est moins élevé pour cet effluent, soit 71 UT pour les échantillons des jours 2 et 3, et 35 UT pour celui de la quatrième journée. Les CI50 légèrement plus faibles (33 à 44 UT) sont du même ordre de grandeur que les valeurs de seuil toxique.

L'analyse de variance hiérarchisée effectuée sur les données regroupant l'ensemble des concentrations testées d'effluent dans la gamme comprise entre 0 % et 4 % v/v, indique une différence hautement significative de la toxicité entre les échantillons des 3 journées ($F = 7,7$; $p < 0,01$). Le test de comparaison multiple de Tuckey révèle que la toxicité des jours 2 et 3 est identique. La toxicité du jour 2 est significativement plus élevée que celle du jour 4. L'analyse ne montre pas de différence significative de toxicité entre les jours 3 et 4.

3.1.3.4 Génotoxicité

Le seuil (géno)toxique (< 100 à 4500 UT) est élevé et varie selon la journée d'échantillonnage.

Point 1: effluent de l'usine au sulfate

En absence d'activation métabolique (-S9), tous les échantillons indiquent une absence de génotoxicité (< 400 UT) aux plus fortes concentrations testées (0,25 % v/v d'effluent). Les concentrations plus élevées occasionnant de la mortalité pour les bactéries du test.

Après bioactivation métabolique (+S9), l'échantillon du jour 2 montre toujours une absence de génotoxicité aux plus fortes concentrations testées. Les échantillons des jours 3 et 4 indiquent cependant une activité génotoxique très élevée (respectivement 900 et 4500 UT).

Point 4 : effluent final

Le jour 2 indique des valeurs de génotoxicité très élevées (1100 UT), identiques avant et après bioactivation métabolique. Pour le jour 3, avant bioactivation métabolique (-S9), aucune activité génotoxique n'est observée aux plus fortes concentrations testées. Après bioactivation métabolique (+S9), la présence d'une activité génotoxique est décelée (220 UT). Pour le jour 4, aucune activité génotoxique n'a été observée dans les deux parties du test.

3.2 Analyses chimiques

Les résultats de chaque paramètre analysé sont donnés à l'ANNEXE II. Parmi l'ensemble des paramètres, plusieurs dépassent largement les concentrations recommandées pour la protection de la vie aquatique (Environnement Canada 1987, 1990). Les très faibles valeurs de pH mesurées dans les deux effluents sont aussi à considérer.

4 DISCUSSION SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

Point 1: effluent de l'usine au sulfate

Tous les organismes utilisés ont démontré des effets fortement toxiques suite à leur exposition à cet effluent; et ce pour chaque journée d'échantillonnage considérée séparément. De plus, les coefficients de dépassement, calculés lors du test de temps de survie chez les poissons (TL100), démontrent une forte mortalité associée à cet effluent (Figure 1).

Malgré les variations temporelles significatives de la toxicité, celle-ci demeure très élevée et se manifeste à tous les niveaux du réseau trophique. Les réponses toxiques sont très fortes; particulièrement au niveau sublétal envers les bactéries et les algues. La génotoxicité est également très élevée. Comparativement à plusieurs autres industries ($n > 50$) appartenant au même secteur industriel (chimie inorganique) ou à différents autres secteurs (e.g. pâtes et papiers, mines, textiles, chimie organique), l'effluent de l'usine au sulfate se démarque nettement par l'ampleur et l'intensité de sa toxicité. De plus, la toxicharge moyenne (unités toxiques x débit; Costan et *al.* 1993) du point 1 comparée à celle du point 4 (effluent final) indique que la toxicharge du point 1 (usine au sulfate) représente la majeure partie de la toxicité de l'effluent final de l'usine KRONOS CANADA INC (Figure 3).

Outre le pH extrêmement acide (0,94 à 1,22), les charges de certains éléments (notamment le fer, l'aluminium, le vanadium et le chrome) sont particulièrement élevées et dépassent largement les charges jugées tolérables pour respecter les objectifs environnementaux de rejets pour les substances toxiques à l'effluent (Gillespie et Mallette, 1992). Ces auteurs, dans une étude spécifique à l'usine KRONOS CANADA INC., recommandent des charges tolérables (débit x concentration) pour l'effluent de l'usine au sulfate, de 46,72 kg/j de fer, de 17,56 kg/j d'aluminium, de 2,83 kg/j de vanadium et de 0,404 kg/j de chrome. Selon la journée d'échantillonnage et avec un débit minimal variant entre 11900 et 12700 m³/j, les charges de ces éléments (dissous) calculées dans l'effluent varient, de 3659 à 8333 kg/j pour le fer, de 401 à 931 kg/j pour l'aluminium, de 102 à 245 kg/j pour le vanadium et de 35 à 83 kg/j pour le chrome, (voir résultats complets à l'ANNEXE II). Un calcul du coefficient de dépassement (i.e le nombre de fois que la charge d'un élément dans l'effluent dépasse la charge tolérable) donne, selon la journée, un coefficient de dépassement de 78 à 178 pour le fer, de 23 à 53 pour l'aluminium, de 36 à 87 pour le vanadium et de 87 à 206 pour le chrome.

Point 4 : effluent final

Cet effluent a démontré lui aussi, quoiqu'à un niveau moindre, des effets fortement toxiques pour les organismes utilisés dans les divers bioessais; et ce pour chaque journée d'échantillonnage considérée séparément. Par ailleurs, les coefficients de dépassement, calculés lors du test de survie des poissons (TL100), sont demeurés identiques à ceux de l'effluent au sulfate (Figure 2).

On observe également des variations temporelles significatives de la toxicité, mais celle-ci demeure élevée et se manifeste à tous les niveaux du réseau trophique. Les réponses toxiques sont très fortes; particulièrement au niveau sublétal envers les bactéries et les algues. La génotoxicité est également élevée, malgré la présence de toxicité pour les bactéries du test. A titre d'exemple, les tests Microtox et SOS Chromotest (génotoxicité) produisent habituellement une réponse (seuil toxique) variant entre 0 et 50 UT et dépassant rarement les 100 UT. Exposées à cet effluent, les bactéries de ces deux tests ont produit des réponses négatives de l'ordre de 290 à 570 UT (test Microtox) et de < 100 à 1100 UT (SOS Chromotest). Comparativement à plusieurs autres industries ($n > 50$), comme mentionné plus haut, la mesure de la toxicharge de l'effluent final, pour les trois jours d'échantillonnage, indique que cet effluent se démarque nettement des autres effluents industriels, par l'ampleur et l'intensité de sa toxicité (voir figure 4).

Le pH se révèle très similaire à celui de l'effluent de l'usine au sulfate (0,98 à 1,76). De même, on retrouve des charges importantes en fer, aluminium, vanadium et chrome. Ces rejets de métaux dépassent largement les objectifs environnementaux de rejets pour les substances toxiques à l'effluent (Gillespie et Mallette, 1992). Ces auteurs n'indiquent pas spécifiquement de charges jugées tolérables pour l'effluent final de l'usine, mais ils mentionnent des charges tolérables pour les deux effluents de procédés (effluent au sulfate et effluent au chlore). Nous pouvons donc calculer la somme de ces deux charges et évaluer le coefficient de dépassement en métaux de l'effluent final.

On a ainsi mesuré dans cet effluent, selon la journée d'échantillonnage et pour un débit variant de 41100 à 45700 m³/j, des charges en fer de 3161 à 10532 kg/j, en aluminium de 340 à 1080 kg/j, en vanadium de 90 à 290 kg/j et en chrome de 32 à 99 kg/j (voir ANNEXE II). Ce qui donne des coefficients de dépassement des objectifs environnementaux de 49 à 163 pour le fer, de 14 à 44 pour l'aluminium, de 23 à 74 pour le vanadium et de 57 à 177 pour le chrome. Les coefficients de dépassement de l'effluent final sont légèrement moins élevés que ceux de l'effluent au sulfate, car

l'effluent de l'autre procédé (chlore) rencontre très aisément ses objectifs de rejets. Par conséquent, les eaux de ce procédé permettent de diminuer les dépassements totaux de l'effluent final.

En conclusion générale:

- Pour chaque journée d'échantillonnage, l'effluent de l'usine au sulfate ainsi que l'effluent final de l'usine KRONOS CANADA INC. (Varennnes) présentent une très forte toxicité à court et à long terme envers tous les organismes utilisés dans cette évaluation écotoxicologique.

- La toxicité de ces deux effluents entraîne la mortalité, affecte plusieurs fonctions physiologiques essentielles pour la survie et le maintien des organismes (e.g. croissance, reproduction) et produit des lésions au niveau du matériel génétique.

- Les deux effluents ont occasionné une mortalité très rapide chez toutes les truites exposées aux échantillons non-dilués.

- La toxicité se manifeste à tous les paliers du réseau trophique aquatique (décomposeurs, producteurs primaires, consommateurs primaires et secondaires) visés par cette évaluation.

- L'intensité très forte des réponses toxiques négatives démontre une toxicité nettement supérieure à celle mesurée dans les effluents finaux de nombreuses autres industries appartenant au même secteur industriel ou à d'autres secteurs (e.g. pâtes et papiers, textiles, mines, chimie organique, etc.).

- La majeure partie de la toxicité provient de l'effluent de l'usine au sulfate.

- Les charges de plusieurs substances chimiques dépassent largement les objectifs environnementaux de rejets émis pour la protection de la vie aquatique d'eau douce.

Somme toute, après l'évaluation écotoxicologique faisant l'objet du présent rapport, il est évident que les échantillons #915 (jour 1), #919 (jour 2), #923 (jour 3), #927 (jour 4) et #931 (jour 5), représentant les rejets quotidiens dans le St-Laurent par l'usine au sulfate du complexe KRONOS CANADA INC, sont hautement nocifs pour les poissons au sens de l'article 36.(3) de la *Loi sur les pêches* et contribuent à la majeure partie de la toxicité de l'effluent final rejeté au St-Laurent par KRONOS CANADA INC.

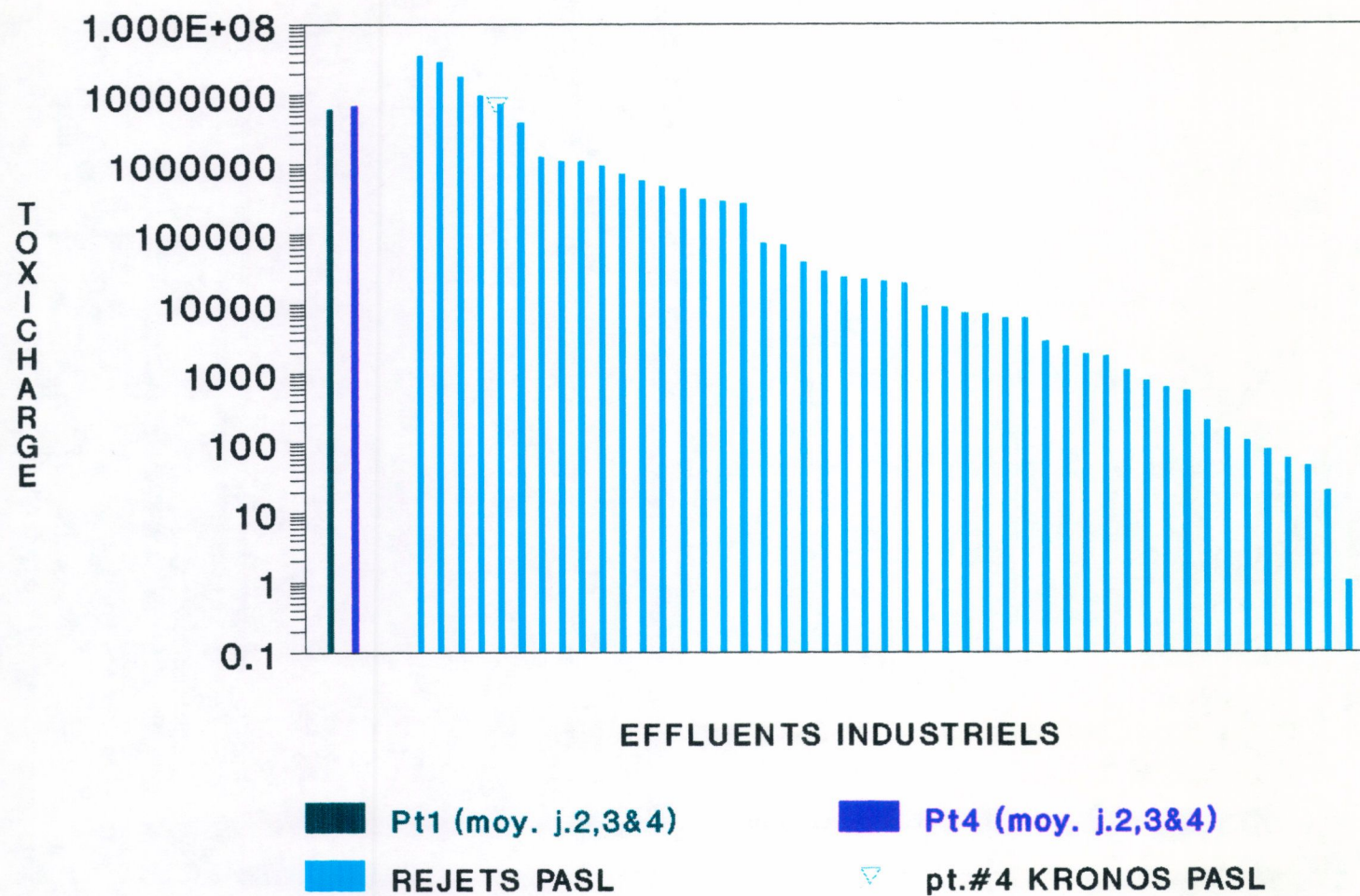


Figure 3. Ampleur relative de la toxicité des rejets de KRONOS exprimée en TOXICHARGE (Unités Toxiques X Débit de l'effluent en m cubes/h)

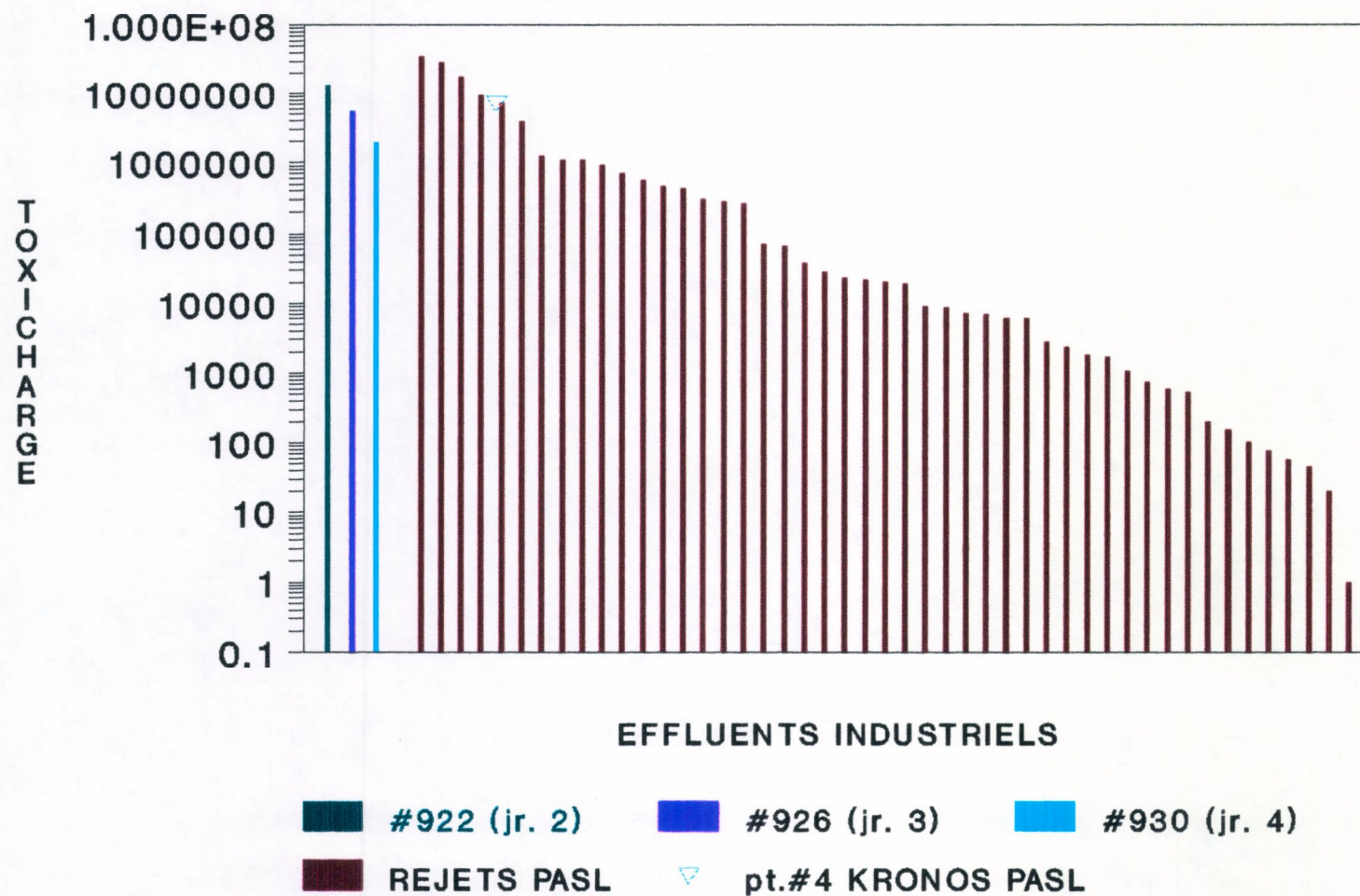


Figure 4. Ampleur relative de la toxicité du pt. #4 de KRONOS exprimée en TOXICHARGE (Unités Toxiques X Débit de l'effluent en m cubes/h)

RÉFÉRENCES

- APHA (American Public association), AWWA (American Water Works Association) et WPCF (Water Pollution Control Federation). 1985. *Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th ed.* APHA (ed.), Washington, D.C., USA.
- Blaise, C. 1986. *Micromethod for acute aquatic toxicity assessment using the green alga Selenastrum capricornutum*. Toxicity Assessment 1: 377-385.
- Costan, G., N.Bermingham, C. Blaise, and J.F. Férard. 1993. *Potential ecotoxic effects probe (PEEP) : a novel index to asses and compare the toxic potential of industrial effluents*. Environ. Toxicol. Water Qual. 8 (1) : sous presse.
- Environnement Canada. 1987. *Vie aquatique d'eau douce*. Pages 3-1 à 3-59 in: *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*. Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, Ottawa.
- Environnement Canada. 1989. *Approche intégrée pour l'évaluation écotoxicologique des rejets industriels*. Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent, Région du Québec. 17 p.
- Environnement Canada. 1990a. *Méthode d'essai biologique : essai de létalité aiguë sur la truite arc-en-ciel*. Série de la protection de l'environnement. Conservation et protection. Environnement Canada. Rapport SPE 1/RM/9.
- Environnement Canada. 1990b. *Méthodologie d'évaluation écotoxicologique des effluents développée au centre Saint-Laurent (1980-1990)*. Rapport scientifique, Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Région du Québec. 186 pages + annexes.
- Environnement Canada. 1991. *Biological test method: Toxicity test using luminescent bacteria*. Environmental Protection, Conservation and Protection, Environment Canada (sous presse).
- Environnement Canada. 1992a. *Méthode d'essai biologique : essai de reproduction et de survie sur le cladocère Ceriodaphnia dubia*. Série de la protection de l'environnement. Conservation et protection. Environnement Canada. Rapport SPE 1/RM/21.
- Environnement Canada. 1992b. *Méthode d'essai biologique : essai de croissance et de survie sur des larves de tête-de-boule*. Série de la protection de l'environnement. Conservation et protection. Environnement Canada. Rapport SPE 1/RM/22.
- Environnement Canada. 1992c. *SOS Chromotest®- Protocole pour échantillons aqueux*. Environnement Canada, Centre St-Laurent.

- Environnement Canada. 1992d. *Growth Inhibition Test Using the Freshwater alga Selenastrum capricornutum*. Environmental Protection Series : Biological test methods. Environmental protection Conservation and Protection, Environment Canada. Report EPS Janvier 1992.
- Gillespie et Mallette 1992. *Objectifs environnementaux de rejet pour KRONOS CANADA INC., Varennes*. Équipe d'Intervention St-Laurent. Plan d'Action Saint-Laurent, 10p.
- Quillardet, P., O. Huisman, R. D'Ari et M. Hofnung. 1982. *SOS Chromotest, a direct assay of induction of an SOS function in Escherichia coli K-12 to measure genotoxicity*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 79: 5971-5975.
- Sprague, J.B. et B.A. Ramsay. 1965. *Lethal levels of mixed copper-zinc solutions for juvenile salmon*. J. Fish. Res. Board Can. 22: 425-432.
- U.S.EPA (Environmental Protection Agency). 1986. *Test Methods for Evaluating Solid Wastes-Physical and Chemical Methods*.
- Vezeau, R. 1982. *Protocoles d'échantillonnage, de préservation et de préparation des échantillons pour les analyses des polluants prioritaires*. Conservation et Protection, Région du Québec, 35 pp.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Second Edition. Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, NJ, 718 p.

ANNEXE I

Analyse de variance à deux facteurs sur le temps de survie (TL100) de truites arc-en-ciel exposées aux deux effluents de l'usine KRONOS CANADA INC. $p < 0,001$ = très hautement significatif.

Source	df	Sum of Squares	Mean square	F-Value	P- value	Error
Eaux	3	30759360	10253120	2,3 E20	,0001	Residual
Jour	4	18	4,5	9,9 E13	,0001	Residual
Eaux X Jour	12	18	18,0	3,3 E13	,0001	Residual
Residual	40	1,820 E-12	4,549 E-14			

ANNEXE II

SOMMAIRE DES ANALYSES CHIMIQUES

RÉSULTATS D'ANALYSES - RELEVÉ LÉGAL KRONOS

EFFLUENT DE L'USINE DE SULFATE

(POINT # 1)

PARAMETRES	JOUR 1 (#915)	JOUR 2 (#919)	JOUR 3 (#923)	JOUR 4 (#927)	JOUR 5 (#931)	PRECISION
pH	1.22	0.94	1.00	1.08	0.98	+/- 1.0 %
CONDUCTIVITÉ uS/cm	25055	44896	37052	35084	42234	+/- 0.3 %
DURETÉ tot. mg CaCO ₃ /L	1374	2647	2102	2059	2530	+/- 9.4 %
ACIDITÉ tot. mg CaCO ₃ /L	5789	11947	9641	9052	11154	+/- 0.8 %
ACIDITÉ lib. mg CaCO ₃ /L	5427	11110	9019	8444	10325	+/- 0.7
SOLIDES TOTAUX mg/L	8820	16755	12560	12117	15047	+/- 1.5 %
MES mg/L	257	518	222	81.0	207	+/- 12.6 %
SOLIDES DISSOUS mg/L	8563	16237	12338	12036	14840	+/- 1.7 %
NH ₃ mg/L	0.28	0.34	0.34	0.50	0.47	+/- 7.6 %
D.C.O. mg/L	71.7	125	113	86.3	125	+/- 12.7 %
Hg mg/L	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	N.C.
Al tot. mg/L	31.8	72.4	53.6	54.1	65.7	+/- 11.8 %
Al dis. mg/L	33.8	73.0	54.5	53.9	67.2	+/- 4.7 %
As tot. mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	N.C.
As dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cd tot. mg/L	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	N.C.
Cd dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr tot. mg/L	2.75	5.93	4.70	4.40	5.54	+/- 9.1 %
Cr dis. mg/L	2.97	6.52	5.10	4.98	6.01	+/- 7.8 %
Cu tot. mg/L	< 0.008	0.031	0.011	0.010	< 0.008	+/- 18.6 %
Cu dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ni tot. mg/L	0.067	0.129	0.088	0.092	0.137	+/- 23.7 %
Ni dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Fe tot. mg/L	281	602	485	468	600	+/- 9.8 %
Fe dis. mg/L	308	652	506	494	660	+/- 6.4 %
Mn tot. mg/L	6.51	14.9	11.3	11.0	14.0	+/- 10.1 %
Mn dis. mg/L	7.60	16.5	12.9	12.8	15.6	+/- 4.5 %
Pb tot. mg/L	0.044	0.035	0.055	0.031	0.025	+/- 54.2 %
Pb dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ti tot. mg/L	29.2	82.3	57.3	51.2	98.1	+/- 12.3 %
Ti dis. mg/L	30.3	91.0	61.2	56.2	111	+/- 6.6 %
V tot. mg/L	7.32	16.8	13.0	12.3	15.8	+/- 8.0 %
V dis. mg/L	8.62	19.2	14.6	14.3	17.4	+/- 8.4 %
Zn tot. mg/L	0.096	0.204	0.142	0.165	0.186	+/- 13.8 %
Zn dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: Non Déterminé

N.C. Non calculable étant donné que l'ensemble des résultats est inférieur à la limite de détection méthodologique

RÉSULTATS D'ANALYSES - RELEVÉ LÉGAL KRONOS

EAUX BRUTES

(POINT #2)

PARAMETRES	JOUR 1 (#916)	JOUR 2 (#920)	JOUR 3 (#924)	JOUR 4 (#928)	JOUR 5 (#932)	PRECISION
pH	8.25	8.25	8.21	8.15	8.17	+/- 1.0 %
CONDUCTIVITÉ uS/cm	305.5	288.5	291.1	284.3	282.9	+/- 4.0 %
DURETÉ tot. mg CaCO ₃ /L	123.4	121.6	123.2	123.9	116.8	+/- 3.8 %
ACIDITÉ tot. mg CaCO ₃ /L	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	N.C.
ACIDITÉ lib. mg CaCO ₃ /L	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	N.C.
SOLIDES TOTAUX mg/L	196.7	169.0	177.0	182.0	183.7	+/- 6.2 %
MES mg/L	4.8	5.0	5.3	4.8	5.4	+/- 17.4 %
SOLIDES DISSOUS mg/L	191.9	164.0	171.7	177.2	178.3	+/- 6.3 %
NH ₃ mg/L	< 0.08	< 0.08	< 0.08	0.11	0.12	+/- 22.8 %
D.C.O. mg/L	9.3	10.6	8.0	8.0	9.3	+/- 50.9 %
Hg mg/L	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	N.C.
Al tot. mg/L	0.281	0.077	0.135	0.216	0.179	+/- 88.4 %
Al dis. mg/L	< 0.030	0.082	0.185	< 0.030	< 0.030	+/- 128 %
As tot. mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	N.C.
As dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cd tot. mg/L	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	N.C.
Cd dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr tot. mg/L	< 0.030	< 0.030	< 0.030	< 0.030	< 0.030	N.C.
Cr dis. mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	N.C.
Cu tot. mg/L	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	N.C.
Cu dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ni tot. mg/L	< 0.035	< 0.035	< 0.035	< 0.035	< 0.035	N.C.
Ni dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Fe tot. mg/L	0.234	0.151	0.326	0.211	0.255	+/- 37.2 %
Fe dis. mg/L	0.039	0.190	0.177	0.068	0.076	+/- 147 %
Mn tot. mg/L	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	N.C.
Mn dis. mg/L	< 0.010	0.011	0.025	0.011	< 0.010	+/- 91.9 %
Pb tot. mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	N.C.
Pb dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ti tot. mg/L	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	N.C.
Ti dis. mg/L	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	N.C.
V tot. mg/L	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	N.C.
V dis. mg/L	0.005	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	N.C.
Zn tot. mg/L	0.012	< 0.010	0.016	< 0.010	< 0.010	+/- 83.1 %
Zn dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: Non Déterminé

N.C.: Non calculable étant donné que l'ensemble des résultats est inférieur à la limite de détection méthodologique

RÉSULTATS D'ANALYSES - RELEVÉ LÉGAL KRONOS

EFFLUENT FINAL: USINE DE SO₄ + USINE DE Cl

(POINT #4)

PARAMETRES	JOUR 1 (#918)	JOUR 2 (#922)	JOUR 3 (#926)	JOUR 4 (#930)	JOUR 5 (#934)	PRECISION
pH	1.76	1.40	1.42	1.51	0.98	+/- 1.0 %
CONDUCTIVITÉ uS/cm	8460	16661	15673	13022	18295	+/- 0.5 %
DURETÉ tot. mg CaCO ₃ /L	929.6	1422	1451	1229	1641	+/- 6.0 %
ACIDITÉ tot. mg CaCO ₃ /L	1361	3519	3178	2553	3880	+/- 0.8 %
ACIDITÉ lib. mg CaCO ₃ /L	1313	3248	2960	2319	3584	+/- 0.5 %
SOLIDES TOTAUX mg/L	2476	5142	4357	3745	5637	+/- 3.5 %
MES mg/L	89.6	76.6	62.7	37.1	65.1	+/- 21.6 %
SOLIDES DISSOUS mg/L	2386	5065	4294	3708	5572	+/- 3.6 %
NH ₃ mg/L	0.11	0.18	0.17	0.28	0.32	+/- 10.4 %
D.C.O. mg/L	37.2	50.5	47.8	39.8	62.4	+/- 10.7 %
Hg mg/L	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	N.C.
Al tot. mg/L	8.34	21.8	18.4	14.9	24.8	+/- 6.0 %
Al dis. mg/L	7.98	22.2	18.8	15.4	23.9	+/- 3.1 %
As tot. mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	N.C.
As dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cd tot. mg/L	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	< 0.009	N.C.
Cd dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr tot. mg/L	0.682	1.83	1.63	1.28	2.13	+/- 4.8 %
Cr dis. mg/L	0.753	2.02	1.76	1.45	2.18	+/- 7.0 %
Cu tot. mg/L	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	N.C.
Cu dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ni tot. mg/L	< 0.035	0.040	0.043	< 0.035	0.047	+/- 29.6 %
Ni dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Fe tot. mg/L	68.5	189	164	129	225	+/- 4.7 %
Fe dis. mg/L	74.2	198	174	141	233	+/- 7.1 %
Mn tot. mg/L	1.75	4.88	4.06	3.30	5.66	+/- 7.9 %
Mn dis. mg/L	1.96	5.24	4.38	3.60	5.61	+/- 6.7 %
Pb tot. mg/L	0.026	< 0.020	0.022	< 0.020	< 0.020	+/- 15.0 %
Pb dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ti tot. mg/L	10.5	25.7	20.6	15.9	37.5	+/- 5.7 %
Ti dis. mg/L	5.61	26.4	20.8	15.5	38.6	+/- 6.7 %
V tot. mg/L	1.83	5.19	4.58	3.59	6.12	+/- 5.7 %
V dis. mg/L	2.12	5.77	4.89	4.04	6.42	+/- 5.2 %
Zn tot. mg/L	0.029	0.064	0.051	0.050	0.073	+/- 10.7 %
Zn dis. mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: Non Déterminé

N.C.: Non calculable étant donné que l'ensemble des résultats est inférieur à la limite de détection méthodologique

