

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC**

**Institut national de la recherche scientifique**

COUILLARD, Denis  
CHARTIER, Myriam  
MERCIER, Guy

Rapport scientifique No. 365

Présenté au  
Centre Saint-Laurent

**Développement d'un procédé pour  
l'enlèvement des métaux dans les  
sédiments: revue de la documentation  
et étude des facteurs affectant la  
solubilisation des métaux**

**--- TOME I ---**

Université du Québec (INRS-Eau)  
2700, rue Einstein  
C.P. 7500  
Sainte-Foy, Québec  
G1V 4C7

Décembre 1992



## RÉSUMÉ

Dans ce premier rapport sur le développement d'un procédé de décontamination des sédiments, différentes combinaisons de traitement de solubilisation des métaux (biologique, chimique et biologique suivi d'un traitement chimique), ont été appliqués, lors d'essai en cuvée, sur des sédiments contaminés en métaux provenant de divers endroits dans le fleuve St-Laurent.

Ces essais ont montré la présence d'une souche indigène de thiobacilles dans les sédiments, qui pouvait se développer avec ajout de substrat (le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  et/ou le  $\text{FeCl}_2$ ). De plus il a été démontré que la quantité de substrat ajouté lors des essais de solubilisation biologique (soit 5, 10, 20 et 30% (p/p) de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ou 1% et 2% de Fe dans  $\text{FeCl}_2$ ), n'affectait pas le rendement de solubilisation des métaux. L'ajout de 20% d'inoculum (v/v) pour les essais de solubilisation semble suffisant pour assurer une solubilisation adéquate des métaux. Aucun ajout d'azote ou de phosphore ne sont requis pour augmenter le rendement de solubilisation des métaux.

L'augmentation du pourcentage de solides totaux au-dessus de 10% diminue les rendements de solubilisation des métaux; 3% de solides totaux a donc été choisi comme pourcentage de solides totaux optimal. La température à laquelle se déroule les essais de solubilisation biologique affecte le rendement bactérien (pH et POR) et le degré d'extraction de certains métaux (dont le Cu par exemple). A une température plus élevée, 21°C par rapport à 6°C, la solubilisation du Cu est plus grande, soit 77% comparé à 20%

après 48 heures. Dans le cas d'un procédé de solubilisation chimique, la température à laquelle se déroule le procédé n'affecte pas la solubilisation des métaux. La décantation amène une hausse de 5% dans l'enlèvement des métaux. Dans la solubilisation chimique, l'ajout de  $\text{FeCl}_3$  suivi d'une acidification avec  $\text{HCl}$  donne les meilleurs rendements du point de vue coût et enlèvement des métaux totaux. Dans les essais, une trop grande concentration d'ions sulfates en solution défavorise la solubilité du  $\text{Pb}$ .

# TABLE DES MATIÈRES

	<u>Pages</u>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1-REVUE DE LA DOCUMENTATION.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Problématique.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Répartition des métaux traces dans les sédiments.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Relation entre les métaux traces dans les sédiments et les         organismes vivants.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Mesure de la biodisponibilité des métaux traces.....</b>	<b>12</b>
1.4.1 Les tests d'élutriation.....	15
1.4.2 Les bioessais.....	17
1.4.3 Extraction sélective et modèle.....	18
<b>1.5 Procédé d'enlèvement des métaux lourds.....</b>	<b>20</b>
1.5.1 Procédé de solubilisation biologique des métaux lourds.....	20
1.5.1.1 Théorie.....	20
1.5.1.2 Applicabilité du procédé de solubilisation biologique des métaux aux boues d'épuration.....	23
1.5.1.2a Premières études sur la décontamination des boues d'épuration des eaux usées en cuvée....	23
1.5.1.2b Décontamination des boues anaérobies d'épuration des eaux usées.....	24
1.5.1.2c Décontamination des boues aérobies d'épuration des eaux usées.....	25
1.5.1.2d Mode de séparation solide-liquide suite à l'application du procédé de solubilisation biologique des métaux dans les boues d'épuration.....	27
1.5.1.2e Devenir de l'azote et du phosphore suite à l'application du procédé de solubilisation biologique des métaux dans les boues d'épuration.....	28
1.5.1.2f Coût d'application du procédé de solubilisation des métaux dans les boues d'épuration.....	29
1.5.1.3 Procédé de solubilisation chimique des métaux dans les boues résiduaire, sédiments et les cendres.....	29
<b>Chapitre 2-MATÉRIEL ET MÉTHODES.....</b>	<b>33</b>

<b>2.1 Objectifs.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2 Matériel.....</b>	<b>35</b>
2.2.1 Sédiments utilisés.....	35
2.2.2 Substrats utilisés.....	40
2.2.3 Souche bactérienne utilisée.....	40
2.2.3a Souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ après acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	42
2.2.3b Souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ après acidification des sédiments avec $\text{HCl}$ .....	42
2.2.3c Souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ après acidification des sédiments avec $\text{HCl}$ .....	43
2.2.3d Souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ après acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	43
2.2.4 Montages expérimentaux.....	43
2.2.4.1 Essais pour déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation biologique des métaux.....	45
2.2.4.1.1 Souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	46
2.2.4.1.1i Acidification avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	46
2.2.4.1.1i-a Présence de souche indigène et effet du $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sur la solubilisation biologique des métaux.....	46
2.2.4.1.1i-b Effet du pH de départ.....	46
2.2.4.1.1i-c Effet du pourcentage d'inoculum.....	47
2.2.4.1.1i-d Effet de la quantité de substrat.....	47
2.2.4.1.1i-e Effet de l'ajout d'azote.....	48
2.2.4.1.1i-f Effet de l'ajout de phosphore.....	48
2.2.4.1.1i-g Effet du pourcentage de solides totaux.....	49
2.2.4.1.1i-h Effet de la température.....	49
2.2.4.1.1i-i Effet de la décantation et de l'acidification après 48 heures de traitement.....	50
2.2.4.1.1ii Acidification avec $\text{HCl}$ .....	50
2.2.4.1.2 Souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ .....	51
2.2.4.1.2.1 Effet du $\text{FeCl}_2$ sur la solubilisation biologique des métaux.....	51
2.2.4.1.2.2i Acidification avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	51
2.2.4.1.2.2i-a Effet de la concentration de Fe.....	51
2.2.4.1.2.2i-b Effet du pourcentage de solides totaux (1 et 2% Fe).....	52
2.2.4.1.2.2ii Acidification avec $\text{HCl}$ .....	52

2.2.4.1.2.2ii-a	Effet du pH de départ (1 et 2% Fe).....	52
2.2.4.1.2.2ii-b	Effet de la température.....	52
2.2.4.1.2.2ii-c	Effet du pourcentage de solides totaux.....	53
2.2.4.2	Essais pour déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation chimique des métaux.....	53
2.2.4.2.1	Solubilisation chimique des métaux avec FeCl <sub>3</sub> .....	53
2.2.4.2.2	Solubilisation chimique des métaux avec HCl.....	54
2.2.4.2.3	Solubilisation chimique des métaux avec HCl et FeCl <sub>3</sub> .....	54
2.2.4.2.3a	Effet du pH.....	54
2.2.4.2.3b	Effet de la concentration du FeCl <sub>3</sub> .....	54
2.2.4.2.3c	Effet de la décantation et de l'acidification après 24 heures.....	55
2.2.4.2.3d	Effet de la température à différents pH.....	55
2.2.4.2.3e	Effet du pourcentage de solides totaux.....	55
2.3	<b>Mesures et échantillonnages.....</b>	56
2.3.1	Potentiel d'oxydo-réduction (POR) et pH.....	56
2.3.2	Analyse des métaux, du P, S et C.....	56
2.3.3	Analyse des solides totaux, volatils et inertes dans les sédiments.....	57
2.3.4	Détermination du carbone total, de l'azote total et du soufre total contenus dans les sédiments.....	57
2.3.5	Détermination de la granulométrie des sédiments.....	57
<b>Chapitre 3-ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS; étude des     facteurs affectant la solubilisation des métaux.....</b>		59
3.1	<b>Procédé de solubilisation par voie biologique.....</b>	61
3.1.1	Etude de l'influence des facteurs affectant la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments avec une souche acclimatée au FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O.....	62

3.1.1.1	Acidification avec $H_2SO_4$ .....	62
3.1.1.1a	Souche indigène et effet du $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ sur la solubilisation.....	62
3.1.1.1b	Effet du pH de départ.....	66
3.1.1.1c	Effet du pourcentage d'inoculum.....	68
3.1.1.1d	Effet de la quantité de substrat.....	72
3.1.1.1e	Effet de l'ajout de l'azote.....	75
3.1.1.1f	Effet de l'ajout du phosphore.....	78
3.1.1.1g	Effet du pourcentage de solides totaux.....	81
3.1.1.1h	Effet de la température.....	84
3.1.1.1i	Effet de la décantation et acidification avec HCl après 48 heures de traitement.....	88
3.1.1.2	Acidification des sédiments au départ avec HCl (pH=2).....	90
3.1.2	Etude de l'influence des facteurs affectant la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ .....	93
3.1.2.1	Acidification des sédiments au départ avec $H_2SO_4$ ....	93
3.1.2.1a	Effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation.....	94
3.1.2.1b	Effet de la concentration de Fe.....	98
3.1.2.1c	Effet du pourcentage de solides totaux.....	98
3.1.2.2	Acidification des sédiments au départ avec HCl.....	107
3.1.2.2a	Effet du pH de départ.....	107
3.1.2.2b	Effet de la température.....	109
3.1.2.2c	Effet de la concentration de solides totaux.....	113
3.1.3	L'enlèvement des métaux par voie de solubilisation biologique des métaux; Résumé et recommandations.....	117
3.1.3.1	Résumé des essais.....	118
3.1.3.2	La solubilisation des métaux et de P, S et C.....	122
3.1.3.2a	Le cas Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, S, C.....	122
3.1.3.2b	Le cas du Zn.....	125
3.1.3.2c	Le cas du Pb.....	126
3.1.3.3	Coût et applicabilité.....	134
3.2	<b>Procédé de solubilisation par voie chimique.....</b>	<b>137</b>
3.2.1	Solubilisation chimique des métaux avec du $FeCl_3$ .....	138
3.2.2	Solubilisation chimique des métaux avec HCl.....	140
3.2.3	Solubilisation des métaux avec HCl et $FeCl_3$ .....	142

3.2.3a	Effet du pH.....	143
3.2.3b	Effet de la concentration de $\text{FeCl}_3$ .....	145
3.2.3c	Effet de la décantation et acidification après 24 heures.....	147
3.2.3d	Effet de la température à différent pH de départ....	149
3.2.3e	Effet de la concentration de solides totaux.....	151
3.2.4	L'enlèvement des métaux par voie de solubilisation chimique; Résumé et recommandations.....	153
3.2.4.1	Resumé des essais.....	154
3.2.4.2	La solubilisation des métaux et de P, S et C.....	155
3.2.4.2a	Le cas de Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn Ni, P, S et C.....	155
3.2.4.3	Coût et applicabilité.....	158
<b>Chapitre 4-CONCLUSION.....</b>		<b>161</b>
<b>REFERENCES.....</b>		<b>165</b>
<b>ANNEXES.....</b>		<b>191</b>

## LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
Figure 1.1 Mécanisme indirect de solubilisation biologique des métaux.....	22
Figure 2.1 Essais pour déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation biologique des métaux (séd. #12).....	36
Figure 2.2 Essais pour déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation chimique des métaux (séd. #12).....	37
Figure 2.3 Schéma expérimental suivi.....	44
Figure 3.1 POR et pH lors de la vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet du substrat, le $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , sur la solubilisation des métaux (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	63
Figure 3.2 Solubilisation biologique du Zn et du Pb lors de la vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet du substrat, le $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	64
Figure 3.3 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , lors des essais avec différents pourcentages d'inoculum (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	69
Figure 3.4 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec différents pourcentages d'inoculum (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	70
Figure 3.5 Solubilisation biologique du Zn et du Pb, lors des essais avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec ajout de différentes quantités de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	73
Figure 3.6 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec ajout de différentes quantités de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	74

Figure 3.7 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec ajout de différentes quantités d'azote ( $\text{mg NH}_4^+ / 10.8 \text{ g séd. sec}$ et acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	77
Figure 3.8 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec ajout de différentes quantités de phosphore ( $\text{mg PO}_4^{3-} / 12 \text{ g séd. sec}$ et acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	80
Figure 3.9 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , pour différentes concentrations en solides totaux (ST) et acidification des sédiments à pH 1.75 avec HCl après 97 heures, sauf pour l'essai à 3% ST (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	82
Figure 3.10 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , pour différentes concentrations en solides totaux (ST) et acidification des sédiments à pH 1.75 avec HCl après 48 heures (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	83
Figure 3.11 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , à différentes températures (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	87
Figure 3.12 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , pour les essais avec décantation et acidification après 46 heures et pour les essais avec une simple acidification (acidification des sédiments au départ avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	89
Figure 3.13 POR, pH et solubilisation biologique du Zn, Cu et Pb dans les essais avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ et acidification initiale des sédiments, à pH=2, avec HCl.....	91
Figure 3.14 POR et pH lors de la vérification de l'effet du $\text{FeCl}_2$ sur la solubilisation biologique (acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).....	95
Figure 3.15 Solubilisation du Zn et du Pb lors de la vérification de l'effet du $\text{FeCl}_2$	

sur la solubilisation biologique (acidification des sédiments avec $H_2SO_4$ ).....	96
Figure 3.16 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ , lors des essais avec différentes quantités de $FeCl_2$ (acidification des sédiments avec $H_2SO_4$ ).....	99
Figure 3.17 POR, pH et solubilisation du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ , lors des essais avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec $H_2SO_4$ et ajout de 1% Fe avec $FeCl_2$ ).....	101
Figure 3.18 POR et pH avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ , lors des essais avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec $H_2SO_4$ et ajout de 2% Fe avec $FeCl_2$ )....	102
Figure 3.19 Solubilisation du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ , lors des essais avec différents teneurs de solides totaux (acidification des sédiments avec $H_2SO_4$ et ajout de 2% Fe dans $FeCl_2$ ).....	103
Figure 3.20 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ , à différentes températures (acidification des sédiments avec HCl).....	111
Figure 3.21 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ , avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec HCl).....	114
Figure 3.22 Solubilisation biologique du Zn et du Pb lors des essais avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ , avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec HCl).....	115
Figure 3.23 POR et pH moyens observés lors des différents essais de solubilisation biologique étudiés.....	120
Figure 3.24 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec $FeCl_3$ lors des essais à différents pH.....	139
Figure 3.25 Solubilisation chimique du Zn, du Pb et du Cu avec HCl lors des essais à différents pH de départ.....	141

Figure 3.26 Solubilisation chimique du Zn et du Pb  
avec  $\text{FeCl}_3$  (0.08 mL  $\text{FeCl}_3$ /g sédiment sec) et  
HCl lors des essais à différents pH.....144

Figure 3.27 Solubilisation chimique du Zn et du Pb  
avec  $\text{FeCl}_3$  (0.08 mL  $\text{FeCl}_3$ /g sédiment sec) et HCl,  
lors des essais visant à vérifier l'effet de la  
décantation (déc.) et acidification (acid.)  
après 23 heures.....148

## LISTE DES TABLEAUX

### Pages

Tableau 1.1 Teneur en métaux retrouvée dans différents sédiments contaminés.....	8
Tableau 1.2 Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du fleuve St-Laurent.....	14
Tableau 2.1 Provenances, date des prélèvements et pH des différents sédiments.....	39
Tableau 2.2. Caractéristiques des différents sédiments utilisés pour les essais d'enlèvement des métaux.....	39
Tableau 2.3 Teneur en métaux des divers substrats utilisés.....	41
Tableau 3.1 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée (séd.#12, souche acclimatée au sulfate ferreux).....	67
Tableau 3.2 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée selon différentes quantités d'azote (séd.#12, souche acclimatée au sulfate ferreux).....	76
Tableau 3.3 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée selon différentes quantités de phosphore (séd.#12, souche acclimatée au sulfate ferreux).....	79
Tableau 3.4 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée à différentes températures (séd.#12, souche acclimatée au sulfate ferreux).....	85
Tableau 3.5 Effet du pH de départ sur le procédé de solubilisation des métaux dans les sédiments du canal Lachine à partir d'une souche acclimatée au chlorure ferreux.....	108

Tableau 3.6 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée à différentes températures (séd.#12, souche acclimatée au chlorure ferreux et acidification avec HCl).....	110
Tableau 3.7 Concentration de Pb soluble calculée pour les essais avec de hautes teneurs en soufre ( $H_2SO_4+FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ).....	129
Tableau 3.8 Concentration de Pb soluble calculée pour les essais avec de faibles teneurs en soufre et en chlorure ( $H_2SO_4+FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ).....	129
Tableau 3.9 Concentration de Pb soluble calculée avec les constantes de solubilité pour les essais avec de faibles teneurs en soufre et hautes teneurs en chlorure ( $H_2SO_4+ FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ).....	130
Tableau 3.10 Coûts approximatifs en produits chimiques, avantages et désavantages des diverses options expérimentées jusqu'à présent.....	136
Tableau 3.11 Effet de la concentration du chlorure ferrique sur la solubilisation chimique (acidification avec HCl).....	146
Tableau 3.12 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation chimique des métaux en cuvée à différentes températures et divers pH (acidifiés avec HCl et chlorure ferreux).....	150
Tableau 3.13 Effet de différentes teneurs en solides totaux sur la solubilisation chimique avec $FeCl_3$ (0.08 mL/g sédiment sec) et HCl, du Zn et du Pb.....	152
Tableau 3.14 Coûts approximatifs en produits chimiques, avantages et désavantages des diverses options expérimentées pour la solubilisation chimique.....	160

## LISTE DES ANNEXES

	Page
Légende .....	193
Annexe 1b) pH ET POR lors de l'acclimatation des différentes souches bactériennes (I à XI) .....	195
Annexe 1c) Vérification de l'effet de deux <b>types de brassage</b> : un brassage latéral seulement (inc.#1) et un brassage circulaire (inc.#2) sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd.#12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ....	206
Annexe 2 Vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet du $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) .....	209
Annexe 3 Effet du <b>pH de départ</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) .....	215
Annexe 4 Effet du <b>pourcentage d'inoculum (v/v) ajouté</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) .....	221
Annexe 5 Effet de l' <b>influence de la quantité de substrat</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) .....	227
Annexe 6 Effet de l' <b>ajout des différentes quantités d'azote</b> ( $\text{mg NH}_4/10.5\text{g séd sec}$ ) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) .....	233
Annexe 7 Effet de l' <b>ajout des différentes quantités de phosphore</b> ( $\text{mg PO}_4^{-3}/12\text{ g sédsec}$ ) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) .....	239
Annexe 8a) Effet du <b>pourcentage de solides totaux</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (acidification après 97 heures, séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) .....	345

## LISTE DES ANNEXES

	Page
Annexe 8b)	Effet du <b>pourcentage de solides totaux (ST)</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine avec (acidification à pH=1.75 après 48 heures) (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ..... 251
Annexe 9	Effet de la <b>température</b> sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ..... 254
Annexe 10	Effet de la <b>décantation et acidification et seulement de l'acidification</b> après 48 heures sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ..... 260
Annexe 11	Solubilisation biologique des métaux à <b>pH=2 avec acidification au HCl</b> (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ..... 263
Annexe 12	Effet du <b><math>\text{FeCl}_2</math></b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine avec une acidification avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ ) ..... 266
Annexe 13	Effet de la <b>concentration de Fe</b> sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine avec une acidification avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ ) ..... 269
Annexe 14	Effet du <b>% de solides totaux</b> sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, avec <b>1% de Fe (<math>\text{FeCl}_2</math>)</b> ajouté comme substrat (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ , acid. $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ..... 272
Annexe 15	Effet du <b>pourcentage de solides totaux</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, avec <b>2% Fe (<math>\text{FeCl}_2</math>)</b> ajouté comme substrat (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ acid. $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ..... 275
Annexe 16a)	Effet du <b>pH de départ</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, avec 1% Fe ( $\text{FeCl}_2$ comme substrat, séd.#12 et souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ acid, HCl) ..... 278

**LISTE DES ANNEXES**

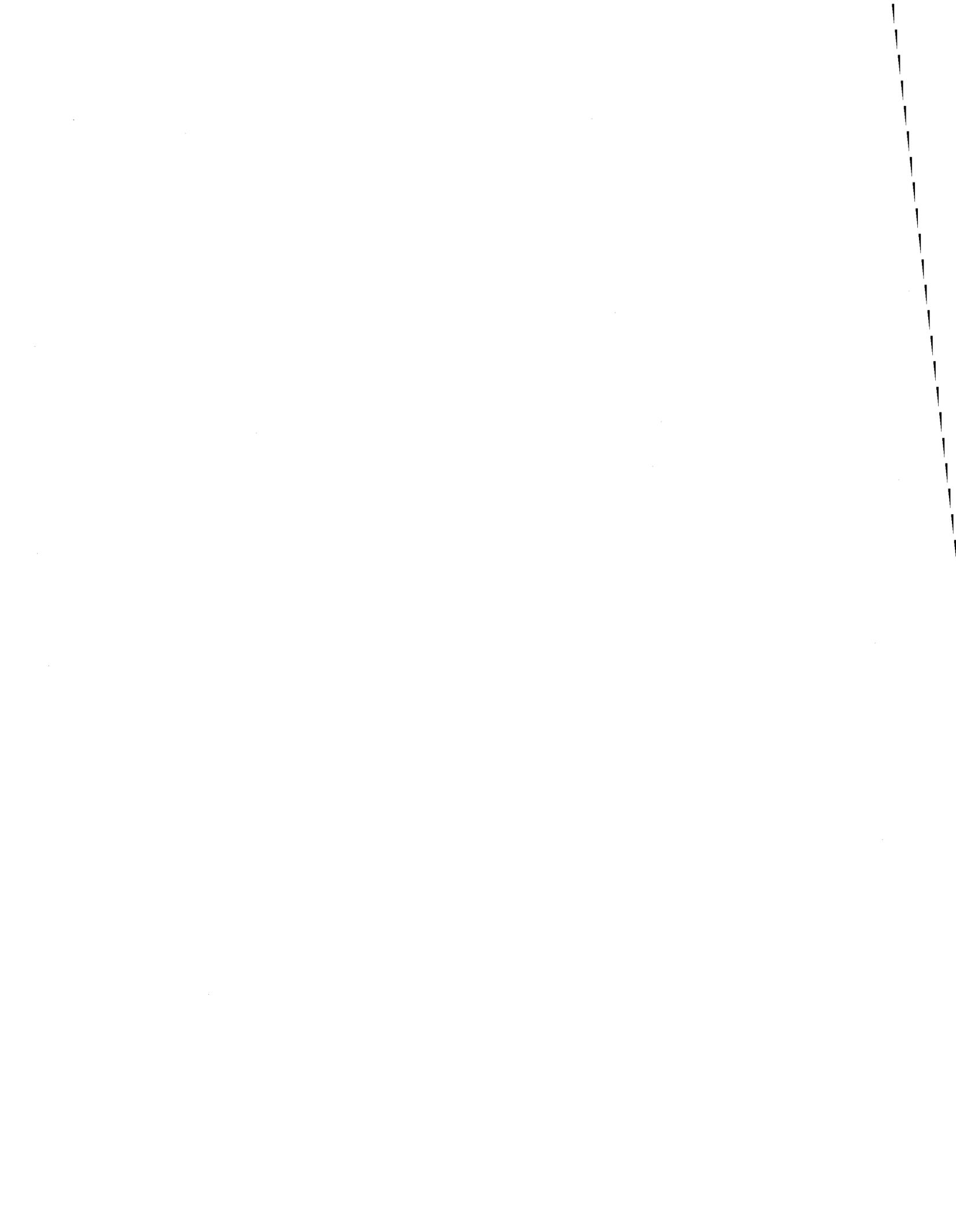
	Page
Annexe 16b)	Effet du <b>pH de départ</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, avec 2% Fe ( $\text{FeCl}_2$ ) comme substrat (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ , acid. HCl) ..... 281
Annexe 17	<b>Effet de la température</b> sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ , acid. HCl) ..... 284
Annexe 18	<b>Effet du % de solides totaux</b> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ , acid. HCl) ..... 287
Annexe 19	<b>Effet du <math>\text{FeCl}_3</math></b> sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12) ..... 290
Annexe 20	<b>Effet du HCl</b> sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12) ..... 293
Annexe 21	<b>Effet du pH de départ</b> sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, acidifiés avec HCl et $\text{FeCl}_3$ (mL de $\text{FeCl}_3$ /g séd. sec, séd. #12) ..... 296
Annexe 22	<b>Effet de la concentration du <math>\text{FeCl}_3</math></b> sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, ( mL $\text{FeCl}_3$ /g séd. sec, séd#12 et acid. avec HCl à pH=2 et 1.75) ..... 302
Annexe 23	<b>Effet de la décantation l'acidification</b> après 23 heures sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, acidifiés avec HCl et $\text{FeCl}_3$ (mL $\text{FeCl}_3$ /g séd. sec, séd. #12) ..... 305
Annexe 24	<b>Effet de la température</b> à différents pH sur la solubilisation chimique des sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et $\text{FeCl}_3$ (séd. #12) .. 308
Annexe 25	<b>Effet du pourcentage de solides totaux</b> sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et $\text{FeCl}_3$ (séd.#12,pH=2.0 HCl) ..... 314

## INTRODUCTION

Dans le cadre du développement de technologie nouvelle pour assurer la décontamination des sédiments contaminés du fleuve St-Laurent, l'INRS-Eau subventionné par le Centre St-Laurent et le CRSNG, a travaillé à l'élaboration d'un procédé d'enlèvement des métaux dans les sédiments.

En effet, au cours des dernières années, un procédé d'enlèvement biologique des métaux lourds dans les boues d'épuration a été développé à l'INRS-Eau. Ce procédé est appliqué présentement aux boues aérobies ou anaérobies; ce qui laisse supposer qu'il pourrait être appliqué à la décontamination des sédiments. Différents essais ont été accomplis afin d'appliquer le procédé de décontamination des métaux dans les boues aux sédiments.

Les résultats de ces essais sont analysés et traités dans deux rapports présentés par l'INRS-Eau au Centre St-Laurent. Le premier rapport dont il est question ici, contient une revue de la documentation traitant des différents aspects des métaux dans les sédiments. Cette revue est suivie de la méthodologie ainsi que des résultats d'essais en erlenmeyers, visant à cerner l'influence de différents facteurs sur la solubilisation biologique et chimique des métaux dans les sédiments. Différentes combinaisons de traitement d'enlèvement des métaux ont été faites, en regard du rendement de solubilisation et des coûts d'application. Les résultats traités ici, ont fait entre autre, l'objet d'un mémoire de maîtrise (Chartier, 1992).



## **CHAPITRE 1**

### **REVUE DE LA DOCUMENTATION**



## REVUE DE LA DOCUMENTATION

### 1.1. Problématique

Chaque année, plusieurs tonnes de sédiments doivent être draguées afin d'entretenir les ports et chenaux. Aux États-Unis, ces quantités représentent de 214 à 290 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> par année (Ludwig et al., 1989), de 3 000 à 300 000 m<sup>3</sup> par année sur la côte atlantique canadienne (Leving, 1982) et au-dessus de 10\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> dans les régions des Grands-Lacs (Ankley et al., 1992). Au Québec, la voie maritime du fleuve St-Laurent, ainsi que les zones portuaires entraînent des travaux de dragage fréquents (Rochon, 1985). Chaque année entre 30 et 40 projets de dragage sont entrepris sur le St-Laurent et les quantités de matériaux dragués peuvent atteindre 1\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (Le Fleuve, 1991).

Les sédiments sont souvent considérés comme un lieu d'accumulation des métaux lourds dans l'environnement aquatique (Luoma, 1989; Campbell et al., 1988; Shea, 1988; Couillard, 1987; 1980). Les métaux traces retrouvés dans l'environnement suite aux activités d'origine humaine, une fois ajoutés à l'eau, seront soumis à divers processus chimiques, physiques et biologiques amenant une partie importante de ces métaux à se retrouver éventuellement associée aux sédiments de fond (Tessier et Campbell, 1990). De façon générale, la concentration en métaux des sédiments est supérieure à celle dans la phase dissoute (Tessier et Campbell, 1990; Luoma, 1989; Dixit et Witcomb, 1983; Couillard, 1982a, 1980). Selon leur biodisponibilité, ces métaux représentent

un danger potentiel pour les organismes benthiques (Nereis versicolor, Crassostrea gigas, bivalves, Chironomus sp.) qui vivent associés aux sédiments et un risque de contamination à des niveaux trophiques plus élevés via la chaîne alimentaire (Campbell et al., 1988; Reynoldson, 1987; Marquenie, 1985).

Vu la contamination en métaux de certains sédiments, le confinement de ces derniers sera requis plutôt que leur rejet en eau libre, afin de minimiser les risques environnementaux associés à un tel rejet (Leving, 1982; Environnement Canada, 1978). Aux États-Unis, 10% des matériaux dragués posent des problèmes de qualité d'eau, lorsqu'ils sont rejetés dans l'eau, au site de dragage et, lorsqu'ils sont entreposés au site de dépôt (Ludwig et al., 1989). Au Canada, dans la région des Grands Lacs, de 1975 à 1979,  $1,4 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de matériaux dragués ont été déposés en aire confinée comparativement à  $0,9 \times 10^6$  m<sup>3</sup> rejetés en eau libre (Leving, 1982). Or, en plus des risques pouvant être associés dans certains cas à l'eau de drainage de ces sites de déposition (DeCoursey et Vernberg, 1975), tous les aspects des impacts à long terme du confinement ne sont pas encore déterminés (Leving, 1982).

Plusieurs études effectuées sur divers tronçons du fleuve St-Laurent ont montré que les sédiments contenaient des teneurs en métaux souvent supérieures aux normes des ministères de l'Environnement du Canada et de l'Ontario (Champoux et al., 1990; Langlois et Sloterdijk, 1989; Sloterdijk, 1985; Couillard, 1982a; 1980; Sérodes, 1978). Des tests d'élutriation effectués sur les

sédiments du lac St-Louis ont montré que plusieurs stations échantillonnées dépassaient les lignes directrices d'Environnement Canada pour la protection de la vie aquatique (Champoux et al., 1986). Au tableau 1.1, la teneur en métaux obtenue dans diverses études pour différents sédiments est indiquée.

Pour ces sédiments dragués jugés trop contaminés pour un rejet en eau libre, la décontamination via l'enlèvement des métaux lourds peut s'avérer une solution, à plus long terme, pour la disposition de ces sédiments.

### **1.2. Répartition des métaux traces dans les sédiments**

La forme des métaux ainsi que leur répartition dans les sédiments détermine leur biodisponibilité (Tessier et Campbell, 1990; Campbell et al., 1988; Marquenie, 1985). Cette répartition sera influencée par les conditions physico-chimiques prévalant dans les sédiments (Campbell et al., 1988).

Les métaux traces pourront se retrouver associés à différentes phases des sédiments par des réactions de co-précipitation, d'échange ionique, complexation avec les substances organiques, ou encore incorporation dans les feuillets d'aluminosilicates (Tessier et Campbell, 1990; Boothman, 1988). La concentration des métaux dans les sédiments, mis à part le manganèse et le fer qui sont plutôt régis par des réactions de précipitation/dissolution, serait surtout contrôlée par l'adsorption des métaux sur les phases solides. Les réactions d'oxydo-réduction dues au gradient de potentiel rédox existant dans

Tableau 1.1 Teneur en métaux retrouvée dans différents sédiments contaminés

Endroits	Pb (ug/g)	Zn (ug/g)	Ni (ug/g)	Cu (ug/g)	Hg (ug/g)	Etudes
Cardenas bays Mantazas bays Cienfuegos bays S.de Cuba Havana (Cuba)	2.5-30 20-56 2-156 9-146 42-301	1.1-67 20-152 40-166 36-699 142-995	5-104 45-229 16-56 3.0-26 32-102	4.3-42 15-60 25-145 31-463 97-276		Gonzalez, 1991
Deba Urola Oria Urumea Oyarzun Bidasoa (Guipuzcoa, Espagne)	45-245 90-220 50-165 410-6700 150-475 90-340	135-7900 505-2100 220-930 1200-57500 585-5220 75-910	50-1420 110-390 85-170 135-2800 135-210 120-180	30-905 125-200 45-160 85-1300 45-195 45-110	0.05-1.92 ND-1.10 ND-1.37 0.15-62.3 ND-0.85 ND-0.3	Sola et al., 1991
River Tees (UK)	233-368	391-664	29-30	132-112		Davies et Tomlinson, 1991
Baie Jamaica (NY, USA)	98-201	135-302	11-28	100-144		Siedemann, 1991
lagon de Venise (Italie)		43-323				Calvo et al., 1991
lac du Pantanal (Mato Grosso, Bresil)					20-80	Lacerda et al., 1991
port d'Halifax (NS, Canada)	161 231	229 274		91 109	0.97 1.25	Buckley et Hargrave, 1989 Gearing et al., 1991
Singapore River (Singapore)	40-250	100-600		10-95	0.5-1.0	Sin et al., 1991
Ninamata bay (Japon)					40-50	D'Itri, 1991
fjord du Saguenay et golfe St-Laurent (P.Q., Canada)					0.01-12.3	Loring, 1975
Fleuve St-Laurent du lac St-François à l'île d'Orléans (P.Q., Canada)	25.4	121	23	31	3.9	Couillard, 1987 Couillard, 1982a

les sédiments de fond, sont d'une certaine importance pour le Cr, Cu, Hg, As, Se, Fe et Mn (Campbell et al., 1988).

La spéciation des métaux traces particulaires dans les sédiments peut être définie par des méthodes d'extraction sélective en cinq fractions différentes (Tessier et al., 1979). D'après des phases qui sont définies selon un protocole expérimental, il est, ainsi, possible, d'estimer la répartition des métaux dans les sédiments. Il s'agit des métaux échangeables, des métaux liés à la fraction extraite à l'acide acétique (pH=5) (métaux associés aux carbonates + certains métaux adsorbés spécifiquement sur oxydes de Fe amorphe), des métaux réductibles (96°C pour 6 heures dans 0,04 mole  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ /L dans 25% HOAc; liés aux oxydes de fer et de manganèse), des métaux oxydables (principalement liés à la matière organique et aux sulfures) et des métaux résiduels.

La forme échangeable ou la plus disponible correspond aux métaux plus faiblement adsorbés sur les charges négatives des argiles, particules organiques ou hydroxydes de fer et de manganèse. Cette fraction constitue en général (mis à part le Cd et Mn dans certains cas), 1% ou moins de la concentration totale du métal (Campbell et al., 1988; Tessier et al., 1979).

La seconde fraction est la phase acido-soluble (pH=5). Dans les travaux de Tessier et al. (1979), cette phase constituait une bonne proportion des métaux totaux; soit 16 à 18% du Cu, 13 à 16% du Zn et 13 à 28% du Mn.

La troisième fraction (réductible) est principalement

constituée par les métaux liés aux oxydes de fer et de manganèse. Bien que les oxydes de fer et de manganèse ne constituent que quelques % du poids des sédiments, ils sont responsables de 10 à 50% ou plus du contenu en métaux totaux des sédiments (Champoux et al., 1990; Campbell et al., 1988; Shea, 1988; Tessier et al., 1979). Via leur cycle de réduction/oxydation, ces composés sont suspectés d'être réactifs et de jouer un rôle important (sorption/désorption) dans le recyclage et la biodisponibilité des métaux traces (Belzile et al., 1989).

La quatrième fraction oxydables (85°C pour 5 heures avec 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ajusté à pH 2 avec HNO<sub>3</sub> puis à la température de la pièce avec 3.2 mole NH<sub>4</sub>OAc/L dans 20% (v/v) HNO<sub>3</sub>) correspond principalement aux métaux liés à la matière organique et aux sulfures. Cette fraction constitue un réservoir pour 5 à 20% ou plus des métaux traces contenus dans les sédiments et domine donc, après les hydroxydes de fer, la distribution des métaux dans la phase non résiduelle (Campbell et al., 1988).

Les métaux liés à la phase résiduelle, la cinquième fraction (HF et HClO<sub>4</sub> 5:1) sont ceux liés à la structure primaire et secondaire des minéraux (Tessier et al., 1979).

Il est à remarquer que pour les sédiments fortement contaminés par des rejets d'égouts, la répartition des métaux peut-être différente. Plusieurs études ont montré une relation significative entre les métaux et le pourcentage de carbone organique total (Siedemann, 1991; Buckley et Hargrave, 1989; Applequist et al., 1972). Selon Siedemann (1991), ce type de corrélation serait

typique , des contaminations de métaux dans les sédiments associés à des rejets d'égout.

### **1.3. Relation entre les métaux traces des sédiments et les organismes vivants**

Outre la biodisponibilité des métaux, différentes variables d'ordre biologique interviennent lors de l'assimilation des métaux par les organismes vivants (Luoma, 1989). Selon qu'il s'agit des plantes, d'organismes filtreurs et/ou fouisseurs, les métaux sont assimilés sous forme dissoute ou particulaire (Campbell et al., 1988). L'effet toxique des contaminants sur les invertébrés d'eau douce et salée lors d'expériences en laboratoire et sur le champs est bien documenté (Baker, 1980).

Mis à part la toxicité léthale démontrée, entre autre, avec des sédiments de lacs pollués en métaux (Wiederholm et Dave, 1989), différentes études ont montré certains effets des polluants contenus dans les sédiments sur l'expression génétique de larves de Chironomides (Wiederholm, 1984), sur leur émergence (Wentsel et al., 1978), ou sur la sélection de diverses espèces de vers (Lang et Lang-Dobler, 1979).

Au Québec, les lacs Osisko, Rouyn et Pelletier se trouvent sans poisson dû à la contamination des sédiments par les métaux lourds et/ou à l'acidité que subissent ces lacs à cause des activités minières (SPE, 1979). Plusieurs rivières du Québec qui ont été étudiées ont montré de fortes teneurs en métaux et dans quelques-uns de ces cours d'eau, les organismes aquatiques sont

presque totalement absents (Goulet et Laliberté, 1982).

La forte contamination en métaux lourds de la rivière Irwell (Angleterre) a mené à un appauvrissement des macro-invertébrés benthiques et à l'anéantissement probable de la faune ichthyologique (Eyrest et Pugh-Thomas, 1978). La diminution de la quantité d'organismes benthiques dans le lac Ontario par un facteur de 3 depuis les années 60, serait reliée à l'accumulation des contaminants (Nalepa, 1991). Des tests, effectués sur des éluutriats du lac St-Louis (Québec), ont montré que 28% de ceux-ci avaient un effet nuisible sur B. calyciflorus, un rotifère (Couillard et al., 1987). Les éluutriats associés aux sédiments des ports de Toronto (Canada) et Tolédo (U.S.A.) ont causé des inhibitions significatives de l'assimilation du carbone par l'ultraplancton (5-20 mm) (Munawar et Thomas, 1989). Un rapport du Conseil national de la recherche du Canada (Campbell et al., 1988) indique que la biomagnification est bien documentée pour le mercure seulement alors qu'au contraire, il semblerait y avoir biominification pour les autres métaux.

#### **1.4. Mesure de la biodisponibilité des métaux traces**

Les agences gouvernementales reconnaissent maintenant que les métaux associés aux sédiments peuvent poser à long terme une menace pour les écosystèmes aquatiques et, depuis les dernières années, les outils pour évaluer les réponses des organismes exposés aux sédiments sont en plein développement (McIntosh, 1991). Suite à la réglementation développée pour les métaux dragués dans les océans

et les eaux intérieures aux Etats-Unis, deux méthodes sont, actuellement, utilisés pour évaluer l'effet potentiel sur l'écologie du matériel dragué soit la détermination de leur contenu en métaux totaux et les tests standards d'élutriation (Laskowski-Hoke et Prater, 1981). Les bioessais avec des espèces benthiques et vivant dans la colonne d'eau sont également utilisés en parallèle aux autres méthodes. Présentement, un modèle basé sur l'activité de l'ion métallique libre qui prédit la toxicité en phase aqueuse d'un métal est en développement aux Etats-Unis et aux Pays-Bas, comme critère de la qualité des sédiments (Van der Kooij et al., 1991; Shea, 1988).

Au Québec, de nouveaux critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments du fleuve St-Laurent, viennent juste de paraître (Plan d'action St-Laurent, 1992). Ces nouveaux critères permettront de juger si un sédiment contaminé et dragué peut être rejeté en eau libre ou non. Trois niveaux d'évaluation sont définis dans ce document soit un seuil sans effet (SSE), un seuil d'effets mineurs (SEM) et un seuil d'effets néfastes (SEN). Dans le cas du seuil sans effet il n'y a aucun effet chronique ou aigu constaté, et ce seuil constitue la teneur de base des sédiments. Le seuil d'effets mineurs est celui où les teneurs ont des effets observables mais qui peuvent être tolérés par la majorité des organismes. Enfin pour le seuil d'effets néfastes, les teneurs observées suscitent des effets nuisibles pour la majorité des organismes.

Lorsque les teneurs des matériaux dragués se situent sous le

seuil d'effets mineurs, ces derniers peuvent être rejetés en eau libre ou utilisés à d'autres fins, sans restriction. Tandis que si les matériaux dragués dépassent ce seuil, un examen environnemental attentif doit être fait. Si la teneur des matériaux dragués est plus élevée que le seuil d'effet néfaste, leur rejet en eau libre est à proscrire et ils devront faire l'objet d'un traitement ou confinement sécuritaire. Les teneurs de base utilisés pour définir le seuil sans effet, sont basées, entre autre, sur les normes d'Environnement Canada (1978). Dans le cas des seuils d'effets mineurs et néfastes, l'approche ' teneur de dépistage, a été retenue; i.e. que le 15<sup>e</sup> percentile représente le seuil d'effets mineurs et le 90<sup>e</sup> percentile correspond au seuil d'effets néfastes (Plan d'action St-Laurent, 1992). Le tableau 1.2 indique les teneurs en métaux des sédiments pour chacun des seuils.

Tableau 1.2: Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du fleuve St-Laurent.

Métaux (ug/g)	Seuil sans effets	Seuil d'effets mineurs	Seuil d'effets néfastes
As extractible	3.0	7	17
Cd extractible	0.2	0.9	3
Cr extractible	55	55	100
Cu extractible	28	28	86
Mercure total	0.05	0.2	1
Ni extractible	35	35	61
Pb extractible	23	42	170
Zn extractible	100	150	540

La méthode d'extraction utilisée sera publié prochainement dans un guide méthodologique, par le plan d'action St-Laurent.

En Ontario, ce sont des normes sur les métaux totaux contenus dans les sédiments (ligne directrice du Ministère de l'Environnement de l'Ontario) qui détermine l'acceptabilité pour un rejet en eau libre ou non.

La mesure directe des métaux associés aux sédiments est très difficile, sinon impossible, due à la variété, aux caractères de certaines phases, etc. (Tessier et Campbell, 1984). Selon Marquenie (1985), il n'y a pas de corrélation entre les métaux contenus dans les organismes et ceux contenus dans les sédiments parce que les organismes n'accumulent que les métaux biodisponibles. De façon générale, aucune relation n'a pu être établie entre les métaux lourds contenus dans les sédiments et leur impact sur la qualité de l'eau lors d'opération de dragage (Nelson et Hansen, 1991; Lee et al., 1975). En fait la teneur en métaux totaux des sédiments serait rarement utile pour déterminer la biodisponibilité des métaux (Campbell et al., 1988).

#### 1.4.1 Les tests d'élutriation

Les test standards d'élutriation ont été développés et validés dans le cadre d'expériences effectuées en laboratoire et sur le champ par l'Environmental Protection Agency et l'US Army Corps of Engineers afin de simuler les conditions de relargage des contaminants dans la colonne d'eau lors d'opération de dragage (Ludwig et al., 1989).

Les sédiments sont considérés impropres au rejet en eau libre si la contamination de l'élutriat est 1.5 fois supérieure à celle

retrouvée dans l'eau du site de rejet (Lee et al., 1975). L'élutriat est le résultat de la filtration sur une membrane de porosité de 0.45 um d'un mélange 4:1 (v/v) d'eau et de sédiments brassés mécaniquement pendant une heure (Ludwig et al., 1989). Grimwood et McGhee (1979) ont trouvé, lors de la comparaison des élutriats et de l'eau du site de dragage, que les teneurs des divers éléments étaient les mêmes exceptées pour le Cu, Pb et Hg où des différences étaient observées. Selon Ludwig et al. (1989), dans 73% des cas, les tests d'élutriation montraient la même concentration que l'analyse de l'eau au site de dragage, alors que dans 26% des cas, les tests d'élutriation étaient plus conservateurs, c'est-à-dire que plus de métaux sont relargués lors des tests d'élutriation.

Champoux et al. (1986), ont trouvé des corrélations positives entre la majorité des contaminants des sédiments et les élutriats. Mais, aucune corrélation n'a été trouvée entre la réponse biologique des organismes (cladocère, algue et microtox) et la concentration en métaux des élutriats (Champoux et al., 1990; 1986). Selon Luoma (1989), les tests d'élutriation ne tiennent pas compte de l'absorption des métaux via l'ingestion du matériel particulaire; ce qui peut mal représenter la signification biologique des métaux associés avec certains types de sédiments. La relation entre l'eau des élutriats et les sédiments n'est pas bien comprise parce que la spéciation des métaux dans les sédiments et l'eau dépend de processus encore mal expliqué (Giesy et Hoke, 1989).

### 1.4.2 Les bioessais

La disponibilité des contaminants aquatiques ne peut-être déterminée par des analyses chimiques ou sur le champs seulement (Chapman, 1988; Marquenie, 1985). Les bioessais permettent de donner des preuves directes de la biodisponibilité et effets biologiques de un ou plusieurs contaminants (Campbell et al., 1988). Par contre, les bioessais sont faits en laboratoire et ne reflètent pas les conditions *in situ*; la gamme d'organismes et de réponses pouvant être obtenue est limitée et certaines précautions doivent être prises quant au protocole d'échantillonnage (temps d'entreposage etc.) (Campbell et al., 1988). Les bioessais peuvent aussi être utilisés pour déterminer le niveau de toxicité d'extrait organique des sédiments (Larbaigt et al., 1991; Couillard, 1983; 1982b).

Giesy et Hoke (1989), préconisent l'utilisation d'une batterie de test, car les différents tests donnent des réponses de toxicité très variables. Ainsi afin de pouvoir couvrir plusieurs niveaux trophiques et populations cibles, différents tests à appliquer sont suggérés, comme critère d'évaluation de la toxicité des sédiments. Cette batterie de test inclurait un test Microtox, un test avec les algues, un essai de 48 heures pour létalité sévère avec Daphnia magna et un essai de croissance sur 10 jours avec Chironomus sp. Chapman (1988) recommande que les tests de bioessais appliqués puissent mesurer des réponses de toxicité aigüe, chronique et de génotoxicité.

### 1.4.3 Extraction sélective et modèle

L'extraction sélective des métaux permet de simuler différentes conditions environnementales d'après certaines phases qui sont définies selon un protocole expérimental (Boothman, 1988). Toutefois, même si l'extraction sélective améliore les corrélations obtenues avec la biodisponibilité des métaux, elle ne peut prédire de façon précise cette dernière (Luoma, 1989). De plus, l'extraction sélective souffre d'un certain manque de sélectivité quant à la séparation de chaque phase (Tessier et Campbell, 1991) et elle a été fortement critiquée par certains auteurs (Nirel et Morel 1990). Chez S. Plana, l'extraction sélective ne peut expliquer que 50% de la variation observée dans les teneurs en métaux (Luoma et Bryan, 1981).

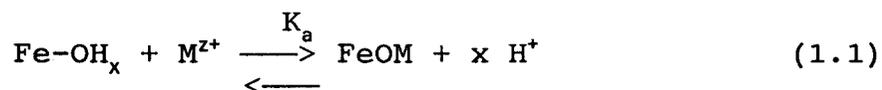
La quantité de métaux bioaccumulés est mieux prédite lorsque les métaux traces, dans les sédiments, sont normalisés avec le contenu en  $\text{Fe(OH)}_x$  ou en matière organique des sédiments (Tessier et Campbell, 1990). Les travaux de Tessier et al. (1984), ont montré que l'accumulation des métaux chez un mollusque d'eau douce était mieux corrélée à une fraction des métaux totaux obtenus par extraction sélective, plutôt qu'aux métaux totaux. Les meilleures régressions entre les métaux contenus dans l'organisme et ceux du sédiment avaient été obtenues lorsque la teneur de ces derniers était normalisée avec le contenu en  $\text{Fe(OH)}_x$  des sédiments. La teneur en mercure serait plutôt reliée, quant à elle, à la matière organique (Langston, 1982).

Les modèles de répartition des métaux à l'équilibre sont

basés sur le fait que l'adsorption est le mécanisme dominant intervenant lors de la réaction des métaux avec les sédiments et que les métaux traces sont reliés à certaines caractéristiques des sédiments. Ces modèles, si les constantes d'équilibre sont connues peuvent permettre d'estimer l'activité de l'ion libre métallique (Tessier et Campbell, 1990; Shea, 1988; Oakley et al., 1981). L'activité thermodynamique de l'ion libre  $[M^{2+}]$  serait, en effet responsable, en phase dissoute, de la biodisponibilité des métaux pour les organismes (Tessier et al., 1992; Campbell et al., 1988).

Ces modèles prennent comme acquis que seulement 3 composés du sédiment sont responsables de la plupart des sites de sorption;  $Fe(OH)_x$ ,  $Mn(OH)_x$  et la matière organique particulaire réactive. Ces modèles sont prometteurs pour l'évaluation quantitative de la biodisponibilité des métaux, mais le problème majeur reste la détermination expérimentale des constantes d'équilibre conditionnelles ainsi que des sites de sorption (Tessier 1992; Tessier et al., 1992; Tessier et Campbell, 1990; Campbell et al., 1988).

Tessier et al. (1992), ont pu calculé la concentration de  $M^{2+}$  dans les sédiments à partir de valeur de constantes de solubilité trouvées *in situ* dans différents lacs. En prenant comme acquis que ce sont surtout les oxyhydroxydes de fer naturels qui sont responsables de la sorption des métaux, on peut écrire:



$$\text{et, } [\text{M}^{2+}] = \frac{\{\text{FeOM}\} [\text{H}]^x}{\{\text{FeOH}_x\} K_a} \quad (1.2)$$

où  $K_a$  correspond à la constante d'équilibre globale apparente;  $x$  le nombre apparent moyen de protons libérés au cours de la réaction;  $\{\text{FeOH}_x\}$  et  $\{\text{FeOM}\}$  correspondent respectivement, en phase solide, aux concentrations de sites libres sur les oxyhydroxydes de Fe et de sites occupés par M (métal); ces valeurs sont déterminées par extraction sélective (Tessier *et al.*, 1989).

S'appuyant sur le fait que les sulfures de métaux compétitionnent avec les autres ligands pour lier l'ion métallique en solution, DiToro *et al.* (1992), ont déterminé un indice de toxicité aiguë dans les sédiments (>50% de mortalité) pour les organismes vivants, avec le rapport des métaux (SEM) et sulfures (AVS) pouvant être extraits avec du HCl (0.5 M). Si le rapport  $[\text{SEM}]/[\text{AVS}]$  est plus petit que 1, il n'y a pas de toxicité aiguë, tandis que si le rapport est plus grand que 1, il y a toxicité aiguë.

## 1.5 Procédé d'enlèvement des métaux lourds

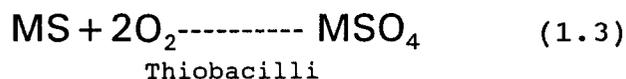
### 1.5.1 Procédé de solubilisation biologique des métaux lourds

#### 1.5.1.1 Théorie

Les procédés d'extraction des métaux par solubilisation biologique sont étudiés depuis plusieurs années dans le domaine de

la biohydrométallurgie (Torma, 1986; Guay et al., 1976). L'un des principaux microorganismes impliqués dans la solubilisation biologique est Thiobacillus ferrooxidans (Couillard et al., 1992b). Ce microorganisme assure l'oxydation du fer ferreux en fer ferrique et des sulfures de métaux en sulfates (Ingledew, 1982). D'autres espèces des thiobacilles sont aussi impliquées dans la solubilisation biologique, soit T. thiooxidans et T. acidophilus. Ces dernières reçoivent leur énergie des composés réduits de soufre (Couillard et al., 1992b; Torma 1986; Lundgren et Silver, 1980; Guay et al., 1976). L'acide sulfurique est formé durant l'oxydation des sulfures.

Les mécanismes d'action des bactéries peuvent être directs ou indirects (Couillard et al., 1992b; Couillard et Mercier, 1990a; Torma, 1986). Dans le mode direct, les sulfures de métaux, qui sont généralement insolubles, sont transformés, suite à l'action des bactéries en sulfates de métaux. (voir équation 1.3)



Tandis que dans le mode indirect (voir figure 1.1, Couillard et Chartier, 1991), dans un premier temps, les sulfures de métaux sont oxydés de façon purement chimique par les ions de fer ferrique; ce qui produit du S° et des métaux sous forme ionique. Les thiobacilles oxydent le S° ainsi produit en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et T. ferrooxidans oxydent le Fe<sup>+2</sup> en Fe<sup>+3</sup>. A partir du fer ferrique de nouveau produit, le cycle peut recommencer. La production d'acide sulfurique abaisse le pH et l'activité oxydante des bactéries et de

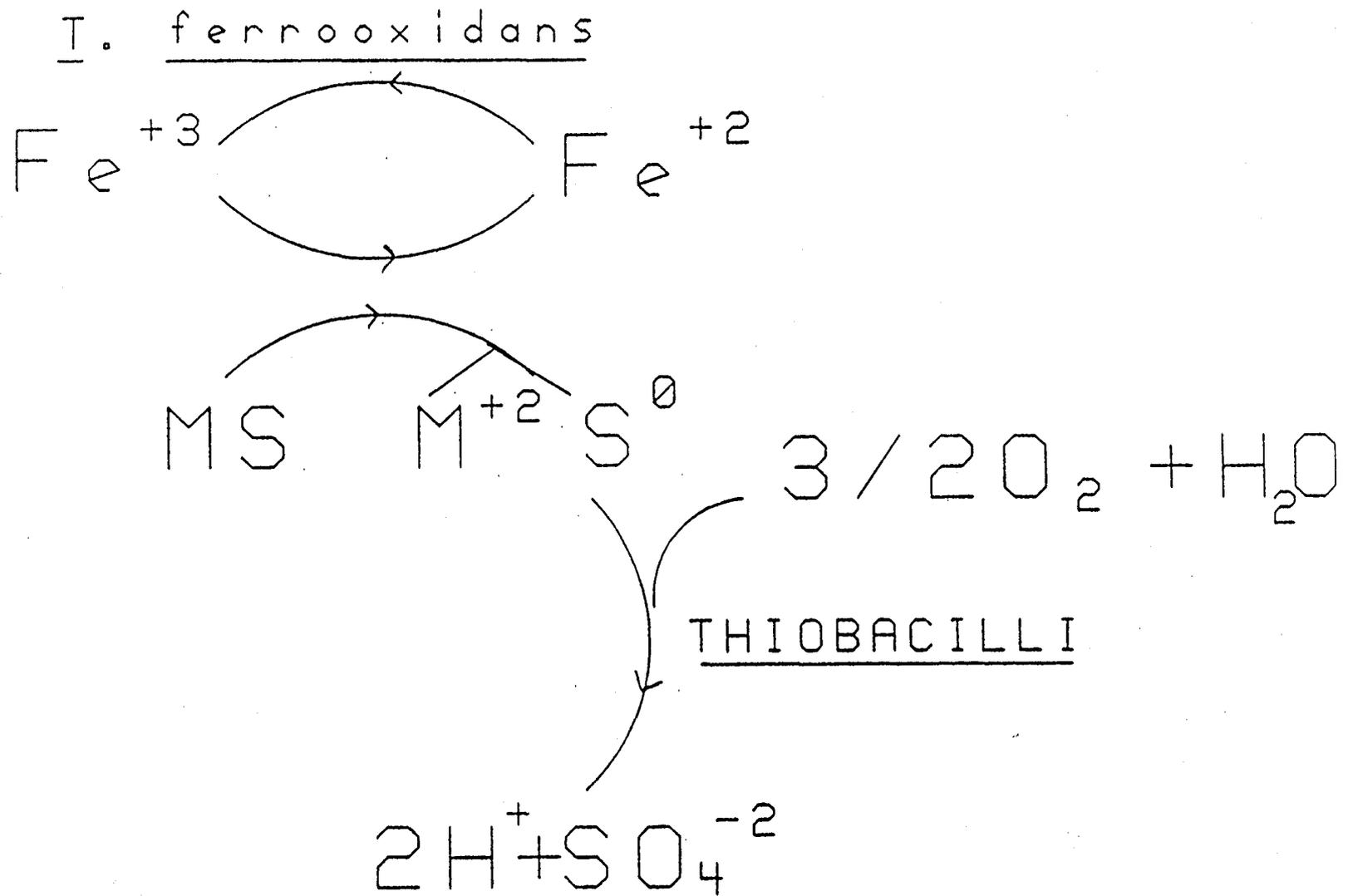


Figure 1.1 Mécanisme indirect de solubilisation biologique des métaux.

l'aération augmentent le potentiel rédox; ces conditions favorisent la solubilisation de la plupart des métaux lourds.

#### 1.5.1.2 Applicabilité du procédé de solubilisation biologique des métaux aux boues d'épuration

##### 1.5.1.2a) Premières études sur la décontamination des boues d'épuration des eaux usées en cuvée

Wong et Henry (1984a; 1984b) ont travaillé sur la solubilisation biologique des métaux dans les boues digérées anaérobies sans ajout de substrat. L'ajout de fer soluble provenant d'une addition de sulfate ferreux heptahydrate de qualité laboratoire a accru le taux de solubilisation des métaux lors d'essais en cuvée. L'addition de sulfate d'ammonium a aussi augmenté la solubilisation du cuivre et, dans de moindres proportions, celle du zinc. L'augmentation de la teneur en solides de la boue augmente le taux de solubilisation tout en diminuant le pourcentage de solubilisation (Couillard et al., 1992b; Tyagi et al., 1991; 1988). La stérilisation des boues n'étant pas économique, l'équipe travaille sur des boues non stériles. Par conséquent, même si la boue estensemencée avec des Thiobacillus ferrooxidans, il est fort probable que diverses espèces de thiobacilles se développent. Ceci est avantageux puisque une culture mixte de Thiobacillus thiooxidans et de Thiobacillus ferrooxidans s'est révélée plus efficace qu'une culture pure de Thiobacillus ferrooxidans (Couillard et al., 1992b; Tyagi et al., 1988).

### 1.5.1.2b) Décontamination des boues anaérobies d'épuration des eaux usées

Des expériences dans un réacteur en continu ont démontré que la solubilisation des métaux est possible avec un temps de résidence hydraulique de 3 jours et que la solubilisation du cuivre était très dépendante du potentiel d'oxydo-réduction (POR) et de la quantité de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ajoutée (Couillard et al., 1992b; 1992c; Mercier, 1988; Couillard et al., 1988a; 1988b). Ces deux dernières constatations permettent de proposer un mécanisme indirect de solubilisation pour ce métal (Couillard et al., 1992b; 1992c; Couillard et Mercier, 1990a). Le taux de croissance ( $\mu$ ) est supérieur à 0.042/h (1/24). Le sulfate de fer de qualité laboratoire étant coûteux, les études ont ensuite porté sur la recherche d'un résidu industriel pouvant servir (aux bactéries) de source de fer ferreux ou de soufre réduit. Une liqueur d'acide usée, un résidu minier, de la pyrite et du  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  résiduel de Sidbec-Dosco ont été testés. Ce dernier s'est révélé un substitut remarquable au sulfate ferreux commercial et son coût actuel est 291 fois inférieur, soit environ 55\$ CAN/t (Couillard et Zhu, 1992; Tyagi et Couillard, 1991; Piché, 1989; Couillard et al., 1988c).

Les essais dans 2 types de réacteurs en continu (CSTR et BAP) se sont poursuivis avec du  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  résiduel de Sidbec-Dosco. Un réacteur complètement mélangé (CSTR) de 30 L avec recirculation et un bioréacteur à ascension pneumatique (BAP) de 30 L avec recirculation ont été testés avec des temps moyens de résidence hydraulique de 0.5, 0.75, 1.5 et 3.0 jours. L'optimisation du

procédé a permis d'augmenter le pH de pré-acidification à 4.5 au lieu de 4 permettant ainsi une réduction de la consommation d'acide. Le temps de séjour a été abaissé à 0.75 jour avec 20% de recyclage pour obtenir des pourcentages de solubilisation de 92% du Cu, 94% du Zn, 93% du Mn, 67% du Ni et 67% du Cd dans le CSTR. Dans le BAP, le même genre de résultats a été obtenu, révélant ainsi l'égalité des 2 réacteurs (le BAP et le CSTR) sur ce point (Couillard et al., 1992c; Couillard et Mercier, 1991; Couillard et al., 1988d; Mercier et al., 1988). Des régressions linéaires pour chaque temps moyen de résidence hydraulique permettent de prédire la solubilisation du Cu et du Zn en fonction de la concentration dans les boues anaérobies pour des conditions déterminées (Couillard et al., 1992c; Couillard et Mercier, 1991; Couillard et al., 1988d). Dans le cas des boues anaérobies (température du digesteur à 33°C), un transfert rapide des boues du digesteur vers un réacteur isolé permettrait de traiter les boues à 30°C (Couillard et al., 1992c), sans l'apport de chauffage auxiliaire étant donné le court temps requis pour la réaction (0.75 jour). L'analyse des facteurs importants pour la solubilisation des métaux a été faite (Couillard et al., 1992a), le POR et le pH se révélant d'égale importance pour le cuivre alors que pour le zinc, le pH est nettement le facteur déterminant.

#### 1.5.1.2c Décontamination des boues aérobies d'épuration des eaux usées

La disponibilité d'un substrat économique, soit le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

de Sidbec-Dosco, a permis d'envisager le développement du procédé de solubilisation des métaux de boues digérées aérobies. Les boues aérobies ont un potentiel d'oxydo-réduction élevé ( 400 mV, Couillard et al., 1992c; 1992d; 1991a; 1990a) et leur teneur en sulfures métalliques est plus faible.

Des pH seuils de 4.9, 5.9 et 6.2 ont été identifiés respectivement pour le Cu, le Zn et le Mn, alors qu'un POR minimal de +206 mV est trouvé pour le Cu, ce qui explique la facilité à solubiliser cet élément dans les boues aérobies où le POR est d'environ 400 mV (Couillard et al., 1991b). Après une pré-acidification des boues à pH=4 avec 0.040 g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré/g boue sèche, le procédé nécessite entre 0.75 et 1 jour dans un CSTR (30 L) avec 20% de recirculation (20°C) (Couillard et al., 1990a).

Des boues résiduairees avec des teneurs en cuivre et en manganèse qui dépassaient les normes pour l'épandage agricole (Flynn et al., 1987), ont vu leur teneur diminuer en deçà de celles-ci. Seul le chrome n'a pu être enlevé dans une de ces boues car seulement une faible proportion de cet élément est solubilisable, ce qui le rend sans doute peu disponible. Les pourcentages de solubilisation des 2 principaux métaux problématiques ont été de 52 à 72% pour le Cu et 63 à 94% pour le Mn. Le système en cuvée (30 L, 20% d'inoculum) obtient le même genre de résultats que le CSTR mais en 1.7 à 2.0 jours au lieu de 1 jour comme dans le CSTR (Couillard et Chartier, 1991).

Différentes hypothèses ont été avancées afin d'expliquer l'influence des caractéristiques de chaque type de boues sur la

solubilisation biologique des métaux (Couillard et Chartier, 1992). Ainsi l'influence de la digestion des boues dans une usine d'épuration type secondaire sur la solubilisation des métaux lors de l'application du traitement de décontamination biologique a été examinée. De même, l'effet de l'ajout de percol, le degré de contamination en métaux des boues et le traitement de déphosphatation appliqué lors du traitement tertiaire ont aussi été étudié comme facteur ayant un impact possible sur le traitement de solubilisation biologique

#### 1.5.1.2d Mode de séparation solide-liquide suite à l'application du procédé de solubilisation biologique des métaux dans les boues d'épuration

Les boues traitées doivent subir une séparation solide-liquide. Les boues ainsi séparées sont neutralisées à pH=7 avec de la chaux et le liquide contaminé subit une précipitation des métaux à pH=10 avec de la chaux. Un résidu métallique est ainsi produit (Couillard et al., 1992c).

Dans le cas de boues anaérobies, les tests de filtrabilité sur les boues traitées ont démontré qu'elles étaient faciles à déshydrater avec un coefficient de résistance spécifique à la filtration (Degrémont, 1978) 38 fois plus faibles que les boues anaérobies (sans polymère). La séparation ne requiert pas l'ajout de polymère et les filtres-presses à plateaux ou la centrifugation sont les techniques appropriées (Couillard et Mercier 1990b; Couillard et al., 1992c; 1988d).

La précipitation des métaux et la neutralisation des boues traitées requièrent respectivement 0.070 g  $\text{Ca(OH)}_2$ /g boues sèches traitées et 0.044 g  $\text{Ca(OH)}_2$ /g boues sèches traitées pour un total de 0.118 g  $\text{Ca(OH)}_2$ /g boues sèches traitées. Le procédé produit 45 kg de résidu métallique sec par tonne de boues sèches traitées. Ce résidu sera recyclé, enfoui ou traité comme résidu dangereux. Il contient environ 80% de  $\text{Fe(OH)}_3$ , 3% de Cu, 2% de Zn, 4% de matière organique (Couillard et Mercier, 1990b; Couillard et al., 1988d). Ce résidu métallique est décanté, puis déshydraté et son coefficient de résistance spécifique à la filtration est faible (Couillard et al., 1988d). L'étude de la précipitation sélective des métaux (Couillard et Mercier, 1992b) permettra de séparer le fer des autres métaux. Il sera ainsi possible de récupérer la valeur commerciale de certains métaux.

Les boues aérobies traitées se filtrent facilement et il ne serait pas requis d'ajouter du polymère avec les filtres-presses à plateaux (Couillard et Chartier, 1991; Couillard et al., 1990a).

#### 1.5.1.2e Devenir de l'azote et du phosphore suite à l'application du procédé de solubilisation biologique des métaux dans les boues d'épuration

La quantité d'azote total trouvée dans les boues avant et après traitement par solubilisation biologique reste la même, alors qu'il y a une diminution de  $\text{N-NH}_4^+$  après le traitement. L'azote ammoniacal est en partie transformé en azote organique. Cette diminution de  $\text{N-NH}_4^+$  et la consommation des nitrates lors du procédé

de solubilisation biologique des métaux permettent de penser que les chances de pollution par l'ammoniac et les nitrates sont beaucoup réduites. Cette diminution d'ammoniac rend les boues moins odorantes. Le phosphore total ne subit pas de variation dans le procédé (Couillard et Mercier, 1992a; Couillard et al., 1990a, 1988d).

#### 1.5.1.2f Coûts d'application du procédé de solubilisation des métaux dans les boues d'épuration

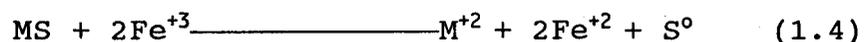
Des calculs préliminaires concernant les coûts d'exploitation du procédé sur les boues anaérobies démontrent une égalité des coûts entre la décontamination suivie de l'épandage agricole et l'enfouissement sanitaire alors que la co-incinération avec les déchets domestiques ou l'incinération sont plus coûteux (Couillard et al., 1990b; 1992c). Une étude à l'échelle pilote présentement en cours à l'INRS-Eau devrait confirmer ces coûts. Selon Couillard et Mercier, (1992a), il en coûterait 302\$<sup>US</sup>/t sèche pour traiter des boues dès la fin du traitement secondaire jusqu'à l'épandage agricole. Le coût se situe à 361\$<sup>US</sup>/t sèche, si la décontamination est faite sur des boues digérées anaérobies au lieu des boues vertes (boues provenant du traitement primaire) (Couillard et Mercier, 1992c).

#### 1.5.2 Procédé de solubilisation chimique des métaux dans les boues résiduaire, les sédiments et les cendres.

Plusieurs tentatives d'enlèvements des métaux dans les boues anaérobies par des procédés de solubilisation chimique ont été faits (Logan et Feltz, 1985; Wozniak et Huang, 1982; Jenkins et al., 1981; Oliver et Carey, 1976; Bloomfield et Pruden, 1975; Scott et Horling, 1975). Toutefois ces procédés se sont révélés coûteux dû à la grande quantité d'acide requise, soit de 0.5-0.8 g de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/g boue sèche (Mercier, 1988; Wong et Henry, 1983; Schonborn et Hartmann, 1978). De plus avec ces procédés, le cuivre et le plomb n'ont pu être enlevés de façon efficace.

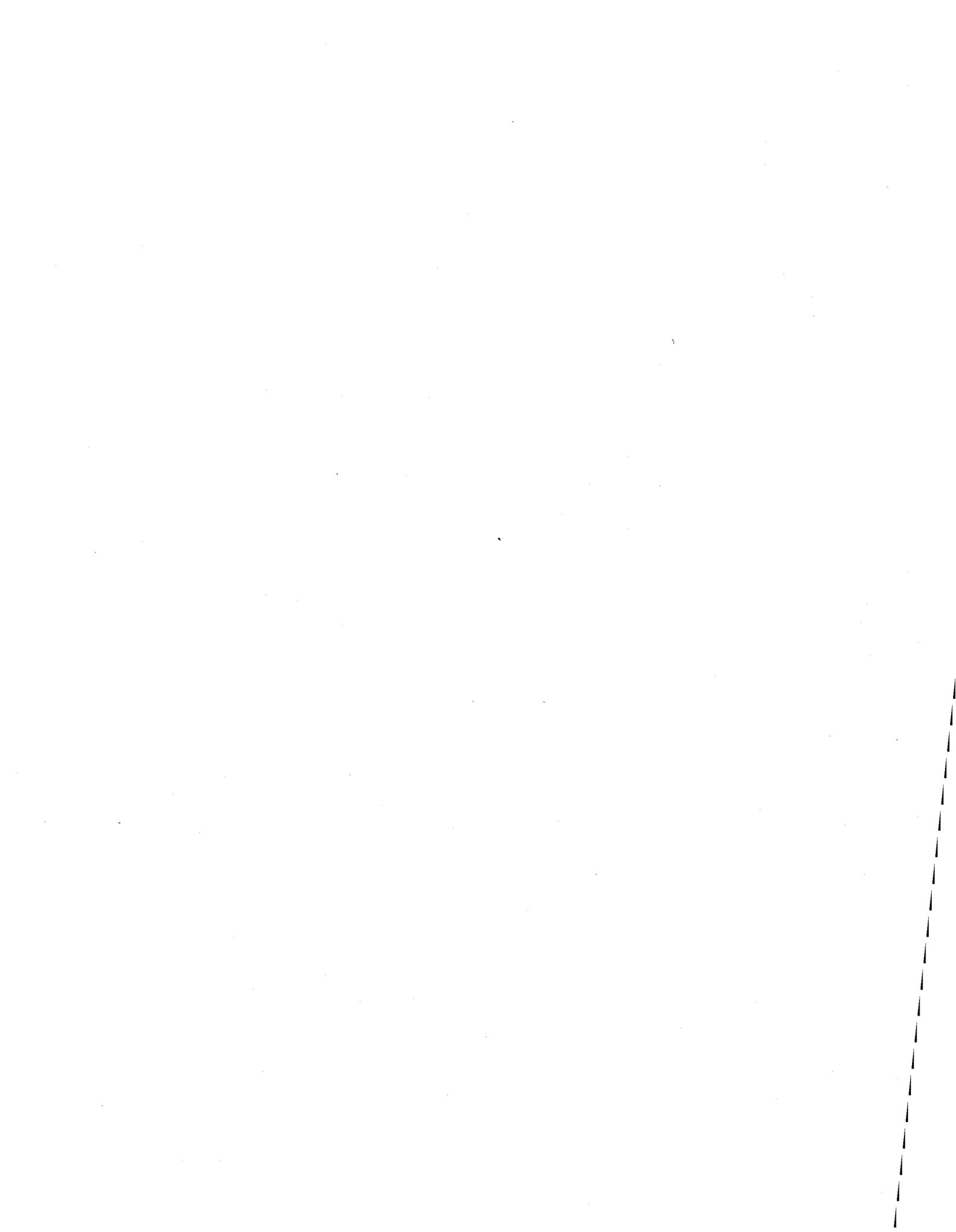
Avec de l'acide chlorhydrique, de 0.2-0.3 g HCl/g boue sèche sont requis pour décontaminer des boues d'épuration aérobies et anaérobies (Logan et Feltz, 1985; Hayes et al., 1980). Dans le cas de Hayes et al. (1980), qui utilisaient un procédé thermophile aérobie (55°C) suivie d'une acidification avec HCl, 61% Cu et 55% Pb ont pu être enlevé. Muller (1985) a travaillé à l'enlèvement des métaux dans les matériaux dragués et les boues à partir d'extraction avec HCl.

Lors d'une revue de la documentation sur le sujet en hydrométallurgie, Dutrizac et McDonald (1974), ont démontré qu'en présence de solution d'ions ferriques, plusieurs sulfures de métaux peuvent s'échapper par lixiviation. Les solutions d'ions ferriques sont de puissants oxydants avec de hautes valeurs de potentiel-rédox (i.e. 800 mV), qui permettent de solubiliser les métaux. Lorsqu'un sulfure de métal (MS) est immergé dans une solution de chlorure ferrique, la réaction suivante se produit;



Le métal se retrouve sous une forme soluble et le soufre passe sous une forme élémentaire très stable.

Legiec et al. (1989a,b) ont réussi à obtenir de 47 à 51% d'enlèvement du Pb, de 81 à 90% d'enlèvement du Cd et 56% d'enlèvement du Zn dans des cendres d'incinérateur, les métaux étant extrait d'un réacteur en cuvette où le pH était abaissé entre 1.59 et 3.0 avec de l'acide chlorhydrique en présence d'une solution de 1 N NaCl.



**CHAPITRE 2**  
**MATÉRIEL ET MÉTHODES**



## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 Objectifs

La présente recherche a pour but l'élaboration de divers procédés de solubilisation des métaux applicables aux sédiments du fleuve St-Laurent. Ces procédés devront permettre par une solubilisation biologique et/ou chimique, l'enlèvement des métaux jusqu'à des normes permettant le rejet des sédiments décontaminés dans le fleuve ou encore la disposition de ceux-ci sur la terre ferme. Afin de déterminer le procédé d'enlèvement des métaux potentiellement le plus applicable, différents essais dans des réacteurs en cuvée en regard du rendement de solubilisation et du coût d'application ont été tentés. Les figures 2.1 et 2.2 résument les différents essais réalisés dans la première partie de cette recherche. Les objectifs plus spécifiques peuvent être définis de la façon suivante:

- 1-Évaluer les pourcentages de solubilisation des métaux par voie biologique et/ou chimique dans des réacteurs de 500 mL;
- 2-Évaluer l'efficacité de différents types de souches bactériennes acclimatées à divers substrats;
- 3-Étudier l'efficacité des différents types d'acidification et de traitements;
- 4-Évaluer l'effet d'une décantation et/ou d'une acidification en fin de traitement sur la solubilisation des métaux;

### 2.2 Matériel

#### 2.2.1 Sédiments utilisés

ACID.: ACIDIFICATION  
 DEC.: DECANTATION  
 INOC.: INOCULATION  
 ST : SOLIDES TOTAUX

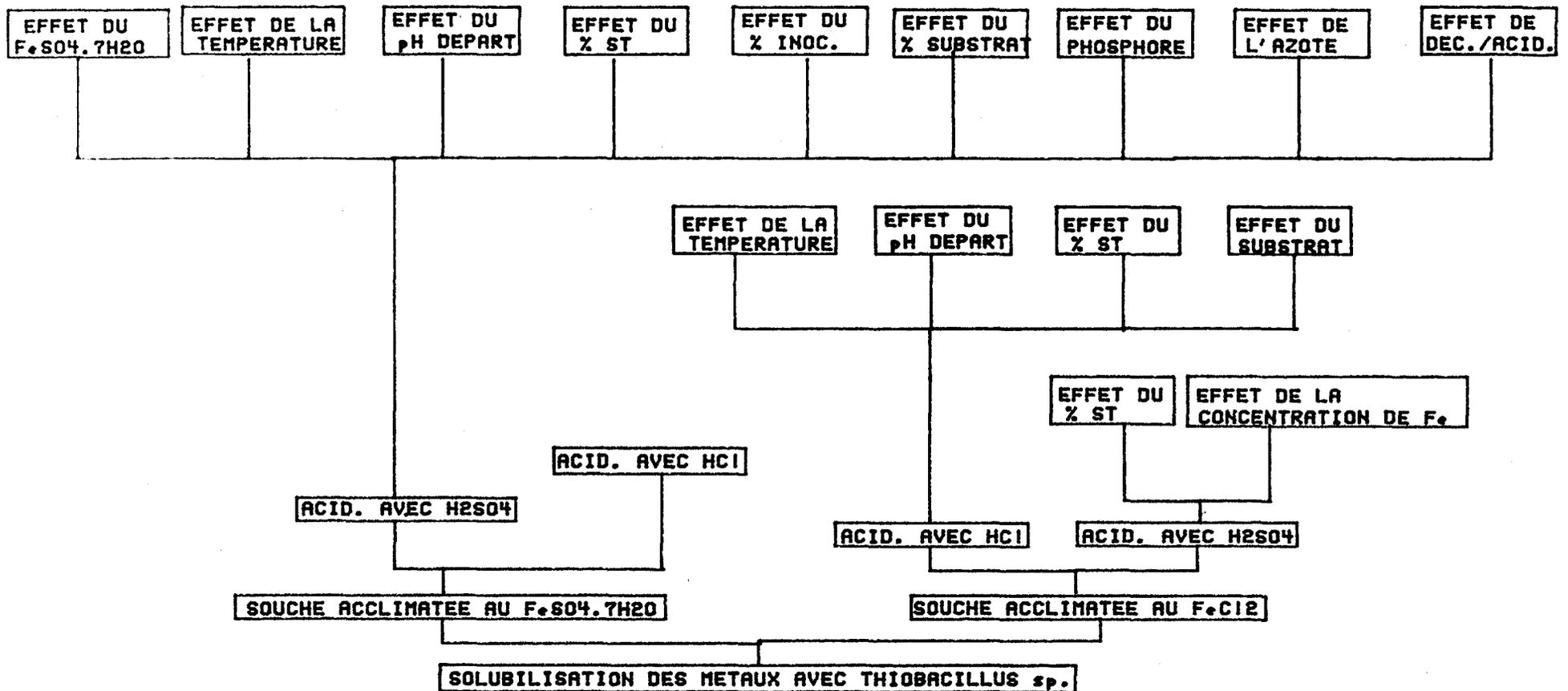


FIGURE 2.1: ESSAIS POUR DETERMINER L'INFLUENCE DE CERTAINS FACTEURS SUR LA SOLUBILISATION BIOLOGIQUE DES METAUX (SED. 12)

ST : SOLIDES TOTAUX  
DEC : DECANTATION  
ACID. : ACIDIFICATION  
CONC. : CONCENTRATION

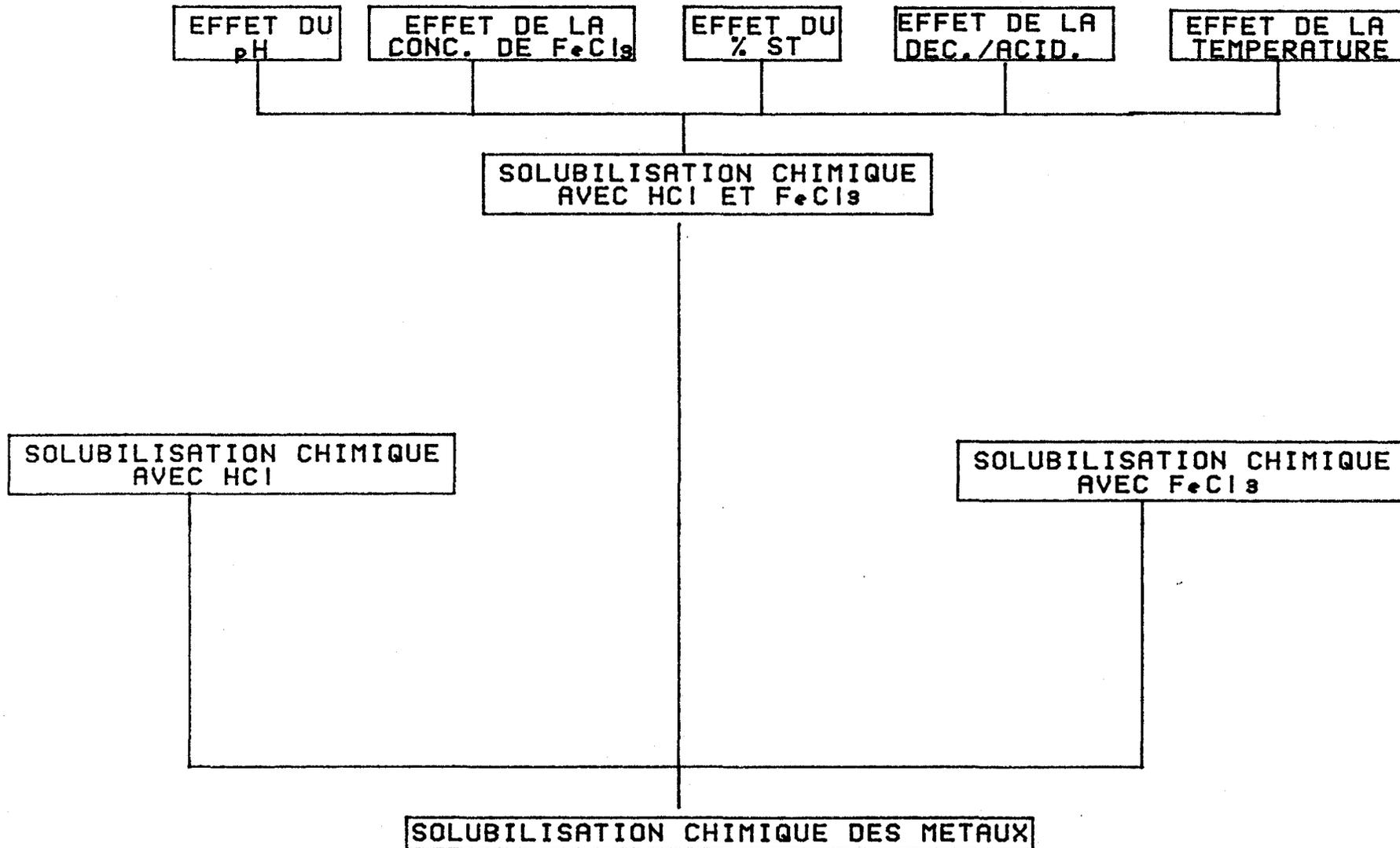


FIGURE 2.2: ESSAIS POUR DETERMINER L'INFLUENCE DE CERTAINS FACTEURS SUR LA SOLUBILISATION CHIMIQUE DES METAUX (SED 12)

A l'exception du sédiment #3 qui provient du lac Aylmer , les sédiments utilisés, pour tous les essais, ont été prélevés par des plongeurs à l'aide de seaux dans le fond du fleuve St-Laurent, à différents endroits. La provenance et les caractéristiques de chacun des sédiments sont indiquées aux tableaux 2.1 et 2.2. L'annexe 1a donne la situation géographique des différents lieux de prélèvement des sédiments. Jusqu'au moment de leur utilisation, les sédiments sont conservés à 4°C. Lors des essais, de l'eau distillée est ajoutée aux sédiments afin d'obtenir le pourcentage de solides totaux voulu.

Tableau 2.1: Provenance<sup>\*1</sup>, date de prélèvements et pH des différents sédiments.

Numéro du sédiment	Lieu de prélèvement	Date de prélèvement	Température °C	pH
#2	Daishowa Inc quai 31 fleuve St-Laurent	24 septembre 1990	14.6	7.66
#3	estuaire rivière Maskinongé, lac Aylmer	25 septembre 1990	12.2	7.93
#6	N-E <sup>*2</sup> Ile auxChats Lac St-François Valleyfield	26 septembre 1990	14.4	8.22
#8	embouchure de la rivière St-Louis Lac St-Louis	27 septembre 1990	17.7	7.99
#11	canal Lachine, lampadaire J10	28 septembre 1990	14.4	7.86
#12	canal Lachine, lampadaire H3	28 septembre 1990	14.7	7.91

\*1 Des cartes maritimes placées à l'annexe 1a, permettent de situer exactement la provenance de chaque sédiment.

\*2 Nord-est

Tableau 2.2: Caractéristiques des différents sédiments utilisés pour les essais de solubilisation des métaux (% en poids).

Sédi- ment	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	Matière organi- que (%)	Carbone total (%)	Azote total (%)	Soufre total (%)
#2	0	74	26	8.24	6.06	0.447	0.280
#3	54	24	22	7.14	3.93	0.515	0.236
#6	0	65	35	12.3	7.10	0.997	1.19
#8	28	35	37	5.89	4.54	0.314	0.463
#11	3	42	55	10.30	12.99	0.849	0.757
#12	3	57	40	10.18	7.74	0.662	0.482

### 2.2.2 Substrats utilisés

Les différents substrats utilisés pour les souches de bactéries proviennent de résidus industriels. Ce sont le sulfate ferreux ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) et le chlorure ferreux ( $\text{FeCl}_2$ ). Le chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) est aussi utilisé lors de certains essais pour favoriser la solubilisation des métaux. Le sulfate ferreux est vendu par la compagnie Fer-uni de Sidbec Dosco (Montréal) aux coûts de 55 \$CAN/t sec (communication personnelle avec Michel Vaillancourt le 30 juillet 1991). Le chlorure ferreux et le chlorure ferrique sont vendus par la compagnie Eaglebrook inc. (Varenes) au coût de 1.14 \$CAN/kg Fe et 0.85 \$CAN/kg Fe respectivement (communication personnelle avec Darcy Gendron, novembre, 1990). Les teneurs en métaux des divers substrats sont indiquées au tableau 2.3.

### 2.2.3 Souche bactérienne utilisée

La souche bactérienne utilisée provient à l'origine de la souche Thiobacillus ferrooxidans (ATCC19859). Les différents paramètres (pH, POR) concernant l'acclimatation et le maintien des souches bactériennes sont indiqués à l'annexe 1b. Au moment des essais biologiques la viabilité de l'inoculum utilisé est vérifiée sur un milieu de croissance pour Thiobacillus ferrooxidans (milieu 9K, voir annexe 1bXI).

Tableau 2.3: Teneur en métaux des divers substrats utilisés

	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe*</i>	<i>As</i>	<i>Hg</i>	<i>Cd</i>
<i>FeSO4.7H2O</i> (mg/kg)	20.3	2.5	620	350	50.0	7.5	20.1	-	-	0
<i>FeCl2</i> (mg/L)	0	12.5	65	927	20.0	175	12.7	10	<.02	0
<i>FeCl3</i> (mg/L)	0	12.5	13.76	536	10.0	40.0	11.2	5	<.02	0

\* en % du poids

### 2.2.3a Souche acclimatée avec $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ après acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$

Les bactéries ont été acclimatées aux sédiments du canal Lachine (sédiment #12), préalablement acidifiés à  $\text{pH}=4$  avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . L'acclimatation s'est faite sur une période de 1 mois. A tous les deux jours, du substrat (20% p/p de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ainsi que des sédiments acidifiés (2% ST, i.e. 0.3 g sec) sont ajoutés à 150 mL d'inoculum de boues d'épuration. Puis après ce mois d'acclimatation et jusqu'au moment de leur utilisation, des sédiments et du  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sont ajoutés régulièrement. Par la suite, la quantité de substrat a été abaissée à 5% (p/p) et le pourcentage de solides totaux élevé à 3%.

Pour l'adaptation aux autres types de sédiments (#2, #3, #6, #8), l'inoculum adapté aux sédiments #12 a été utilisé. Sur une période de plusieurs jours, le sédiment à l'étude (3% solides totaux) et le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  à raison de 5% (p/p)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ont été ajoutés, de façon régulière, à l'inoculum provenant du sédiment #12.

### 2.2.3b Souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ après acidification des sédiments avec HCl

Les souches adaptées, utilisant du  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , sont acclimatées à des sédiments (3% solides totaux) préalablement acidifiés à  $\text{pH}=4$  avec HCl au lieu de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Ces sédiments sont ajoutés de façon régulière sur une période de plusieurs jours. En même temps, le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  est aussi ajouté à raison de 5% (p/p) comme substrat aux souches. L'inoculum de départ provient de

l'inoculum adapté aux sédiments #12 acidifiés avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (pH=4) et utilisant le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  comme substrat.

#### 2.2.3c Souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ après acidification des sédiments avec HCl

L'inoculum initial provient de celui acclimaté au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  et aux sédiments acidifiés à pH=4 avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Sur une période de plusieurs jours, une certaine quantité de sédiment (100 mL à 3% solides totaux), acidifiée à pH=4 avec HCl, et du  $\text{FeCl}_2$  comme substrat (2% Fe) sont ajoutés.

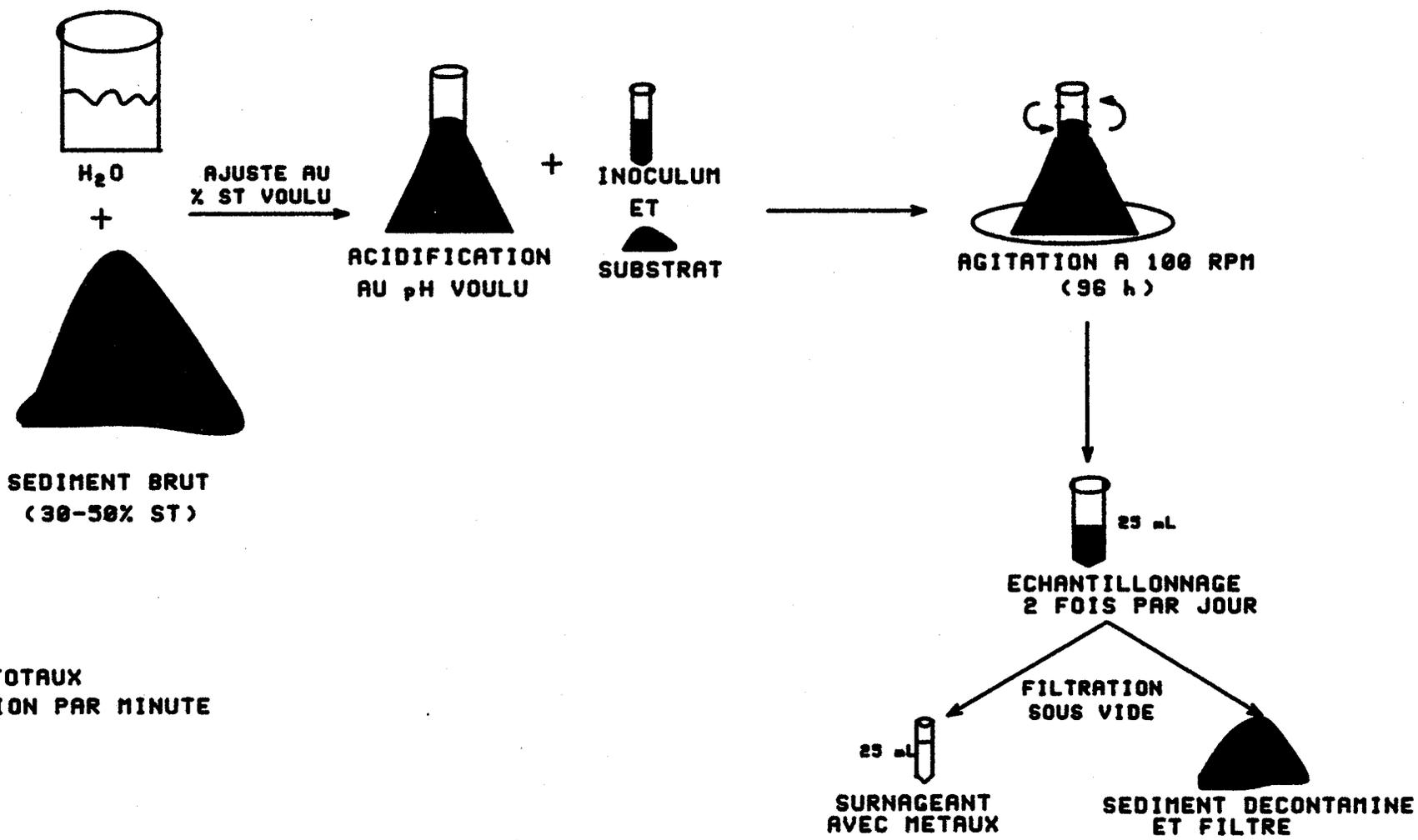
#### 2.2.3d Souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$ après acidification des sédiments avec $\text{H}_2\text{SO}_4$

Pour l'inoculum adapté au  $\text{FeCl}_2$ , l'inoculum initial utilisé est celui acclimaté au  $\text{FeCl}_2$  et aux sédiments acidifiés avec HCl. Sur une période de plusieurs jours, de façon régulière, des sédiments acidifiés à pH=4 avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et une quantité de  $\text{FeCl}_2$  correspondant à 2% Fe sont ajoutés.

### 2.2.4 Montages expérimentaux

La figure 2.3 illustre le schéma expérimental suivi. Dans ce premier rapport, c'est l'influence de certains facteurs sur la solubilisation biologique et sur la solubilisation chimique qui sera vue. Pour la majorité des essais, les expériences ont été faites en duplicata dans des erlenmeyers de 500 mL.

Tous les essais ont été faits à la température de la pièce



**ST : SOLIDES TOTAUX**  
**RPM : REVOLUTION PAR MINUTE**

**FIGURE 2.3: SCHEMA EXPERIMENTAL SUIVI**

(20-22°C), excepté les essais faits à températures contrôlées qui ont été fixé à 6 et 10°C. Le temps d'expérimentation s'échelonne, dans la plupart des cas, sur un période de plus de 94 heures. Lors de l'expérimentation, les cuvées contenant les sédiments ont subi une agitation correspondant à un brassage de 100 RPM.

A l'annexe 1c, les rendements de solubilisation, ainsi que le pH et le POR obtenus avec deux types d'agitation pouvant être utilisées sont comparés. Il s'agit d'un agitateur à brassage latéral (fabrication maison) et d'un agitateur à brassage circulaire (model G24 Environmental incubator shaker, New Brunswick Scientific Co. Inc.). Il ne semble pas y avoir de différence notable entre les deux types d'agitation et pour des raisons pratiques, l'agitateur à brassage latéral est utilisé pour tous les essais faits à la température de la pièce. Pour les essais faits à températures contrôlées (6 et 10°C) et ceux effectués sous la hotte, un plus petit agitateur toujours à brassage latéral est utilisé.

#### 2.2.4.1 Essais pour déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation biologique des métaux

Pour ces essais, les sédiments sont ajustés, par ajout d'eau distillée, au pourcentage de solides totaux voulu, puis acidifiés à pH=4 avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ou HCl. L'utilisation de HCl au lieu de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> devrait permettre de déterminer l'influence des ions sulfates et chlorures sur la solubilité du Pb. L'inoculation de même que le substrat sont alors ajoutés. Le sédiment utilisé est le #12 et les

essais sont fait en cuvée de 0.5 L.

#### 2.2.4.1.1 Souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Pour tous les essais inclus dans cette section, l'inoculum utilisé provient d'une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (voir section 2.2.3a et 2.2.3b).

##### 2.2.4.1.1i acidification avec $\text{H}_2\text{SO}_4$

2.2.3.1.1ia) Présence d'une souche indigène et effet du  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sur la solubilisation biologique des métaux

Afin de vérifier la présence d'une souche indigène dans les sédiments de même que l'effet du  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , quatre essais ont été faits parallèlement sans inoculum. Dans le premier essai les sédiments utilisés sont acidifiés à  $\text{pH}=4$  avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (3% solides totaux) et le substrat, le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  est rajouté à raison de 20% (p/p). Les deux autres essais contrôles contiennent les sédiments non-acidifiés, avec  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (20% p/p) dans un cas et sans  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dans l'autre cas. Et, pour le quatrième essai, les sédiments acidifiés à  $\text{pH}=4$  avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et contenant du  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  comme substrat (20% p/p) ont été stérilisés à l'autoclave, puis soumis aux mêmes conditions que les trois autres essais. Les résultats sont présentés à l'annexe 2.

##### 2.2.4.1.1ib) Effet du pH de départ

Afin de vérifier l'effet du pH de départ sur la solubilisation biologique des métaux, deux pH de départ différents ont été expérimentés: soit des pH de départ de 5.0 et de 4.5. Au pH de

4.5, deux essais ont été faits: soit à 3% (essaiI) et à 6% (essaiIII) de solides totaux. Pour tous les essais, 20% d'inoculum (v/v) et 20% de sulfate ferreux (p/p) ont été ajoutés aux sédiments préalablement acidifiés au pH de départ voulu avec  $H_2SO_4$ . Les résultats sont présentés à l'annexe 3.

#### 2.2.4.1.1ic) Effet du pourcentage d'inoculum

Afin d'évaluer la valeur optimale du pourcentage d'inoculum, lors de la solubilisation biologique des métaux, 5 essais ont été expérimentés. Deux essais à 10 et 30% (v/v) d'inoculum ajouté et un essai contrôle sans inoculum ont été faits. Les sédiments (3% ST) sont préalablement acidifiés à pH=4 avec  $H_2SO_4$ , puis 20%  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (p/p) et l'inoculum (sauf dans l'essai contrôle) sont ajoutés. Les résultats sont présentés à l'annexe 4.

#### 2.2.4.1.1.id) Effet de la quantité de substrat

Huit essais ont permis d'expérimenter différentes quantités de substrat, le  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ : 5% (p/p), 10% (p/p), 30% (p/p), un essai contrôle sans  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  et un essai particulier avec 20%  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (p/p). Dans ce dernier essai (20%), la cuvée est acidifiée avec HCl à pH=1.5 après 46.5 heures de traitement biologique. Au départ, pour tous les essais, les sédiments (3% ST) sont acidifiés à pH=4 avec  $H_2SO_4$ ; 20% d'inoculum (v/v) est ajouté de même que la quantité de substrat voulue. Un second essai à 5% (p/p) de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  a aussi été fait. Dans ce dernier cas, le pourcentage

de solides totaux est de 6%. Les résultats sont présentés à l'annexe 5.

#### 2.2.4.1.1ie) Effet de l'ajout d'azote

Pour déterminer si l'ajout de quantité fixe d'azote (sous forme  $\text{NH}_4^+$ ) influençait la solubilisation biologique des métaux, 7 essais contenant différentes quantités d'azote ajoutée ont été expérimentés. Un essai contrôle a été fait en parallèle à trois essais contenant les différentes quantités d'azote ajoutés. Dans l'essai contrôle, 20%  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (p/p) et 20% d'inoculum (v/v) ont été ajoutés à des sédiments (3% solides totaux) préalablement acidifiés à  $\text{pH}=4$ . Dans les trois essais avec ajout d'azote, des quantités fixes d'azote ont été ajoutées en plus; soit 20 mg  $\text{NH}_4^+$ /10.5 g sec, 50 mg  $\text{NH}_4^+$ /10.5 g sec et 100 mg  $\text{NH}_4^+$ /10.5 g sec. Ces quantités correspondent à 0.025 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /350 mL, 0.064 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /350 mL et 0.128 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /350 mL, respectivement. Les résultats sont présentés à l'annexe 6.

#### 2.2.4.1.1if) Effet de l'ajout de phosphore

Pour évaluer si le phosphore pouvait influencer la solubilisation biologique des métaux, 7 essais ont été menés. Un premier essai contrôle contenant 20%  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (p/p), 20% d'inoculum (v/v) et des sédiments (3% solides totaux) préacidifiés avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à  $\text{pH}=4$ , et 3 essais contenant en plus 3 quantités fixes de phosphore (sous forme de  $\text{PO}_4^{-3}$ ) ajoutés. Les quantités de phosphore ajoutées sont de 9.49 mg  $\text{PO}_4^{-3}$ /12 g sec, 20 mg  $\text{PO}_4^{-3}$ /12 g

sec et 40 mg  $\text{PO}_4^{-3}$ /12 g sec. Ces quantités sont ajoutées sous la forme de 7 mg  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ /400 mL, 14.4 mg  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ /400 mL et 29.4 mg  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ /400 mL respectivement. Les résultats sont présentés à l'annexe 7.

#### 2.2.4.1.1ig) Effet du pourcentage de solides totaux

Pour vérifier l'effet des solides totaux sur la solubilisation biologique, des essais avec divers pourcentages de solides totaux ont été expérimentés: soit 5, 7, 10, 15 et 25% de solides totaux. Pour tous ces essais, après une acidification à pH=4 avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , des sédiments ajustés au pourcentage de solides totaux voulu, 5% de sulfate ferreux (p/p) et 20% d'inoculum (v/v) ont été ajoutés. Après 48 heures d'expérimentation, un certain nombre d'échantillon ont été acidifiés avec du HCl à pH=1.75, tandis que les autres ont été acidifiés à pH=2 après 97 heures. Les résultats sont présentés aux annexes 8a et 8b.

#### 2.2.4.1.1ih) Effet de la température

Les essais de solubilisation biologique des métaux avec ajout de 20% d'inoculum (v/v) et 5% de sulfate ferreux (p/p) dans des sédiments du canal Lachine ( 3% solides totaux), préalablement acidifiés à pH=4 avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ont été faits à 3 températures différentes (21°C, 10°C et 6°C). A 10°C et 6°C, l'agitateur était placé dans une chambre environnementale à température contrôlée. Enfin une série d'essai supplémentaire à 10°C avec 2.5% de sulfate ferreux (p/p) au lieu de 5%, a également été expérimenté. Pour l'un

de ces essais à 10°C, les sédiments ont été acidifiés à pH=2 avec HCl après 94 heures d'expérimentation. Les résultats sont présentés à l'annexe 9.

#### 2.2.4.1.1iii) Effet de la décantation et de l'acidification après 48 heures de traitement

Deux expériences faites à partir de souches acclimatées au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  avec acidification des sédiments au  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ont été réalisés pour démontrer l'effet de la décantation et de l'acidification après 48 heures, versus une acidification préalable. Dans les deux expériences, les sédiments sont acidifiés à pH=4 avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  puis inoculés (20% v/v) et 5% de sulfate ferreux (p/p) est ajouté. Après 48 heures, les échantillons de la première expérience sont décantés et le volume du surnageant est remplacé par un volume d'eau égal aux sédiments décantés. Puis les échantillons sont ensuite acidifiés à pH=1.75 avec HCl. Dans les échantillons de l'autre expérience, après 48 heures, le milieu est acidifié à pH=1.75 avec HCl. Les résultats sont présentés à l'annexe 10.

#### 2.2.4.1.1.ii) Acidification avec HCl

A partir d'un inoculum nourri au sulfate ferreux et acclimaté à des sédiments acidifiés avec HCl, un essai de solubilisation biologique avec des sédiments (3% solides totaux) préalablement acidifiés à pH=2 avec HCl a été fait. Les volumes d'inoculum et de sulfate ferreux ajoutés sont respectivement 20% (v/v) et 5% (p/p).

Les résultats sont présentés à l'annexe 11.

#### 2.2.4.1.2 Souche acclimatée au $\text{FeCl}_2$

Dans les essais inclus dans cette section, l'inoculum utilisé provient d'une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$  (voir section 2.2.3.c et 2.2.3.d).

##### 2.2.4.1.2.1 Effet du $\text{FeCl}_2$ sur la solubilisation biologique des métaux

Afin d'être en mesure d'évaluer de façon plus adéquate la solubilisation biologique des métaux lorsque le substrat utilisé pour les bactéries est le  $\text{FeCl}_2$ , deux essais, un stérile et un non-stérile, ont été faits. Dans chacun des essais, les sédiments (3% solides totaux) sont acidifiés à  $\text{pH}=4$  avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , puis du  $\text{FeCl}_2$  est ajouté (2% Fe p/p). Les sédiments de l'essai stérile sont stérilisés à l'autoclave. Les résultats sont présentés à l'annexe 12.

##### 2.2.4.1.2.2.i Acidification avec $\text{H}_2\text{SO}_4$

###### 2.2.4.1.2.2ia) Effet de la concentration de Fe

Deux concentrations de substrat  $\text{FeCl}_2$  différentes (1 et 2% Fe, p/p), ont été expérimentées pour effectuer la solubilisation biologique des métaux avec une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$ . Les sédiments sont préalablement acidifiés à  $\text{pH}=4$  avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . L'inoculum, à raison de 20% (v/v), est ajouté, ainsi que la concentration de  $\text{FeCl}_2$  voulue. Les résultats sont présentés à l'annexe 13.

2.2.4.1.2.2ib) Effet du pourcentage de solides totaux (1% et 2% Fe)

Différents pourcentages de solides totaux, lors des essais de solubilisation biologique des métaux avec une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$ , ont été expérimentées. Des teneurs de 3 et 7% de solides totaux ont été expérimentées avec 1% Fe (p/p) sous forme de  $\text{FeCl}_2$  et des teneurs de 3, 7, 10% de solides totaux l'ont été pour une quantité de substrat égale à 2% Fe (p/p), également sous forme de  $\text{FeCl}_2$ . Les sédiments sont préalablement acidifiés à pH=4 avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Par la suite, 20% d'inoculum (v/v) ainsi que le substrat sont ajoutés. Les résultats sont présentés aux annexes 14 et 15.

2.2.4.1.2.2ii) Acidification avec HCl

2.2.4.1.2.2.iia) Effet du pH de départ (1% et 2% Fe)

Pour les essais faits avec des souches acclimatées au  $\text{FeCl}_2$  après une acidification préalable des sédiments avec HCl, différents pH de départ ont été expérimentés. Les pH de départ expérimentés sont de 2.0, 2.8 et 4.0. Aux pH de départ de 2.8 et 4.0, la concentration de substrat ( $\text{FeCl}_2$ ), ajoutée est de 1% Fe. Et aux pH de départ de 2.0 et 4.0, la concentration de substrat ( $\text{FeCl}_2$ ) ajoutée est de 2% Fe. Les résultats sont présentés aux annexes 16a et 16b.

2.2.4.1.2.2iib) Effet de la température

Des essais avec des sédiments acidifiés avec HCl ont également été faits aux températures contrôlées de 6, 10 et 20°C. Les

sédiments (3% solides totaux) sont préalablement acidifiés à pH=2.8 avec HCl, puis l'inoculum (20% v/v) ainsi que le chlorure ferreux (1%Fe) sont ajoutés. Les résultats sont présentés à l'annexe 17.

#### 2.2.4.1.2.2.iic) Effet du pourcentage de solides totaux

Des pourcentages de solides totaux de 3, 5, 7, 10, 15 et 25% ont été expérimentés lors des essais de solubilisation biologique à partir de souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$  et des sédiments acidifiés avec HCl. Le pH de départ est de 4. La concentration de substrat ajouté ( $\text{FeCl}_2$ ) est de 1% Fe (p/p). De même 20% d'inoculum (v/v) acclimaté est ajouté. Les résultats sont présentés à l'annexe 18.

#### 2.2.4.2 Essai pour déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation chimique des métaux

Pour les essais de solubilisation chimique, les sédiments, ajustés au pourcentage de solides totaux voulu, sont ensuite acidifiés, avec HCl ou  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , selon l'expérience, au pH désiré. Tout au long de l'expérience, le pH est maintenu par l'ajout d'acide, au pH de départ. Le sédiment utilisé est le #12 et les essais sont faits en cuvée de 0.5 L.

##### 2.2.4.2.1 Solubilisation chimique des métaux avec $\text{FeCl}_3$

Deux essais avec des pH de départ de 1.5 et 2.0 ont été faits avec  $\text{FeCl}_3$ . Il faut rappeler que le  $\text{FeCl}_3$  qui provient d'un résidu industriel a une certaine capacité acidifiante. La quantité de solution de  $\text{FeCl}_3$  requise pour acidifier les sédiments (3% solides

totaux) au pH voulu, a été de 1.94 mL/g sec dans le premier cas et de 0.83 mL/g sec dans le second cas. Les résultats sont présentés à l'annexe 19.

#### 2.2.4.2.2 Solubilisation chimique des métaux avec HCl

Avec HCl, trois pH d'acidification ont été expérimentés, soit les pH de 1.5, 1.75 et 2.0. Le pourcentage de solides totaux dans les 3 essais est de 3%. Les résultats sont présentés à l'annexe 20.

#### 2.2.4.2.3 Solubilisation chimique des métaux avec HCl et FeCl<sub>3</sub>

##### 2.2.4.2.3a) Effet du pH

Différentes valeurs de pH (2.25 , 2.5 , 2.0, 1.75 et 1.5) ont été expérimentées lors des essais de solubilisation chimique. L'acidification des sédiments (3% solides totaux) s'est faite à partir de 0.082 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec et du HCl. La quantité d'HCl ajoutée après le chlorure ferrique dépendait du pH voulu. Les résultats sont présentés à l'annexe 21.

##### 2.2.4.2.3b) Effet de la concentration du FeCl<sub>3</sub>

Des concentrations de FeCl<sub>3</sub> de 0.12, 0.082 et 0.041 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec ont été expérimentés. Une fois, le chlorure ferrique ajouté, les sédiments sont acidifiés à pH=2 avec HCl. L'essai avec une concentration de 0.041 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec a été fait à un pH=1.75. Les résultats sont présentés à l'annexe 22.

#### 2.2.4.2.3c) Effet de la décantation et de l'acidification après 24 heures

Deux essais de solubilisation chimique avec 0.082 mL  $\text{FeCl}_3/\text{g}$  sédiment sec puis acidification des sédiments à  $\text{pH}=2$  avec  $\text{HCl}$ , suivi d'une décantation après 23 heures ont été faits. Le volume du surnageant a été remplacé par un volume d'eau distillée égal aux sédiments décantés. Puis les deux essais ont été acidifiés à  $\text{pH}=2.0$  avec  $\text{HCl}$  dans l'un des cas, et  $\text{HNO}_3$  dans l'autre. Les résultats sont présentés à l'annexe 23.

#### 2.2.4.2.3d) Effet de la température à différents pH

Les essais de solubilisation chimique à partir de 0.082 mL  $\text{FeCl}_3/\text{g}$  sédiment sec puis une acidification des sédiments (3% solides totaux) avec  $\text{HCl}$  ont été faits à trois températures différentes; 6, 10 et  $20^\circ\text{C}$ . Les différentes valeurs de pH expérimentées sont 2.0 et 2.5 à  $6^\circ\text{C}$  et  $10^\circ\text{C}$ , et 2.5 et 2.25 à  $20^\circ\text{C}$ . Les résultats sont présentés à l'annexe 24.

#### 2.2.4.2.3e) Effet du pourcentage de solides totaux

Les essais de solubilisation chimique avec 0.082 mL  $\text{FeCl}_3/\text{g}$  sédiment sec et  $\text{HCl}$  ont été réalisés à différents pourcentages (3, 5, 7, 10, 15 et 25%) de solides totaux. L'acidification à  $\text{pH}=2$  avec  $\text{HCl}$  est faite une fois le chlorure ferrique ajouté. Les résultats sont présentés à l'annexe 25.

## 2.3 Mesures et échantillonnage

### 2.3.1 Potentiel d'oxydo-réduction (POR) et pH

Les mesures de pH et de POR sont prises deux fois par jour avec un pH mètre Fisher Acumet, modèle 805 MP. Le pH mètre est étalonné quotidiennement à pH 2 et 4 ou 4 et 7 selon les besoins. Et la lecture de POR est régulièrement corrigée à l'aide de l'étalonnage à la quinhydrone Ektachrome Kodak 217 à pH=4 et 7.

### 2.3.2 Analyse des métaux du P, S et C

Deux fois par jour, un échantillon de 25 mL de sédiment provenant du réacteur en cuvée est prélevé puis filtré sous vide sur filtre Whatman 934 AH. Le filtrat (20 mL) est acidifié avec 1 mL d'HCl concentré puis entreposé à 4°C jusqu'à ce que l'analyse des métaux soit faite. Le résidu solide de la filtration est conservé pour la digestion, dans le cas où un bilan des métaux est fait.

Pour obtenir la quantité de métaux totaux, des digestions à l'aide de HNO<sub>3</sub> avec attaque à l'acide perchlorique et HF repris dans HCl 5%, sont faites pour les sédiments contenus dans les cuvées de chaque essai. Des échantillons certifiés (mess1, Institut de chimie de l'environnement, Ottawa, Canada et le river sediment, Standard reference materiel 1645, National bureau of standards, Washington, D.C., 2034) sont également digérés en parallèle. La méthode de digestion totale des sédiments suivies est celle de l'APHA (1985) no 302g, appliquée au laboratoire de

l'INRS-Eau (Bastille et al., 1989).

Tous les métaux totaux dans le filtrat et dans l'échantillon de sédiment digéré sont analysés sur spectrométrie d'émission au plasma séquentiel (model Atomscan 25 séquentiel fait par Thermo Jarrell Ash Corporation). Les métaux analysés sont Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Zn et C. Toutes les analyses sont faites selon les directives de l'APHA (1985).

### 2.3.3 Analyse des solides totaux, volatils et inertes dans les sédiments

Pour tous les essais, les solides totaux (% ST), les solides volatils (% SV) et les solides inertes (% SI) sont déterminés selon la méthode APHA (1985) no 209F, une fois au cours de l'expérience. Les solides totaux sont le résidu sec qui résulte du séchage à 103°C dans une étuve. Les solides volatils sont la fraction volatilisée après une heure à 550°C, alors que les solides inertes sont la fraction restante.

### 2.3.4 Détermination du carbone total, de l'azote total et du soufre total contenus dans les sédiments

Le carbone, l'azote et le soufre total ont été déterminés par un analyseur des éléments CNS Carlo Erba. La méthode suivie est celle du laboratoire de l'INRS-Eau (Bastille et al., 1989). Les résultats sont exprimés en pourcentage de poids sec des sédiments.

### 2.3.5 Détermination de la granulométrie des sédiments

La granulométrie des sédiments a été déterminée selon la méthode de l'hydromètre (Anonyme, 1986). Les résultats indiquent les différents pourcentages de sable, limon et argile de chacun des sédiments analysés.

## **CHAPITRE 3**

### **ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS: ÉTUDE DES FACTEURS AFFECTANT LA SOLUBILISATION DES MÉTAUX**



## ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS; ÉTUDE DES FACTEURS AFFECTANT LA SOLUBILISATION DES MÉTAUX

### 3.1 Procédé de solubilisation par voie biologique

Différents essais de solubilisation biologique effectués en erlenmeyers de 500 mL ont permis d'évaluer l'influence de divers facteurs sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments par les thiobacilles. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux, d'histogrammes ou de graphiques, où les pourcentages de solubilisation du Zn et du Pb sont montrés en fonction du temps. Ces deux métaux ont été principalement illustrés vu leur concentration plus élevée dans le sédiment #12 qui a servi à faire ces essais. La solubilisation des autres métaux sera vue, de façon plus générale, à la fin de ce chapitre (section 3.1.3.2). Lorsque les essais ont été faits en duplicata, ce sont les moyennes qui sont utilisées pour le traitement des résultats. Pour plusieurs essais, le pH et le POR sont également présentés sous forme graphique, comme indicateurs de la viabilité de Thiobacillus ferrooxidans. Suite aux différents essais expérimentés, la dernière section (3.1.3.3) résume les options potentiellement applicables.

### 3.1.1 Etude de l'influence des facteurs affectant la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments avec une souche acclimatée au $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Pour tous ces essais, l'inoculum utilisé provient d'une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (substrat) (voir section 2.2.2a et 2.2.2b du chapitre matériel et méthodes).

#### 3.1.1.1 Acidification avec $\text{H}_2\text{SO}_4$

Pour les essais inclus dans cette section, tous les sédiments, y compris ceux utilisés pour l'acclimatation de l'inoculum, ont été acidifiés avec de l'acide sulfurique.

##### 3.1.1.1a Souche indigène et effet du $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sur la solubilisation

Les résultats concernant cette section sont présentés aux figures 3.1 et 3.2. Les essais non-stériles (pH=4 avec  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , pH=7 avec ou sans  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) peuvent indiquer la présence de souches de thiobacilles déjà présentes dans les sédiments. Alors que l'essai stérile (pH=4 avec  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) permet d'isoler l'effet du substrat de celui des thiobacilles, sur la solubilisation des métaux.

A la figure 3.1, il est possible de constater que, dans les deux essais non stériles en présence de sulfate ferreux (pH=4 et 7 avec  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), le pH diminue de 3.7 à 2.8 en moyenne pour l'essai à pH=4 avec sulfate ferreux et de 5.3 à 3.3 pour l'essai à pH=7

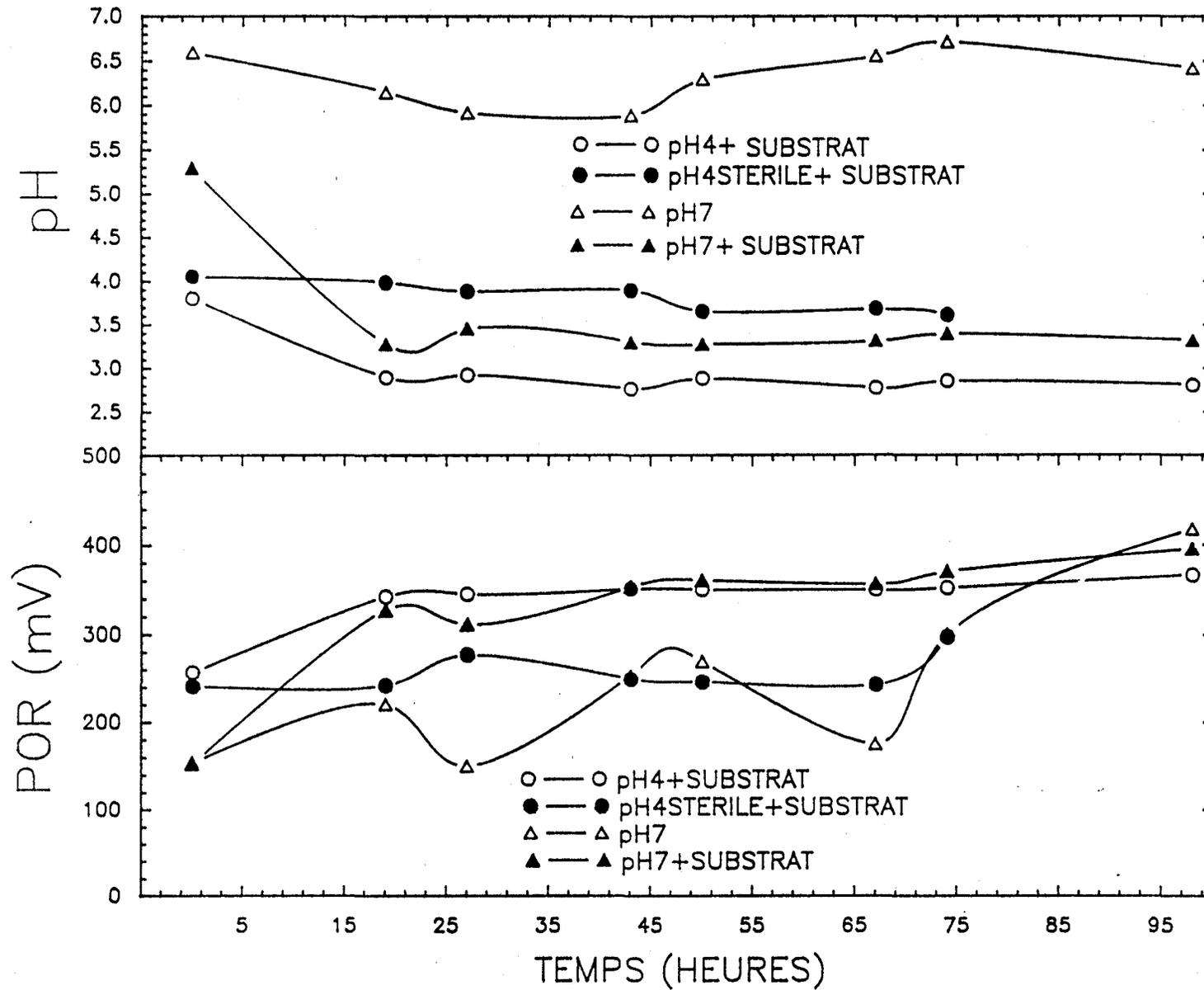


Figure 3.1 POR et pH lors de la vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet du substrat, le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , sur la solubilisation des métaux (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

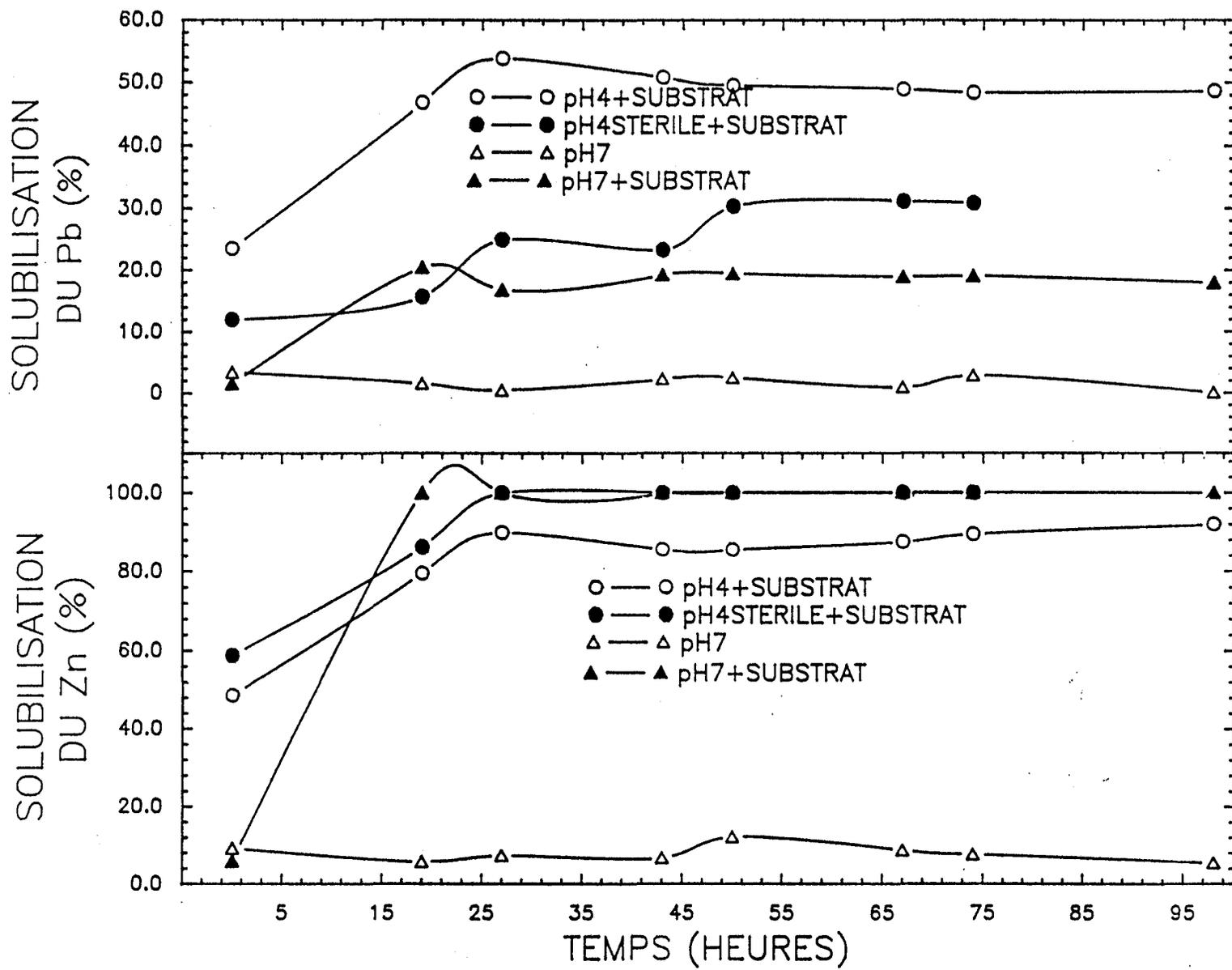


Figure 3.2 Solubilisation biologique du Zn et du Pb lors de la vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet du substrat, le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

avec sulfate ferreux. Une montée dans les valeurs de POR, au-dessus de 350 mV, est aussi observée pour ces deux mêmes essais. Pour l'essai stérile à pH=4, les valeurs de pH et de POR restent à peu près constantes, soit autour de 3.9 pour le pH et de 250 mV pour le POR. Dans le cas de l'essai à pH=7 sans ajout de sulfate ferreux, le pH descend très peu variant entre 6.5 et 6.0 et le POR varie entre 150 et 250 mV.

Il semble donc qu'il y ait la présence d'une souche indigène dans les sédiments acidifiés à pH=4 et 7 dans l'essai non-stérile, avec ajout de sulfate ferreux, qui est en mesure de diminuer le pH et d'augmenter le POR. Sans substrat, cette souche ne se développe pas comme le démontre l'essai à pH=7 sans  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . L'ajout de substrat (voir essai stérile) n'a pas d'effet marqué sur les valeurs de pH et de POR, ces deux paramètres demeurant constants.

La figure 3.2 illustre la solubilisation du Zn et du Pb pour ces mêmes essais. Dans le cas du Zn, les plus hauts rendements de solubilisation sont atteints après 25 heures pour les essais à pH=7 avec ajout de sulfate ferreux et stérile à pH=4; soit près de 100% ou 50 mg Zn solubilisé/L. Dans l'essai à pH=4 non-stérile avec sulfate ferreux, les rendements atteints sont près de 85%. Dans l'essai à pH=7, sans ajout de substrat, la solubilisation est quasi-nulle. Pour le plomb, les meilleurs rendements sont atteints après 24 heures pour l'essai à pH=4 non stérile, i.e. 50% de solubilisation ou 2 mg Pb solubilisé/L. Les rendements pour l'essai stérile se situent autour de 24% (1.2 mg/L) après 24 heures et autour de 20% (0.9 mg/L) pour l'essai à pH=7 avec sulfate ferreux.

Il n'y a aucune solubilisation du Pb dans l'essai à pH=7 sans ajout de substrat.

La solubilisation du Zn semble donc très peu dépendante de la présence des bactéries et ce serait plutôt le pH qui détermine sa solubilisation. Dans les boues aérobies, Couillard et al. (1991b), avaient trouvé que le facteur déterminant la solubilisation du Zn était le pH; une valeur seuil de 5.9 avait été déterminée par régression linéaire. Donc, dans les sédiments à pH=4, la solubilisation du Zn est élevée.

La solubilisation du Pb semble se conduire de façon différente. La présence des bactéries est requise pour obtenir de bons rendements. Le pH n'est donc pas le seul facteur déterminant. Il faut mentionner toutefois que les sédiments utilisés dans ces essais ne contenaient pas plus au total que 5 mg/L de Pb; ce qui peut rendre l'interprétation des résultats plus difficile. En effet de basses concentrations de Pb peuvent influencer le taux de solubilisation (Couillard et Chartier, 1992) et rendent les analyses moins précises.

#### 3.1.1.1b Effet du pH de départ

Le tableau 3.1 permet de comparer les différents pH de départ en regard de la solubilisation du Zn et du Pb, de même que les coûts en acide des différentes options. Entre les pH de départ de 4.0 et 4.5, peu de différences peuvent être observées; les rendements sont semblables dès le début pour le Pb et après 24 heures pour le Zn. Au pH de départ de 5, la solubilisation est

Tableau 3.1 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée ( séd.#12, souche acclimatée au sulfate ferreux).

Temps (heures)	pH de départ					
	4.0		4.5		5.0	
	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)
0	86	26	73	30	69	16
5	--	--	82	27	81	14
23	100	24	90	27	85	15
29	96	27	96	28	88	18
46	100	27	100	28	94	23
53	100	27	100	26	99	25
70	100	25	98	23	91	23
77	100	23	100	22	95	23
94	100	23	100	22	99	21
Coût en acide (\$/t sèche)	7.00		6.18		5.30	

plus longue à démarrer. L'effet se remarque surtout pour le Pb où c'est seulement après 46 heures (23% ou 2.3 mg Pb/L) que les rendements se rapprochent de ceux obtenus aux pH de 4.0 et 4.5.

Une première approximation des coûts en acide  $H_2SO_4$  est indiquée au bas du tableau 3.1 (coût du  $H_2SO_4=122\$/tonne$ ). Il ne s'agit que d'une estimation préliminaire mais, à première vue, il ne semble pas avoir de différence pour l'acidification à des pH de départ de 4.0, 4.5 et 5.0. Donc les rendements de solubilisation et les coûts en acide sont semblables entre les pH de départ de 4.0 et 4.5.

#### 3.1.1.1c Effet du pourcentage d'inoculum

Les différents rendements de solubilisation pour le Zn et le Pb, obtenus avec divers pourcentages d'inoculum ajouté sont indiqués à la figure 3.3. La figure 3.4 illustre les valeurs de pH et de POR avec le temps pour les différents essais. Au départ, l'ajout d'une certaine quantité d'inoculum déjà à pH=4 et à de hautes valeurs de POR, diminue le pH et augmente le potentiel-rédox (POR) des essais.

Pour la solubilisation du Zn, des rendements légèrement supérieurs sont atteints, dès le début, dans le cas des essais avec 20 et 30% d'inoculum (v/v) ajouté. Pour les premiers 24 heures, les essais à 0 et 10% d'inoculum ajouté accusent un retard; par la suite, la solubilisation monte à plus de 90% (i.e. 70 mg Zn/L) pour ces deux essais.

Dans le cas du Pb, les meilleurs rendements de solubilisation

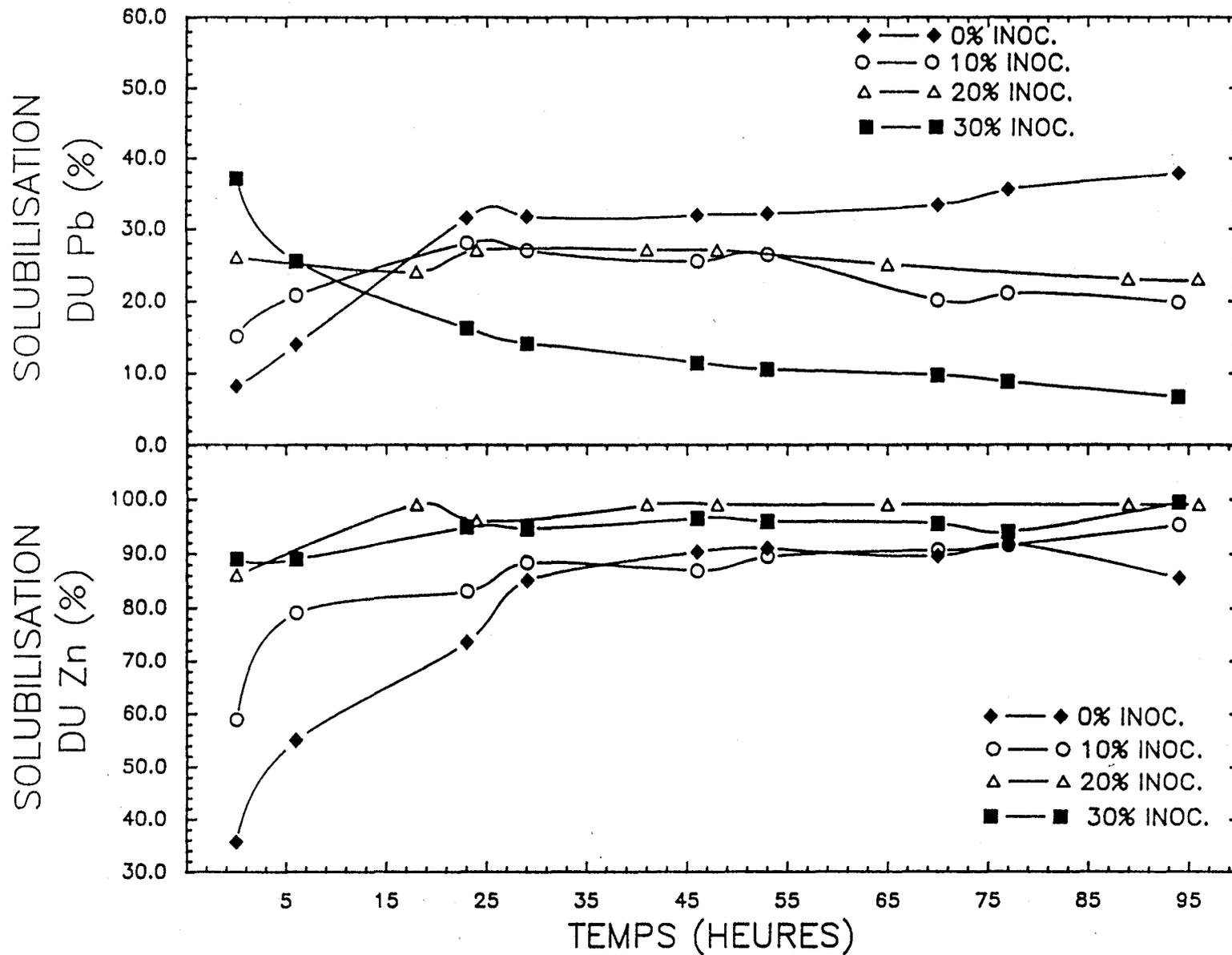


Figure 3.3 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , lors des essais avec différents pourcentages d'inoculum (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

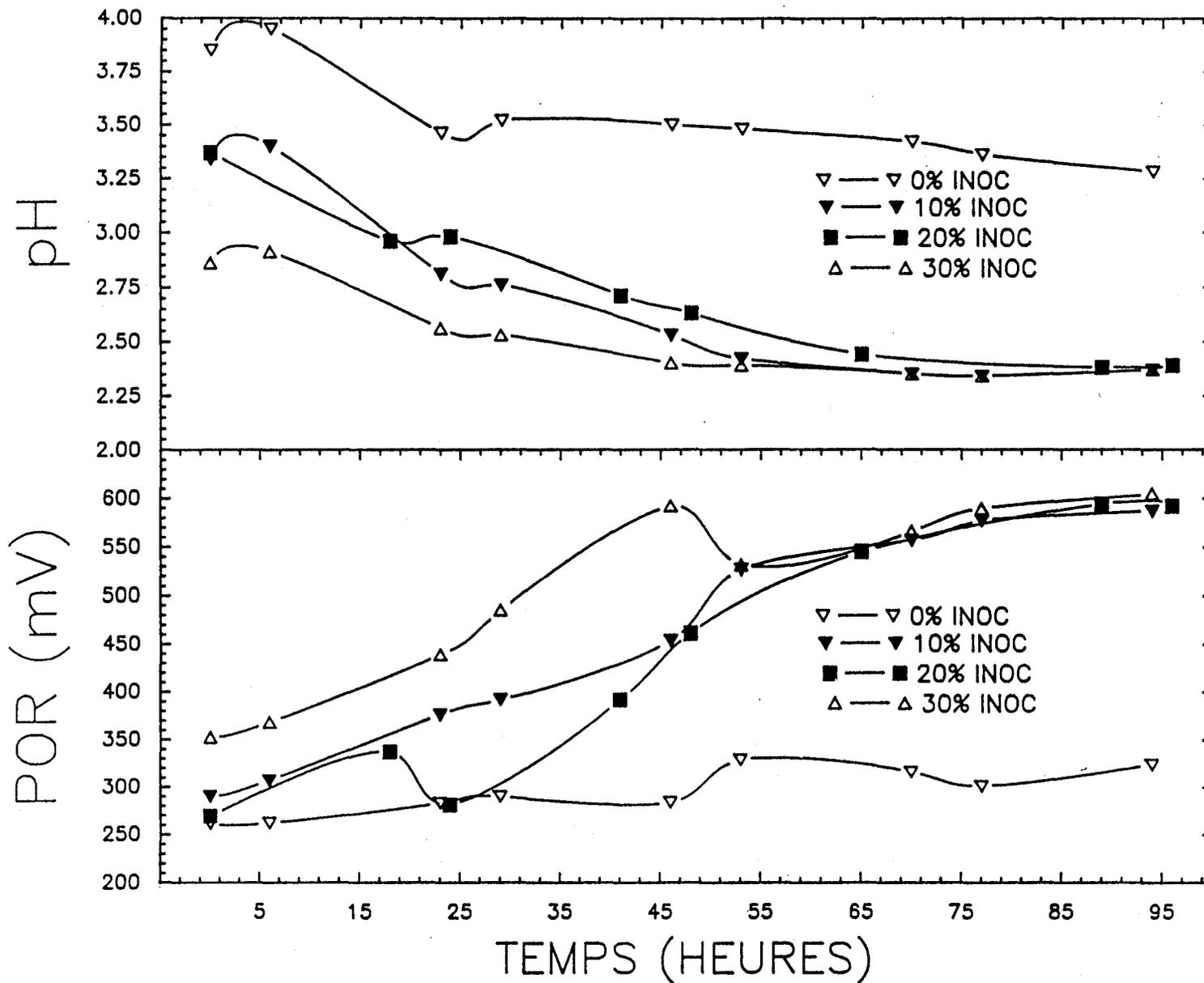


Figure 3.4 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec différents pourcentages d'inoculum (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

sont atteints pour l'essai sans inoculum après 24 heures; soit 30% de solubilisation ou 2.5 mg Pb/L. Les essais à 10 et 20% d'inoculum atteignent des rendements semblables après 24 heures, mais la solubilisation diminue avec le temps pour atteindre 20% de solubilisation (2.0 mg Pb/L) après 96 heures. Pour l'essai à 30% d'inoculum la solubilisation diminue de façon très marquée avec le temps, passant de 37% au temps 0 en moyenne, à moins de 7% après 96 heures (i.e. de 2.70 à 0.60 mg Pb/L).

A la figure 3.4, il est possible de constater que pour l'essai à 0% d'inoculum, le pH demeure au-dessus de 3.5 et le POR en bas de 300 mV. Pour les premiers 48 heures, des résultats un peu meilleurs sont atteints plus rapidement avec 30% d'inoculum; soit un pH de 2.5 et un POR près de 500 mV après 24 heures. A 10 et 20% d'inoculum, les rendements bactériens, i.e. la descente de pH et la montée de POR après 48 heures, sont semblables. L'essai à 30% d'inoculum se rapproche des essais à 10 et 20% d'inoculum avec cependant des résultats un peu plus performants.

Les meilleurs rendements obtenus pour le Zn à 20 et 30% d'inoculum pourraient s'expliquer par des conditions de solubilisation plus adéquate, soit un pH autour de 3.0 et un POR autour de 340 mV dès le temps 0. L'inoculum fonctionnant déjà dans des conditions optimales, son ajout en plus grande quantité explique sa plus grande influence.

L'augmentation du pourcentage d'inoculum diminue la solubilisation du Pb et ce, de façon plus marquée, à 30% d'inoculation. D'autres facteurs que la présence des bactéries,

semblent donc intervenir pour le contrôle de la solubilisation de cet élément. Ainsi la plus grande quantité de sulfates dans l'essai à 30% d'inoculum, en raison d'une concentration de sulfate dans l'inoculum plus élevée (voir l'annexe 4), permet de soupçonner la précipitation du Pb sous forme de  $PbSO_4$ . Les données sont cependant insuffisantes pour l'affirmer de façon certaine. Et il n'y a pas d'effet graduel qui peut être observé en passant de 0 à 10, à 20 et à 30 % d'inoculum.

#### 3.1.1.1d Effet de la quantité de substrat

A la figure 3.5 sont présentés, les rendements de solubilisation du Zn et du Pb avec le temps pour les essais avec différentes quantités de sulfate ferreux. Le pH et le POR, pour ces mêmes essais, sont indiqués à la figure 3.6.

Après 24 heures, les meilleurs rendements de solubilisation du Zn sont atteints pour l'essai à 0 et 20% de sulfate ferreux, soit au-dessus de 95% de solubilisation, i.e. autour de 70 mg Zn/L. Les essais à 5, 10 et 30% de sulfate ferreux donnent des résultats semblables, soit près de 90 % de solubilisation.

Pour le Pb, les rendements obtenus dans les différents essais sont semblables, soit autour de 22% ou 1.7 mg Pb/L. L'essai à 30% de sulfate ferreux est légèrement inférieur ( en moyenne de 5 à 10%), tandis que l'essai sans sulfate ferreux monte à 30% de solubilisation après 96 heures.

Donc pour la solubilisation du Zn et du Pb, la quantité de substrat ajoutée ne semble pas avoir d'influence marquée. Les

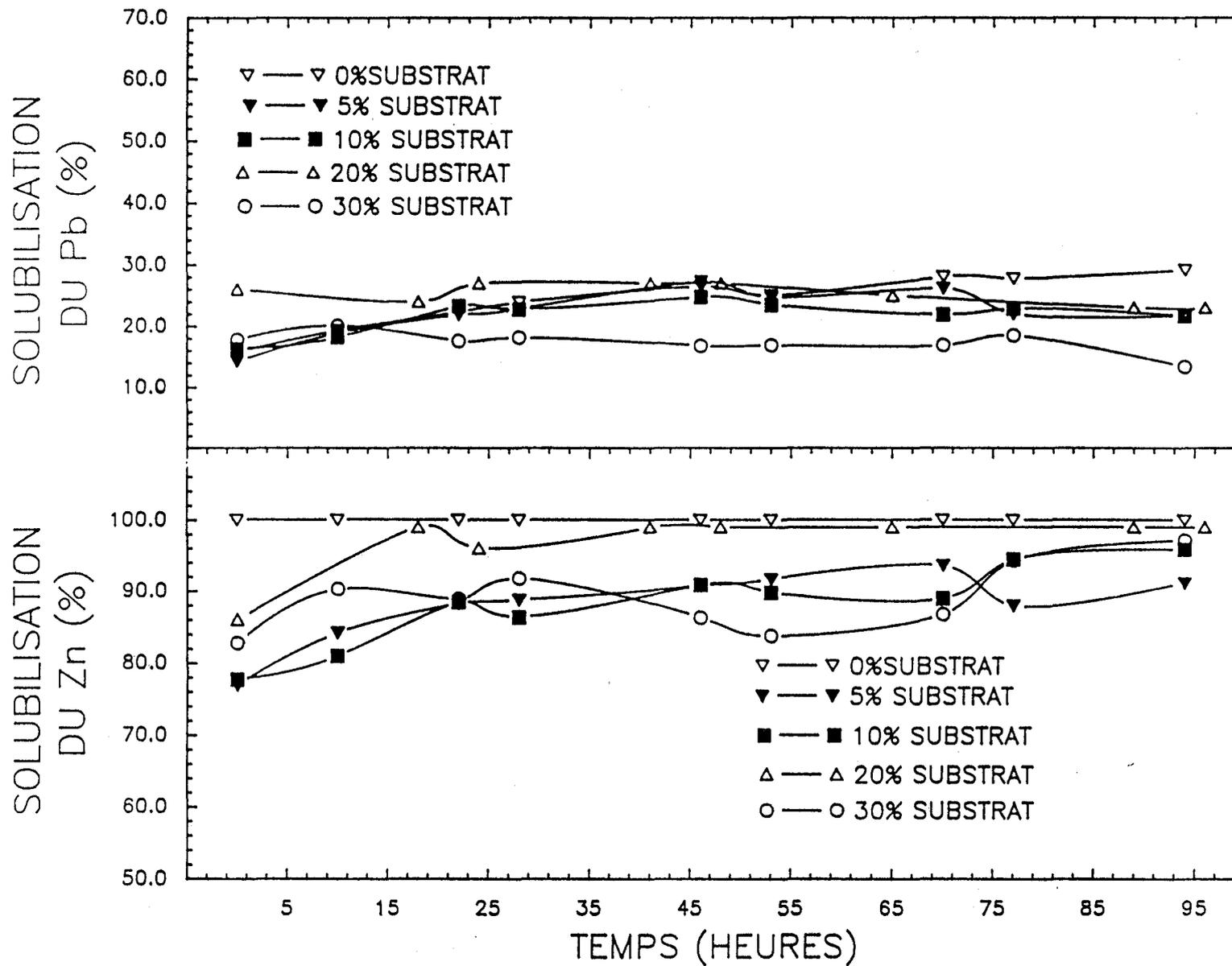


Figure 3.5 Solubilisation biologique du Zn et du Pb, lors des essais avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec ajout de différentes quantités de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

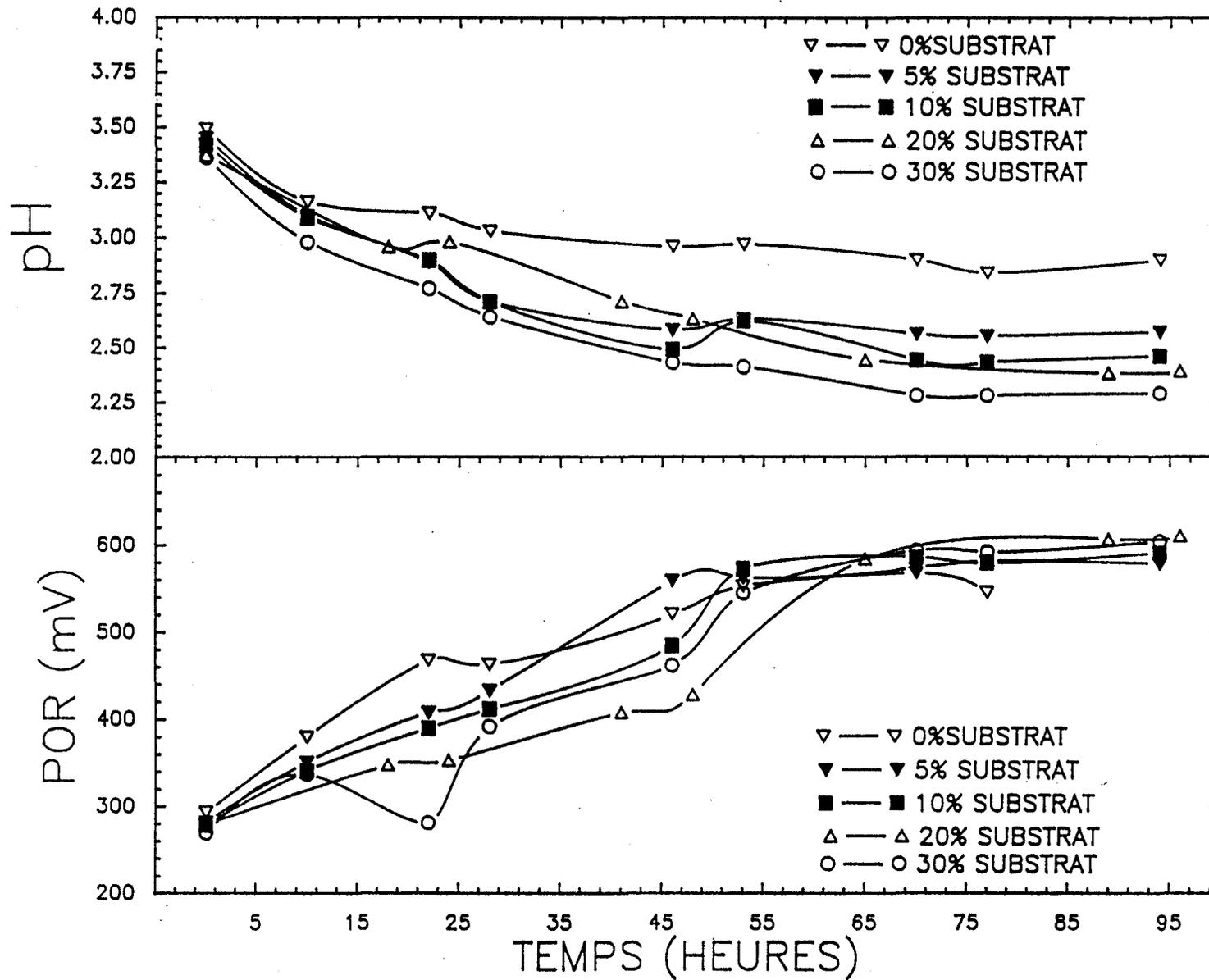


Figure 3.6 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec ajout de différentes quantités de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

rendements bactériens (voir la figure 3.6) ne semblent également pas être influencés de façon importante par la quantité de substrat: les valeurs de pH et de POR des différents essais sont en général assez semblables dans tous les cas. Les résultats sont donc différents de ceux obtenus lors de l'application du procédé dans les boues d'épuration, où la quantité de substrat ajoutée influençait la solubilisation des métaux (Couillard et al., 1990a). Vu son faible coût, 5%  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sera donc la quantité privilégiée.

#### 3.1.1.1e Effet de l'ajout d'azote

Le tableau 3.2 indique les rendements de solubilisation du Zn et du Pb obtenus pour les différents essais contenant diverses quantités d'azote. La figure 3.7 illustre la variation du pH et du POR avec le temps pour ces mêmes essais.

Une diminution de rendement de 15 à 20% peut être observée à mesure que la quantité d'azote (sous forme de  $\text{NH}_4^+$ ) est augmentée de 0 à 50 mg  $\text{NH}_4^+$ /10.8 g sédiment sec. Pour le Zn, la solubilisation augmente avec le temps pour tous les essais, mais diminue de 10% en moyenne à mesure que l'on passe de 0 à 20 et 50 mg  $\text{NH}_4^+$ . Les rendements obtenus à 100mg  $\text{NH}_4^+$  semblent équivalents à ceux obtenus avec 50 mg  $\text{NH}_4^+$ .

Pour le Pb, les rendements sont légèrement supérieurs à 20 mg  $\text{NH}_4^+$  par rapport au contrôle, mais ils diminuent de moitié, i.e. autour de 10% de solubilisation (0.8 à 0.9 mg Pb/L), pour les essais à 50 et 100 mg  $\text{NH}_4^+$ . La solubilisation du Pb n'augmente pas avec le temps.

Tableau 3.2 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée selon différentes quantités d'azote (séd.#12 souche acclimatée au sulfate ferreux).

Temps (heures)	Quantité d'azote							
	0 mgNH <sub>4</sub>		20 mgNH <sub>4</sub>		50 mgNH <sub>4</sub>		100 mgNH <sub>4</sub>	
	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)
0	78	19	68	25	59	12	59	12
5	91	-	75	19	66	10	76	13
22	94	20	80	27	70	12	74	11
32	91	18	84	26	72	10	76	10
51	98	18	81	21	77	11	77	9
59	92	25	83	22	75	11	76	9
74	-	-	88	23	78	10	82	9
81	96	23	89	20	79	10	81	8
96	100	23	87	18	85	10	78	7

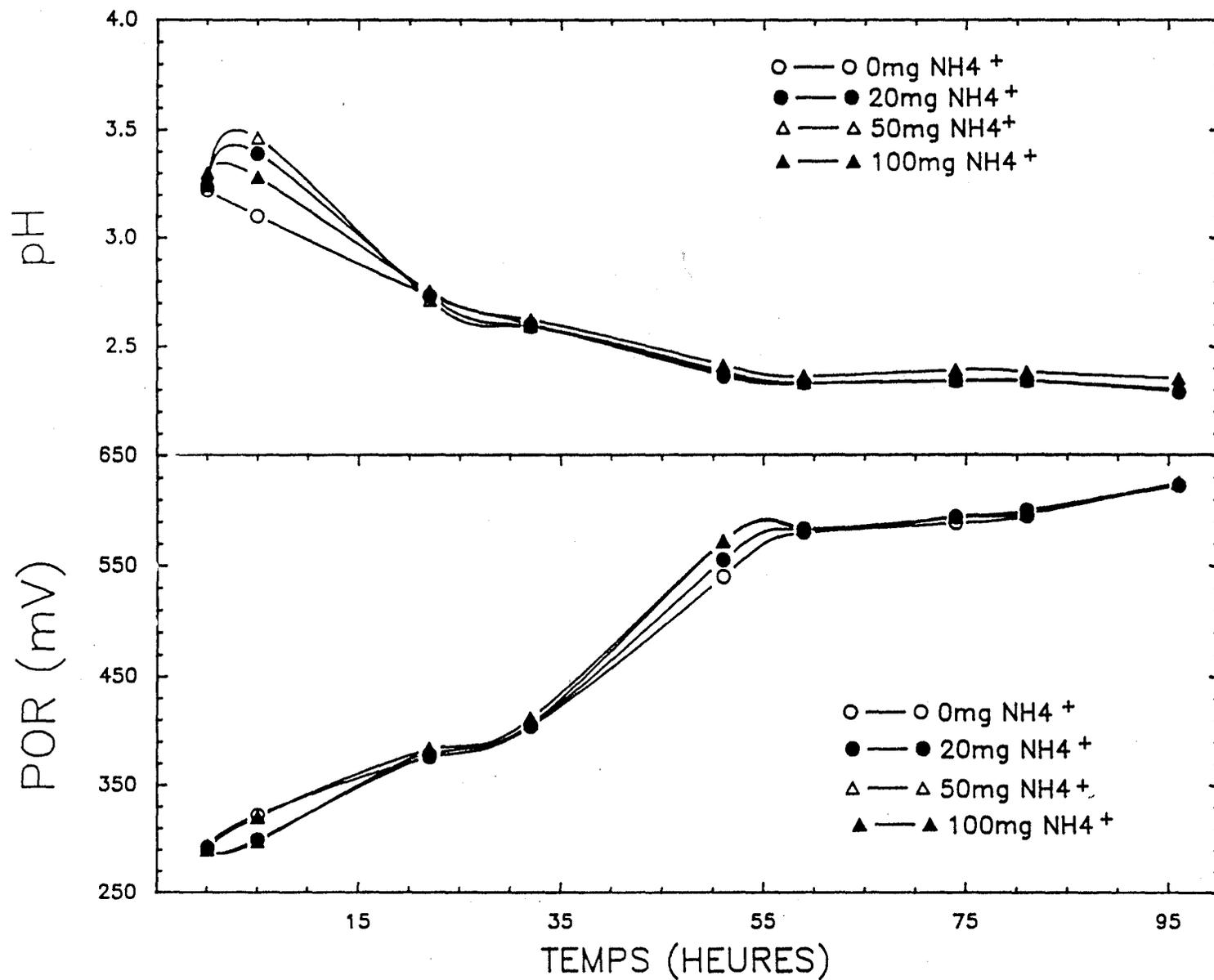


Figure 3.7 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , avec ajout de différentes quantités d'azote ( $\text{mg NH}_4^+ / 10.8 \text{ g séd. sec}$  et acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

La figure 3.7 permet de constater que l'ajout d'azote n'a pas d'influence sur le rendement des thiobacilles, puisque les valeurs de pH et de POR obtenus avec le temps sont tous semblables, pour tous les essais. Il ne semble donc pas que l'ajout d'azote augmente le rendement bactérien bien que cet ajout diminue la solubilisation du Zn et du Pb. La diminution de la solubilisation du Pb pourrait possiblement s'expliquer par l'ajout de  $\text{SO}_4^{-2}$  puisque l'azote est ajouté sous forme de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Il se formerait alors des précipités insolubles de  $\text{PbSO}_4$ . Pour expliquer la légère diminution de la solubilisation du Zn, un autre mécanisme doit être invoqué puisque le sulfate de Zn est soluble. Pour conclure, le sédiment #12 contiendrait assez d'azote, soit 0.006g d'azote total/g sédiment sec, et aucun ajout d'azote n'est requis.

#### 3.1.1.1f Effet de l'ajout de phosphore

Le tableau 3.3 indique la solubilisation du Zn et du Pb avec le temps pour les essais où différentes quantités de phosphore ont été ajoutées. A la figure 3.8, ce sont le pH et le POR obtenus par ces mêmes essais qui sont présentés.

Avant 48 heures, les rendements de solubilisation du Zn diminuent de façon graduelle de 7 à 15%, à mesure que la quantité de phosphore est augmentée de 0 à 40 mg (i.e. de 86 à 73%). Après 48 heures, les pourcentages de solubilisation se rapprochent. Dans le cas du Pb la solubilisation diminue de 5% à mesure que la quantité de phosphore ajoutée est augmentée, soit 27, 20, 10 et 10% de solubilisation en moyenne pour les essais avec 0, 10, 20 et 40 mg

Tableau 3.3 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée selon différentes quantités de phosphore (séd.#12 souche acclimatée au sulfate ferreux).

Temps (heures)	Quantité de phosphore							
	0 mgPO <sub>4</sub>		10 mgPO <sub>4</sub>		20 mgPO <sub>4</sub>		40 mgPO <sub>4</sub>	
	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)
0	86	26	79	21	80	15	73	10
18	100	24	89	18	79	10	79	10
24	96	27	91	21	77	10	77	10
41	100	27	93	21	88	10	88	10
48	100	27	95	20	89	10	89	10
65	100	25	96	18	93	7	93	7
89	100	23	98	17	100	5	100	5
96	100	23	96	18	100	4	100	4

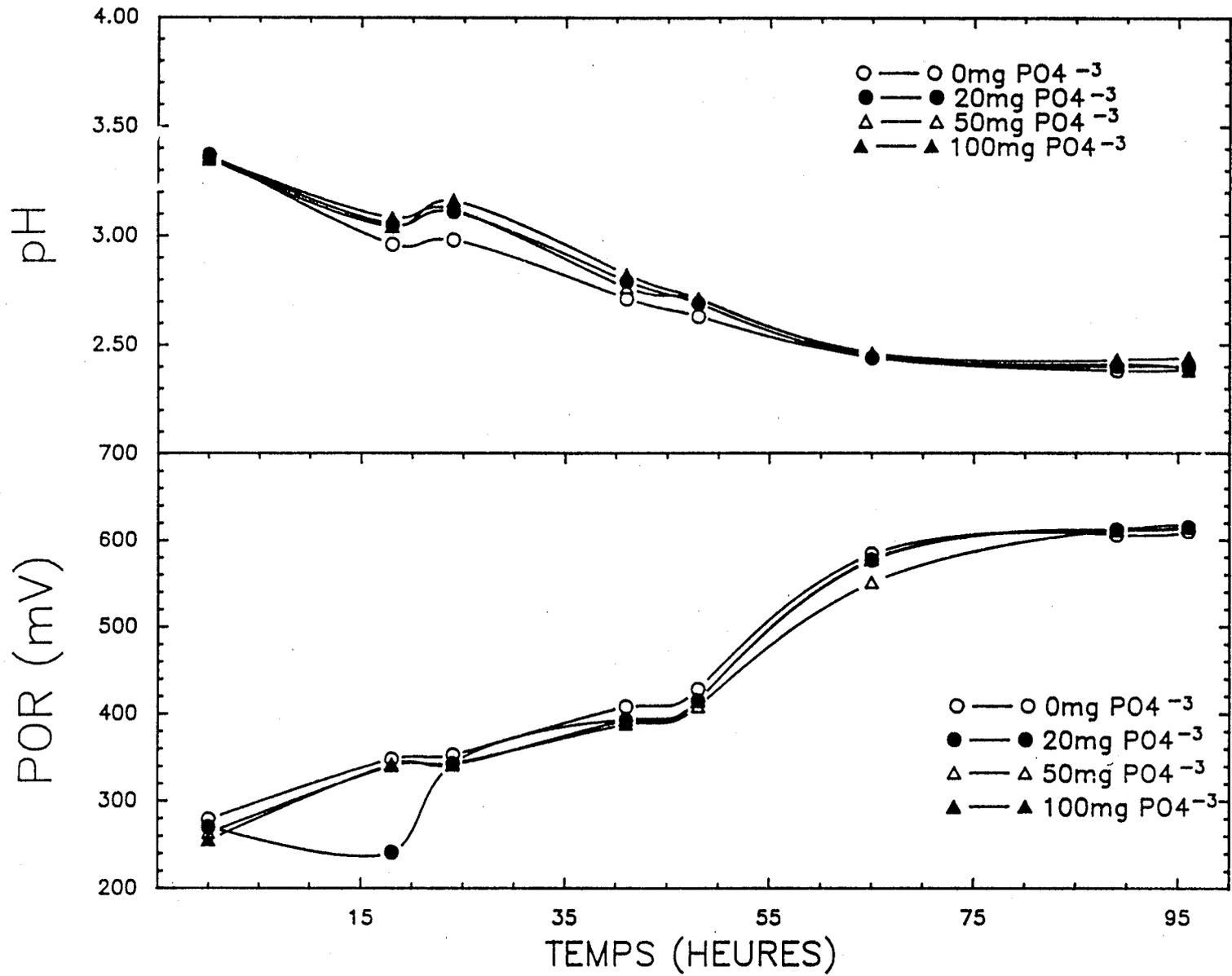


Figure 3.8 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, avec ajout de différentes quantités de phosphore (mg PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/12 g séd. sec et acidification des sédiments avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

$\text{PO}_4^{-3}$  respectivement. Après 96 heures, à 20 et 40 mg  $\text{PO}_4^{-3}$ , un seuil minimal de 4% de solubilisation est atteint (soit autour de 0.6 mg Pb/L).

Tout comme dans le cas des essais avec ajout d'azote, la figure 3.6 montre de façon très claire qu'il n'y a pratiquement pas de différence en regard de l'efficacité des thiobacilles pour les différents essais. En effet, les valeurs de pH et de POR, sont sensiblement les mêmes pour tous les essais, peu importe la quantité de phosphore ajoutée. Donc l'ajout de phosphore n'améliore pas l'efficacité des bactéries, mais diminue la solubilisation du Pb et du Zn. Il est probable que les métaux précipitent avec les  $\text{PO}_4^{-3}$ . Encore ici, la quantité de phosphore contenue dans le sédiment #12 semble suffisante pour assurer le bon fonctionnement des thiobacilles.

#### 3.1.1.1g Effet du pourcentage de solides totaux

Les résultats concernant la solubilisation du Zn et du Pb dans des essais avec différents pourcentages de solides totaux (ST) sont illustrés à la figure 3.9 et 3.10. Dans les essais présentés à la figure 3.9, il y a eu acidification (sauf pour l'essai à 3% ST) à pH=1.75 avec HCl après 97 heures, alors qu'à la figure 3.10, l'acidification a été faite après 48 heures.

Pour la solubilisation du Zn dans les deux séries d'essais, au-dessus de 84% de solubilisation est obtenu, i.e. jusqu'à 175 mg Zn/L, après 24 heures pour les essais à 3%, 5%, 7% et 10% de solides totaux. À 15 et 25% de solides totaux, il y a un retard

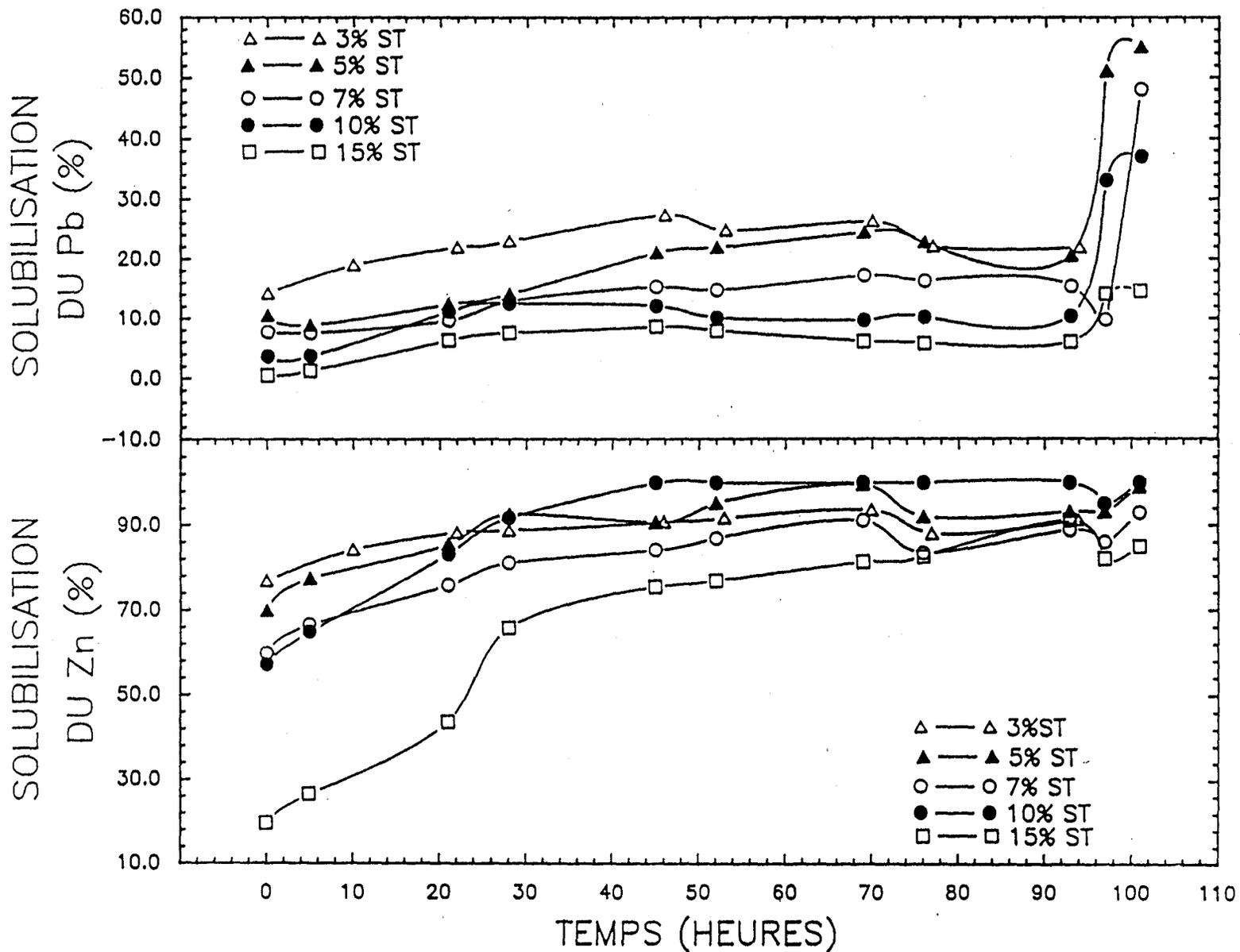


Figure 3.9 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , pour différentes concentrations de solides totaux (ST) et acidification des sédiments à pH 1.75 avec HCl après 97 heures, sauf pour l'essai à 3% ST (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

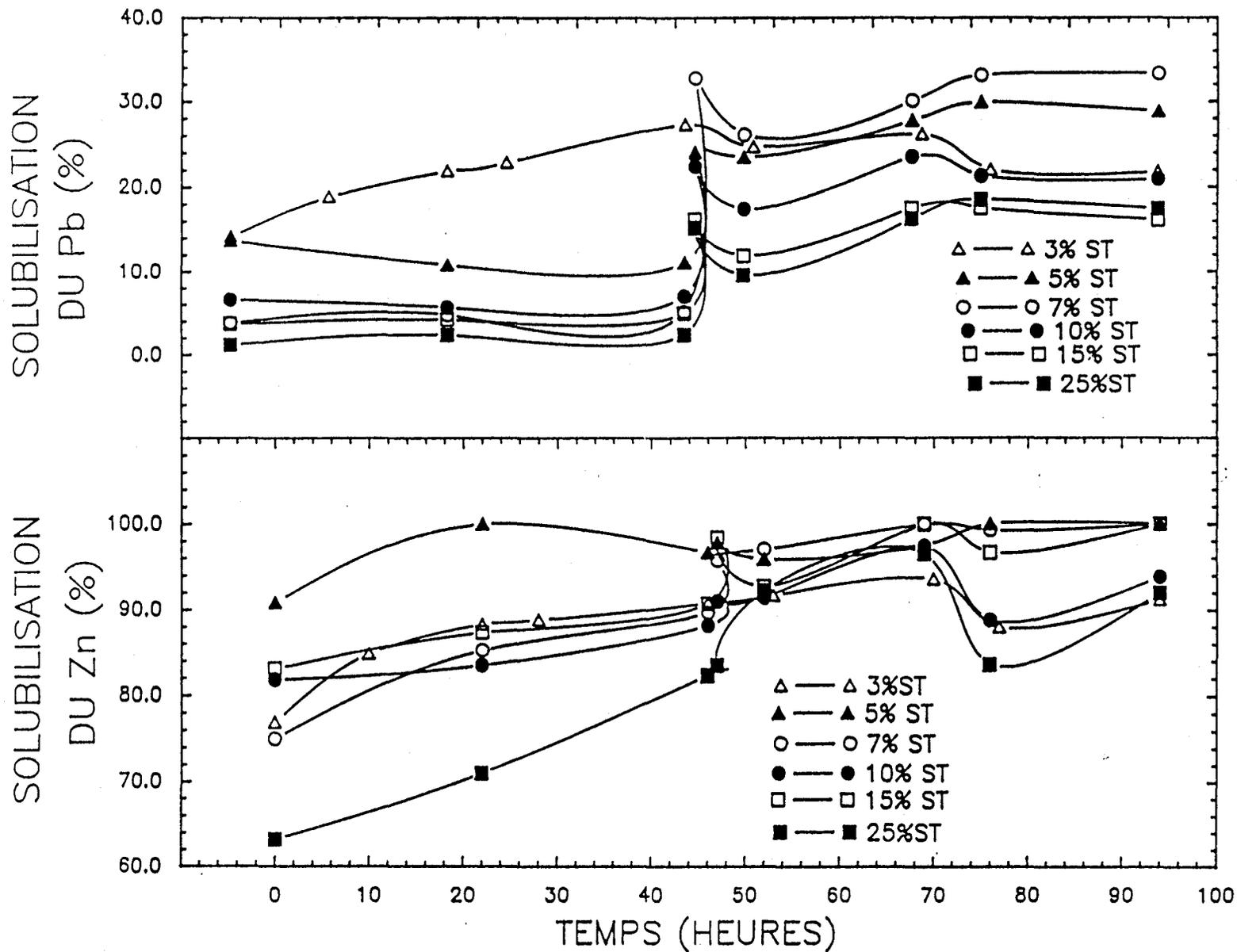


Figure 3.10 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , pour différentes concentrations de solides totaux (ST) et acidification des sédiments à pH 1.75 avec HCl après 48 heures (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

dans la solubilisation du Zn; après 24 heures celle-ci ne dépasse pas 51% (216 mg Zn/L) à 15% ST et 71% (430 mg Zn/L) à 25% de solides totaux (voir figure 3.9 et 3.10). L'acidification avec HCl après 48 heures et 97 heures ne semble pas augmenter la solubilisation du Zn.

Les figures 3.9 et 3.10 montrent qu'il y a une diminution de la solubilisation du Pb avec l'augmentation du pourcentage de solides totaux. Les essais avec les plus faibles teneurs en solides totaux obtiennent les plus hauts rendements, soit au-dessus de 20% de solubilisation. Avec 7, 10, 15 et 25% de solides totaux, la solubilisation oscille entre 0 et 10%. L'acidification avec HCl à pH=1.75 augmente de façon radicale la solubilisation du Pb en solution, soit entre 1 à 3 mg Pb en solution avant l'acidification et entre 6 à 12 mg Pb en solution après l'acidification.

L'augmentation de la teneur en solides totaux diminue donc la solubilisation des métaux, surtout celle du Pb. L'acidification avec HCl à pH=1.75 n'augmente pas de façon importante la solubilisation du Zn, mais elle augmente la solubilisation du Pb. Par contre, en considérant les grandes quantités de Pb présentes aux teneurs en solides totaux élevées (jusqu'à 86 mg/L à 25% ST), les quantités solubilisées demeurent quand même relativement faibles, i.e. pas plus de 30% de solubilisation dans le meilleur des cas (voir figure 3.10).

#### 3.1.1.1h Effet de la température

Le tableau 3.4 indique la solubilisation du Zn, du Pb et du Cu avec le temps, lors de l'application du traitement de solubilisation biologique à trois températures différentes: 6°C, 10°C et 21°C. A la figure 3.11, la variation de pH et de POR pour ces mêmes essais est illustrée.

La solubilisation du Zn varie entre 90 et 100% aux trois températures expérimentées. Celle du Pb oscille entre 13 et 22% à 6°C, autour de 15% à 10°C et 20% à 21°C. Il est donc difficile de discerner un effet important de la température sur la solubilisation du Zn et du Pb.

La solubilisation du Cu a été représentée ici malgré sa faible concentration dans les sédiments, car en général, cet élément est un plus fidèle indicateur de la solubilisation biologique. Le tableau 3.4 montre, de façon claire, une hausse de la solubilisation de cet élément avec l'augmentation de la température. Par exemple après 48 heures, 20% du Cu est solubilisé à 6°C, 25% à 10°C et 50% à 21°C.

L'effet de la température sur les thiobacilles est aussi bien démontré à la figure 3.11. Les plus grandes diminutions de pH et de montées de POR sont observées à 21°C, suivi de 10°C et enfin 6°C. L'effet se voit très clairement surtout après 75 heures. Et à 165 heures, les valeurs optimales de pH et de POR ne sont pas encore atteintes pour les essais effectués à 6°C et 10°C. Il semble donc que la diminution de température affecte le développement des thiobacilles. Ces résultats sont en accord avec d'autres travaux faits sur les thiobacilles. Torma (1986), avait déterminé que la

Tableau 3.4 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée à différentes températures (séd.#12 souche acclimatée au sulfate ferreux).

Temps (heures)	Température								
	6C			10C			21C		
	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)
0	75.0	14.2	0.4	90.5	6.0	3.4	92.4	17.2	0.0
5	89.5	11.5	0.9	--	--	--	100.0	20.6	3.1
22	90.8	13.9	8.9	100.0	20.4	15.6	--	--	--
27	93.7	13.4	12.6	100.0	22.7	20.0	100.0	16.7	24.4
48	92.6	16.9	19.8	97.6	14.3	24.7	97.8	18.3	50.2
70	93.6	18.9	27.8	100.0	19.9	35.2	100.0	22.2	76.6
77	91.2	22.0	28.5	--	--	--	100.0	18.8	77.4
98	96.2	22.6	37.1	97.4	14.4	35.6	100.0	20.5	85.3
119	93.1	22.2	42.9	100.0	17.7	46.3	100.0	18.9	84.2
152	90.8	22.6	46.6	--	--	--	100.0	13.5	80.7
165	--	22.8	53.0	100.0	20.9	54.7	--	--	--

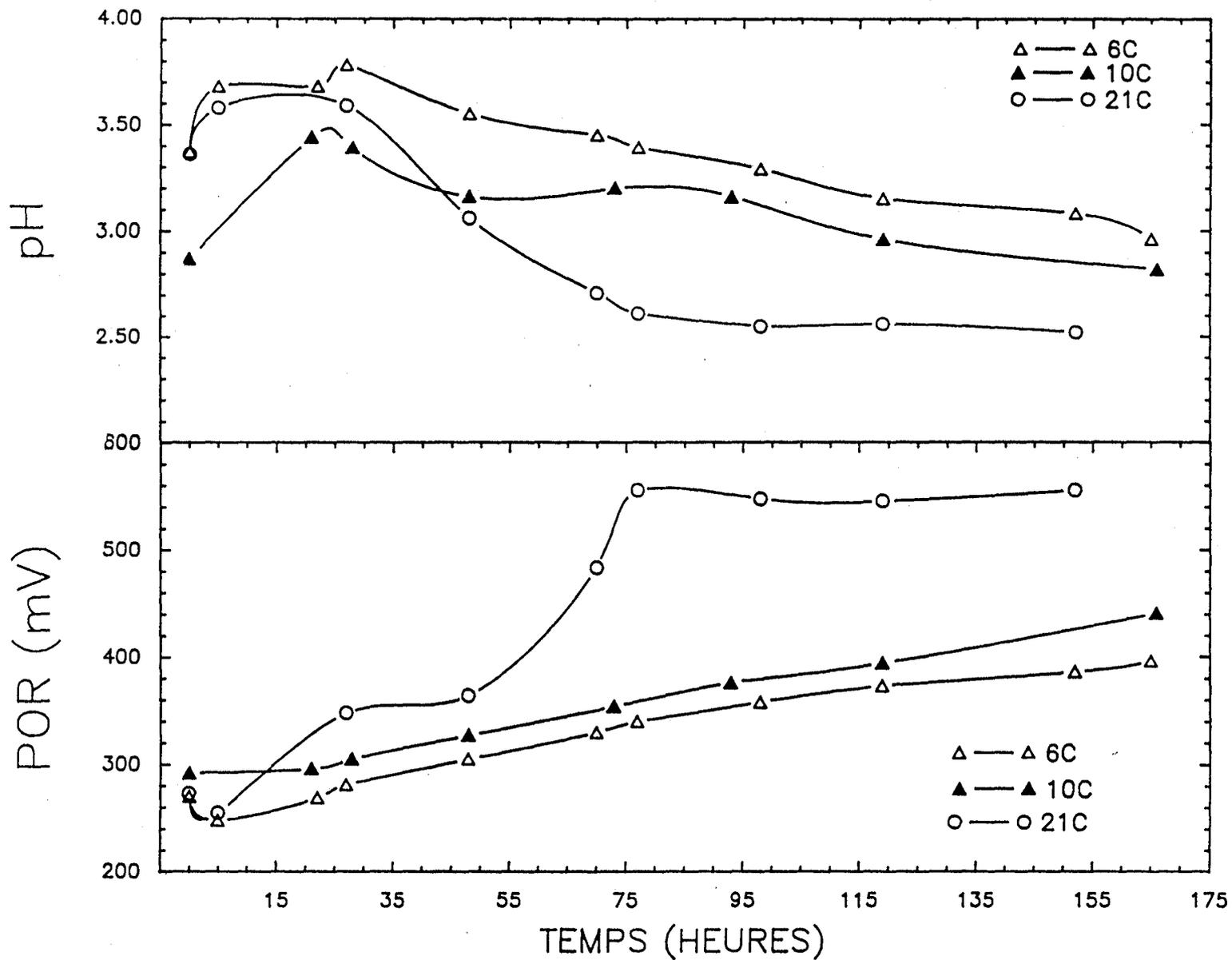


Figure 3.11 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , à différentes températures (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

température minimale pour T. ferrooxidans était 15°C. Dans les boues, Wong et Henry (1984a), ont trouvé une hausse dans l'efficacité des thiobacilles à solubiliser les métaux lorsque la température passait de 10 à 25°C.

### 3.1.1.1i Effet de la décantation et de l'acidification avec HCl après 48 heures de traitement

La figure 3.12 représente la solubilisation du Zn et du Pb dans deux types d'essais. Après 46 heures, dans l'un des essais, les sédiments ont été décantés puis acidifiés avec HCl à pH 1.75, tandis que dans l'autre essai, les sédiments ont été seulement acidifiés à pH 1.75.

Après 46 heures, dans le cas du Zn, le pourcentage moyen de solubilisation se situe autour de 85% pour l'essai avec décantation et autour de 77.9% pour l'essai sans décantation. Alors que dans le cas du Pb, après 46 heures, le rendement moyen est de 43.6% pour l'essai avec décantation et 38% pour l'essai sans décantation.

Il semble donc qu'une décantation préalablement à l'acidification, augmente d'au plus 5% les rendements de solubilisation. Cette augmentation pourrait s'expliquer par l'enlèvement des  $SO_4^{-2}$  solubles lors du remplacement du surnageant de la décantation, ce qui peut hausser la solubilisation du Pb. Dans l'essai avec décantation (voir annexe 10), la quantité de sulfate en solution estimée à partir du soufre total soluble, passe de 640 mg S/L au temps 0; à 149.4 mg S/L à 47 heures (i.e. après décantation); à 174 mg S/L à 75 heures. Pour l'essai sans

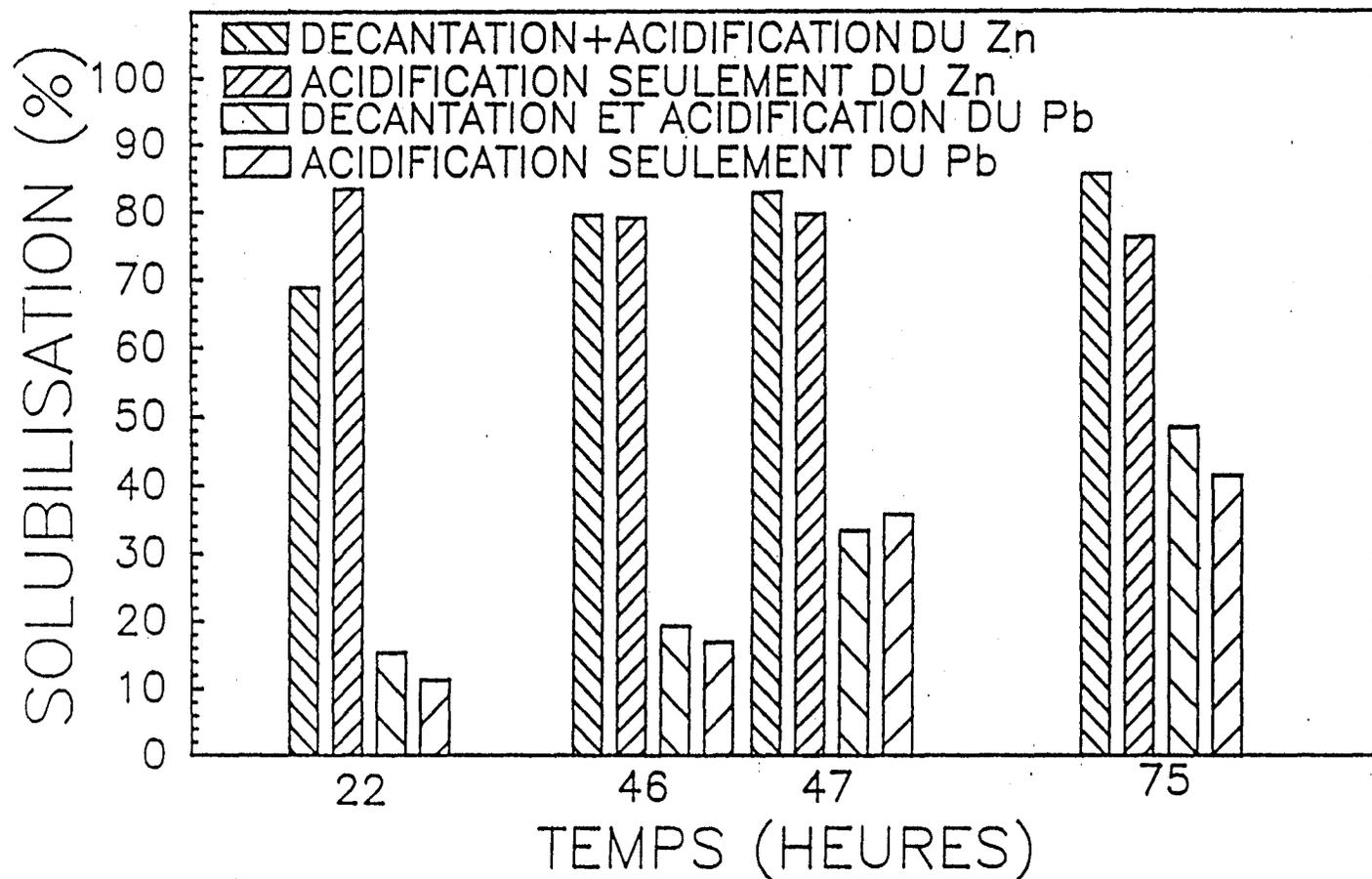


Figure 3.12 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , pour les essais avec décantation et acidification après 46 heures et pour les essais avec une simple acidification (acidification des sédiments au départ avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

décantation, les quantités de  $\text{SO}_4^{-2}$  pour les mêmes temps sont de 680 mg/L, 678 mg/L et 630 mg/L. Egalement il se peut qu'un nouvel équilibre chimique s'établisse, étant donné que les métaux solubles ont été enlevés, ce qui peut favoriser une plus grande présence des métaux en solution. Toutefois une différence de rendement de 5% demeure quand même faible pour pouvoir conclure de façon certaine.

### 3.1.1.2 Acidification des sédiments au départ avec HCl

Les essais traités dans cette section ont été faits avec des sédiments acidifiés au départ avec HCl. Les sédiments utilisés pour acclimater l'inoculum étaient également acidifiés avec HCl. Le substrat utilisé demeure le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

La figure 3.13 illustre les résultats de solubilisation biologique du Zn, Cu et Pb ainsi que le pH et POR correspondants. Le pH de départ est de 2.

Jusqu'à 48 heures, il est possible d'observer une montée dans les valeurs de pH de 2.14 à 2.46; puis par la suite, le pH tend à redescendre. Le POR tend à augmenter de façon constante passant de 379 mV au temps 0 à 440 mV après 48 heures et à 585 mV après 97 heures.

La solubilisation du Zn passe de 80 à 100% (68 à 97 mg Zn/L), celle du Cu de 16% (0.49 mg Cu/L) à 53% (1.6 mg Cu/L) à 21 heures et à 72% (2.2 mg Cu/L) après 76 heures. Quant à la solubilisation du Pb, elle diminue de 44 à 34% (3.5 à 2.7 mg Pb/L) dans les premiers 24 heures, puis demeure autour de 32% (2.6 mg Pb/L).

Il ne semble pas que les rendements soient supérieurs si le pH

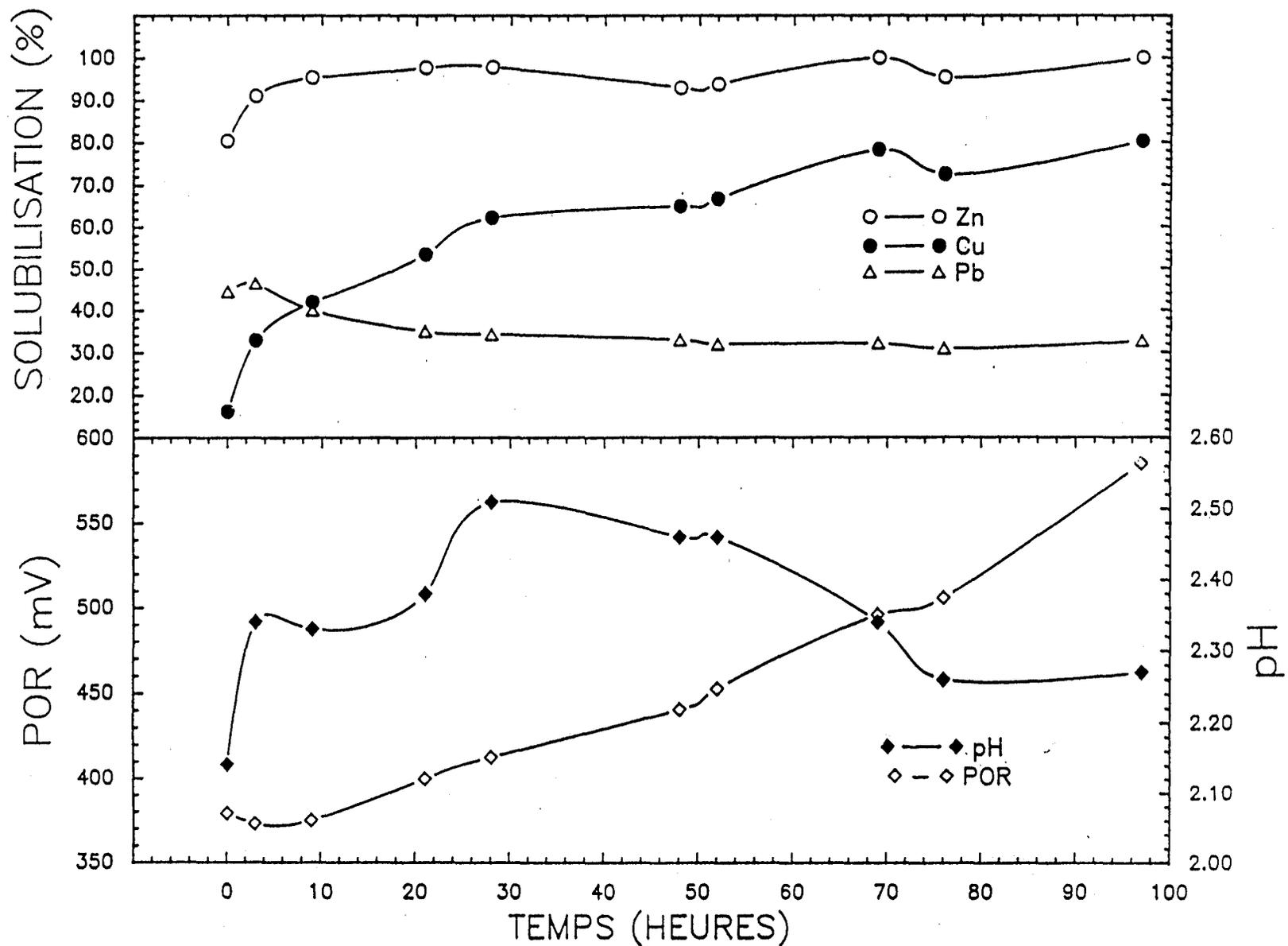


Figure 3.13 POR, pH et solubilisation biologique du Zn, Cu et Pb dans les essais avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  et acidification initiale des sédiments, à pH 2, avec HCl.

initial est de 2 plutôt que 4: la montée de POR est semblable à celle observée pour les essais effectués avec des sédiments acidifiés à pH=4 ( $H_2SO_4$ ); de plus une hausse des valeurs de pH peut même être observée, et ce malgré un inoculum en bonne forme (voir annexe 1bvi). La toxicité des ions chlorures trouvée par Tuovinen et al. (1971), ne peut possiblement pas expliquer cette augmentation des valeurs de pH. Ces auteurs avaient trouvés que  $Cl^-$  pouvaient être toxiques, à Thiobacillus ferrooxidans, à des concentrations de 6 à 14 g  $Cl^-/L$ , car alors le pourcentage de  $Fe^{+2}$  oxydé en  $Fe^{+3}$  diminuait de 100 à 12%. Dans les sédiments utilisés pour l'essai dont il est question ici, les quantités de  $Cl^-$  provenant de l'ajout d' $HCl$ , sont estimées à 1.33 g  $Cl^-/L$ : donc des concentrations largement inférieures aux concentrations toxiques. Cette augmentation de pH pourrait aussi s'expliquer par la capacité tampon du sédiment à pH=2. Une acidification en continu pourra éviter ce genre de problème.

Par ailleurs, ces faibles valeurs de pH, permettent, dès le début, i.e. après 3 heures, une solubilisation quasi immédiate du Zn. Encore ici, il est possible d'observer que le facteur déterminant dans la solubilisation du Zn est le pH (Couillard et al., 1992a; 1991b).

Les rendements de solubilisation du Cu semblent les mêmes que ceux observés dans d'autres essais où le pH de départ était 4 et l'acidification des sédiments faite avec  $H_2SO_4$ . La corrélation entre le POR et la solubilisation du Cu a bien été démontrée lors de l'application du procédé de solubilisation biologique pour les

boues d'usine d'épuration (Couillard et al., 1992a; 1991b). C'est ce qui pourrait expliquer que les faibles valeurs de pH observées ici, n'augmentent pas nécessairement la solubilisation du Cu. En fait, de hautes valeurs de POR sont aussi nécessaires.

Malgré une diminution de 10% qui survient dans les premières heures de l'essai, la solubilisation du Pb est éventuellement supérieure de 10% aux essais effectués à pH=4 avec acidification des sédiments avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (i.e. un pourcentage de solubilisation se situant entre 30 et 35% obtenu à pH=2 comparé à 20 et 25% obtenus à pH=4). Outre un pH initial plus bas (pH=2 au lieu de pH=4), il est possible que ce soit l'utilisation d'HCl qui augmente la solubilisation initiale du Pb. En effet, la présence d'HCl augmente les ions Cl<sup>-</sup> en solution qui peuvent alors former des complexes solubles avec le Pb. De même, l'utilisation d'HCl au lieu de l'acide sulfurique résulte en une plus faible teneur en sulfate; ce qui cause une diminution du précipité PbSO<sub>4</sub> et donc plus de Pb<sup>+2</sup> en solution. La diminution de 10% observée au départ pour la solubilisation du Pb pourrait possiblement s'expliquer par une précipitation du Pb avec les sulfates qui proviennent du substrat.

### 3.1.2 Etude de l'influence des facteurs affectant la solubilisation

biologique des métaux dans les sédiments avec une souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>.

Pour tous les essais, l'inoculum utilisé a été acclimaté au FeCl<sub>2</sub> (voir section 2.2.2c et 2.2.2d de matériel et méthodes).

### 3.1.2.1 Acidification des sédiments au départ avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Pour tous les essais inclus dans cette section, l'acidification des sédiments a été fait avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, y compris celle des sédiments utilisés pour l'acclimatation des inoculums.

#### 3.1.2.1a Effet du FeCl<sub>2</sub> sur la solubilisation

L'effet du FeCl<sub>2</sub> sur la solubilisation biologique (sans inoculation) à partir de sédiments acidifiés avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH=4) est montré aux figures 3.14 et 3.15. A la figure 3.14, les valeurs de pH et de POR des différents essais sont indiqués, alors qu'à la figure 3.15, ce sont les pourcentages de solubilisation du Zn et du Pb de ces mêmes essais qui sont illustrés. L'essai stérile permet d'isoler l'effet du FeCl<sub>2</sub> de celui des thiobacilles d'une souche indigène possiblement présente dans l'essai non-stérile.

La figure 3.14 montre une montée dans les valeurs de POR pour les deux essais (stériles et non-stériles). Toutefois après 29 heures, la montée est beaucoup plus rapide et continue pour l'essai non-stérile, alors que pour l'essai stérile le potentiel-rédox plafonne autour de 250 mV. Les valeurs de pH de l'essai stérile augmentent pendant les premiers 20 heures puis redeviennent constantes à environ 3.7. Pour l'essai non-stérile, il y a diminution du pH avec le temps, surtout après 29 heures alors que la diminution est très marquée.

Il semble donc que l'ajout de FeCl<sub>2</sub> permette le développement d'une souche indigène, puisqu'il y a augmentation du POR et diminution du pH avec le temps dans le cas de l'essai non-stérile,

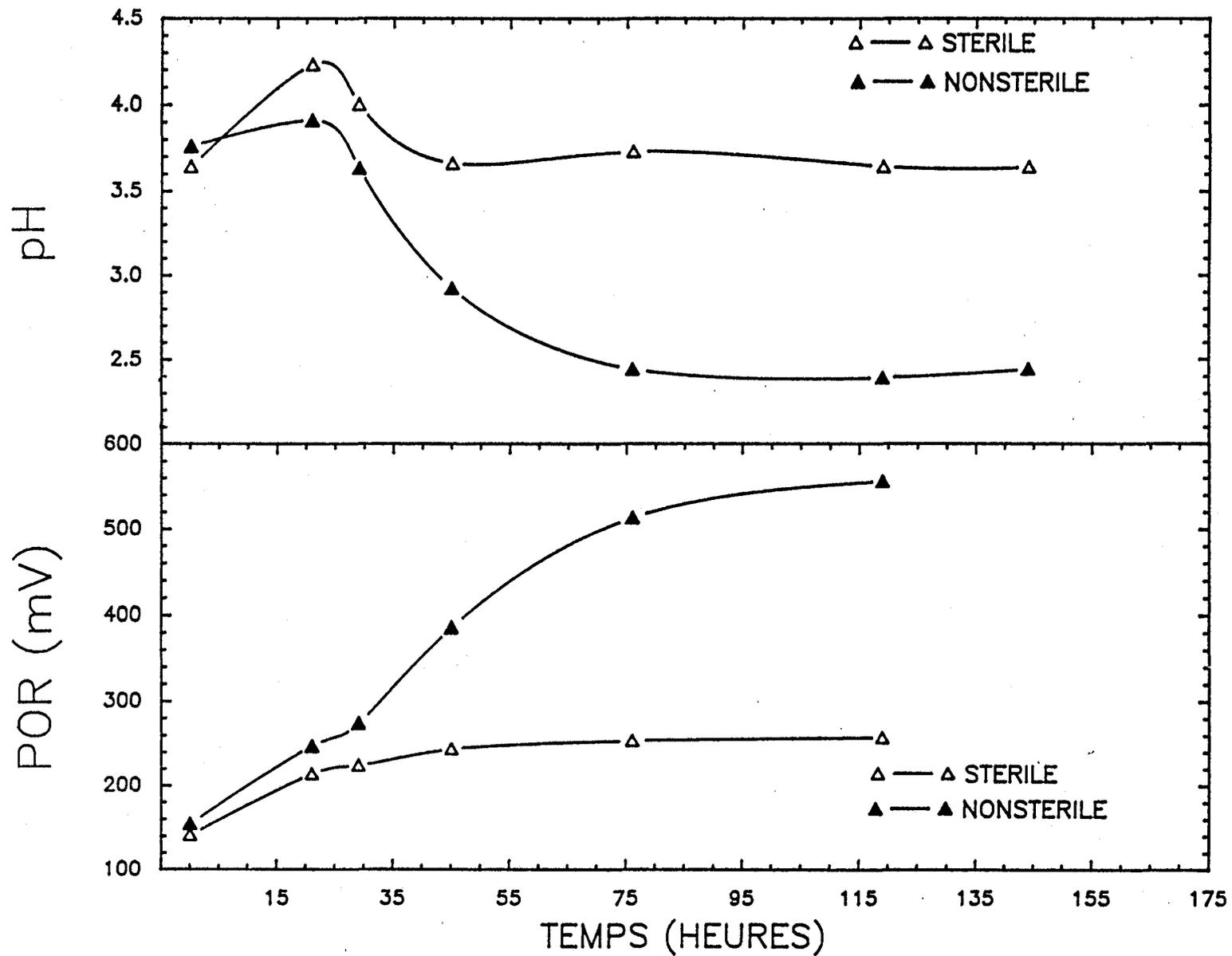


Figure 3.14 POR et pH lors de la vérification de l'effet du  $\text{FeCl}_2$  sur la solubilisation biologique (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

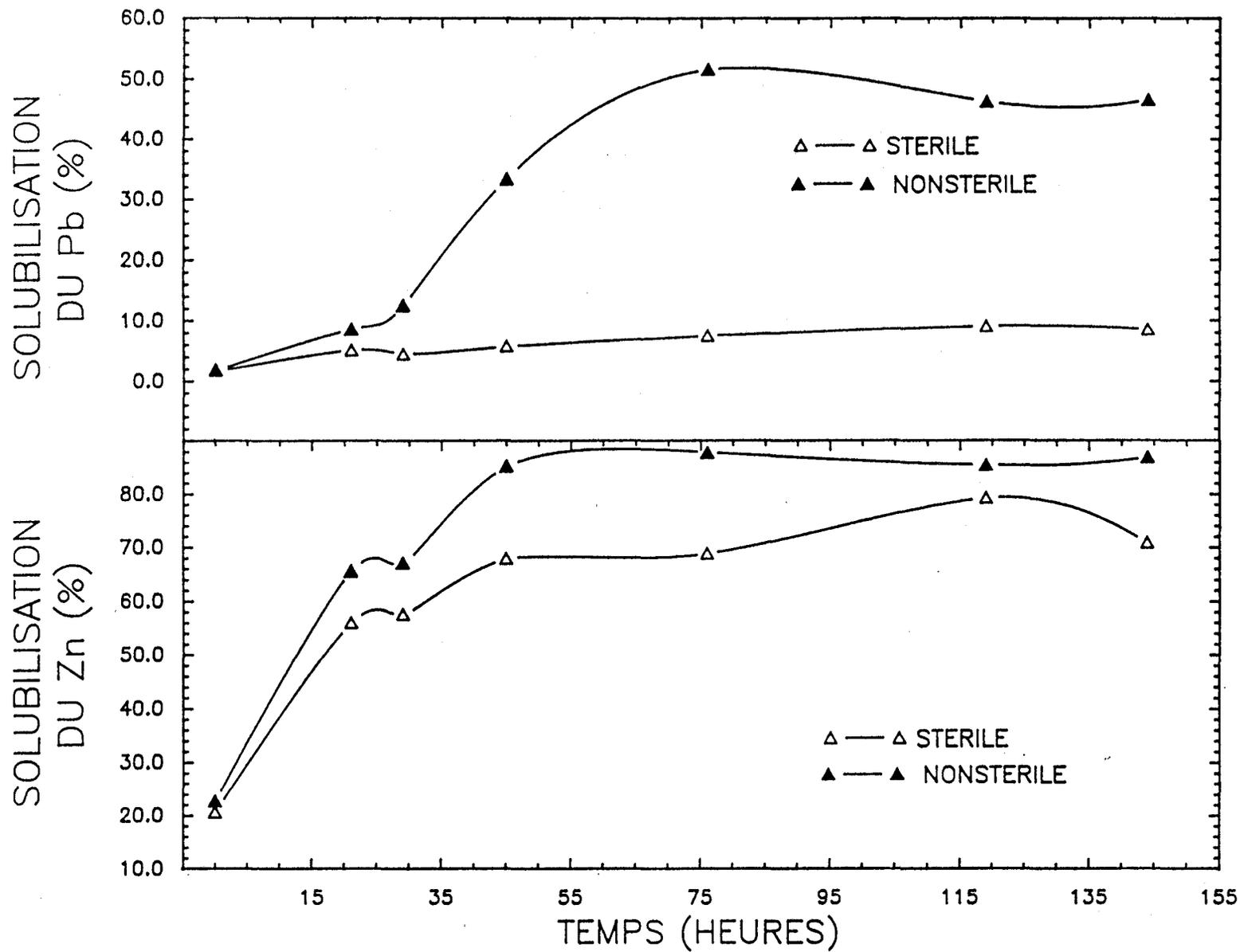


Figure 3.15 Solubilisation du Zn et du Pb lors de la vérification de l'effet du  $\text{FeCl}_2$  sur la solubilisation biologique (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

alors que pour l'essai stérile, les valeurs de pH et de POR se stabilisent après 24 heures. Si ces résultats sont comparés à l'essai stérile fait avec ajout de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (voir figure 3.1), il semble que la montée de POR soit un peu plus lente dans les essais où le  $\text{FeCl}_2$  est ajouté. En fait il est possible que les ions réducteurs ( $\text{Fe}^{+2}$ ) diminuent temporairement le POR du milieu.

La figure 3.15 illustre la solubilisation du Zn et du Pb pour les essais stériles et non-stériles. Dans le cas du Zn, l'essai non-stérile donne des rendements supérieurs d'au moins 10% à ceux de l'essai stérile. Pour cet élément la solubilisation passe de 20% (environ 25 mg/L) au temps 0, à plus de 65% (75 mg Zn/L) dans le meilleur des cas après 21 heures. Après 45 heures, 85% (98 mg Zn/L) de solubilisation du Zn est atteint dans l'essai non-stérile. Pour l'essai stérile après 48 heures, les rendements sont de 68% (78 mg/L). Pour ce qui est du Pb, il n'y a aucune solubilisation dans l'essai stérile, alors que dans l'essai non-stérile, la solubilisation passe de 2% (0.2 mg/L) au temps 0 à 33% (4.3 mg/L) après 45 heures.

Encore ici, il est probable que la plus grande diminution de pH observée avec l'essai non-stérile explique les meilleurs rendements de solubilisation du Zn. Pour le Pb, le pH a certainement une influence sur la différence de solubilité observée entre l'essai stérile et non-stérile. Les valeurs de pH atteintes dans l'essai stérile ne permettent pratiquement aucune solubilisation du Pb, et ce malgré la présence d'ions  $\text{Cl}^{-1}$  en solution qui auraient dû théoriquement augmenter la solubilisation

du Pb, puisqu'ils forment avec lui des complexes solubles (voir section 3.1.3.2.c).

#### 3.1.2.1b Effet de la concentration de Fe

La figure 3.16 illustre pour les essais effectués avec deux concentrations de Fe, 1 et 2% (p/p), la solubilisation du Zn et du Pb. Le fer (1 et 2% Fe p/p) est ajouté via le substrat, le  $\text{FeCl}_2$ .

Selon la figure 3.16, la solubilisation du Zn ne varie pas avec la concentration de Fe. Dans les deux essais, plus de 90% de la solubilisation (i.e. 80 mg Zn/L) sont atteints dès le début. L'acidification des sédiments à  $\text{pH}=1.75$  avec HCl, après 145 heures ne change pas la solubilisation du Zn. Dans le cas du Pb, la concentration de Fe ne semble pas faire varier sa solubilisation. Celle-ci passe de 30% au temps 0 (entre 3 à 3.5 mg Pb/L) à 40% (4 mg Pb/L) après 48 heures pour les deux essais. Après 145 heures, l'acidification des sédiments de l'essai à 2% Fe à  $\text{pH}=1.75$  avec HCl, fait augmenter de façon brusque la quantité de Pb en solution (probablement sous forme de sulfates, i.e. de 5 mg Pb/L à 144 heures à 11 mg Pb/L à 145 heures. Puis, 4 heures plus tard (149 heures), il y a reprécipitation du Pb (probablement sous forme de sulfate- $\text{PbSO}_4$ ) et sa solubilisation redescend à 50% (6 mg Pb/L). Et avec le temps, la solubilisation du Pb tend à remonter puisqu'après 155 heures, 60% de solubilisation du Pb (7 mg Pb/L) est atteint.

#### 3.1.2.1c Effet du pourcentage de solides totaux

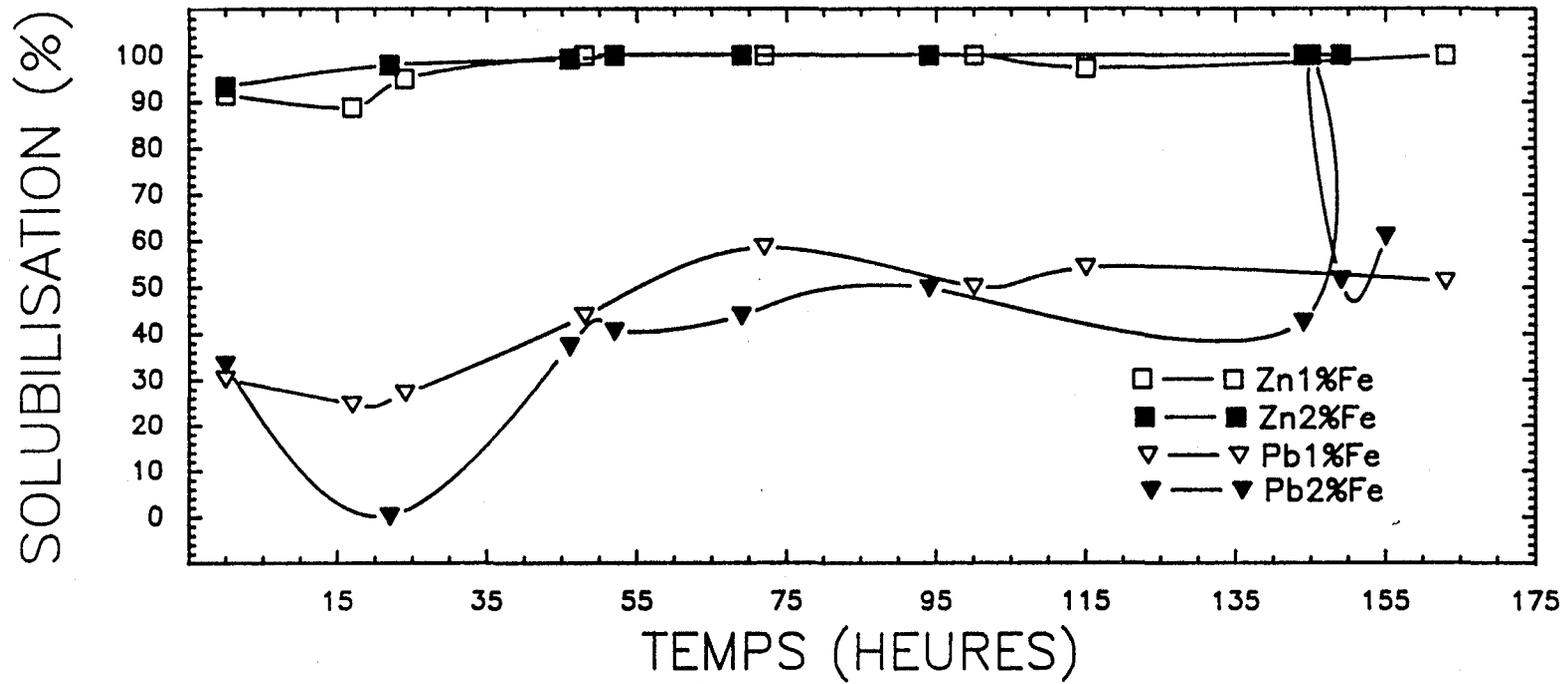


Figure 3.16 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$ , lors des essais avec différentes quantités de  $\text{FeCl}_2$  (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

La figure 3.17 illustre, pour deux essais effectués avec 3 et 7% de solides totaux, les variations de pH et de POR ainsi que la solubilisation du Zn et du Pb. Pour ces essais, 1% Fe est ajouté comme substrat. A la figure 3.18 et 3.19, ce sont les essais avec 3, 7 et 10% de solides totaux qui sont illustrés, mais dans ce cas, 2% Fe est ajouté comme substrat. Les variations de POR et de pH pour ces essais sont indiquées à la figure 3.18 et la solubilisation du Zn et du Pb à la figure 3.19.

A la figure 3.17 (1% Fe) il est possible de constater que le pH ne diminue pas dans l'essai à 7% de solides totaux et varie entre 3.0 et 3.77. Alors que dans l'essai à 3% de solides totaux, il y a diminution du pH de 3.6 à 2.5 après 72 heures. Dans le cas du POR, la montée dans l'essai à 7% de solides totaux est beaucoup moins rapide que dans l'essai à 3%. Plus de 72 heures sont requises avec l'essai à 7% de solides totaux pour atteindre 350 mV alors qu'avec 3% de solides totaux, en moins de 48 heures, ces valeurs sont dépassées. De plus à 7% de solides totaux, le POR ne semble pas vouloir augmenter plus haut que 470 mV.

Pour les essais à 2% Fe (voir figure 3.18), les plus grandes diminutions de pH et la plus grande montée de POR sont observées à 3% de solides totaux. Le pH passe de 2.69 à 22 heures à 2.44 après 46 heures et la montée de POR passe, pour le même temps, de 400 à 450 mV. A 7% de solides totaux (2% Fe), le pH descend entre 23 et 94 heures, de 3.28 à 2.79 et le POR augmente, pour la même période, de 307 à 390 mV. L'essai à 10% de solides totaux est acidifié à pH=1.75 à 47 heures, alors que les essais à 3 et 7% sont acidifiés

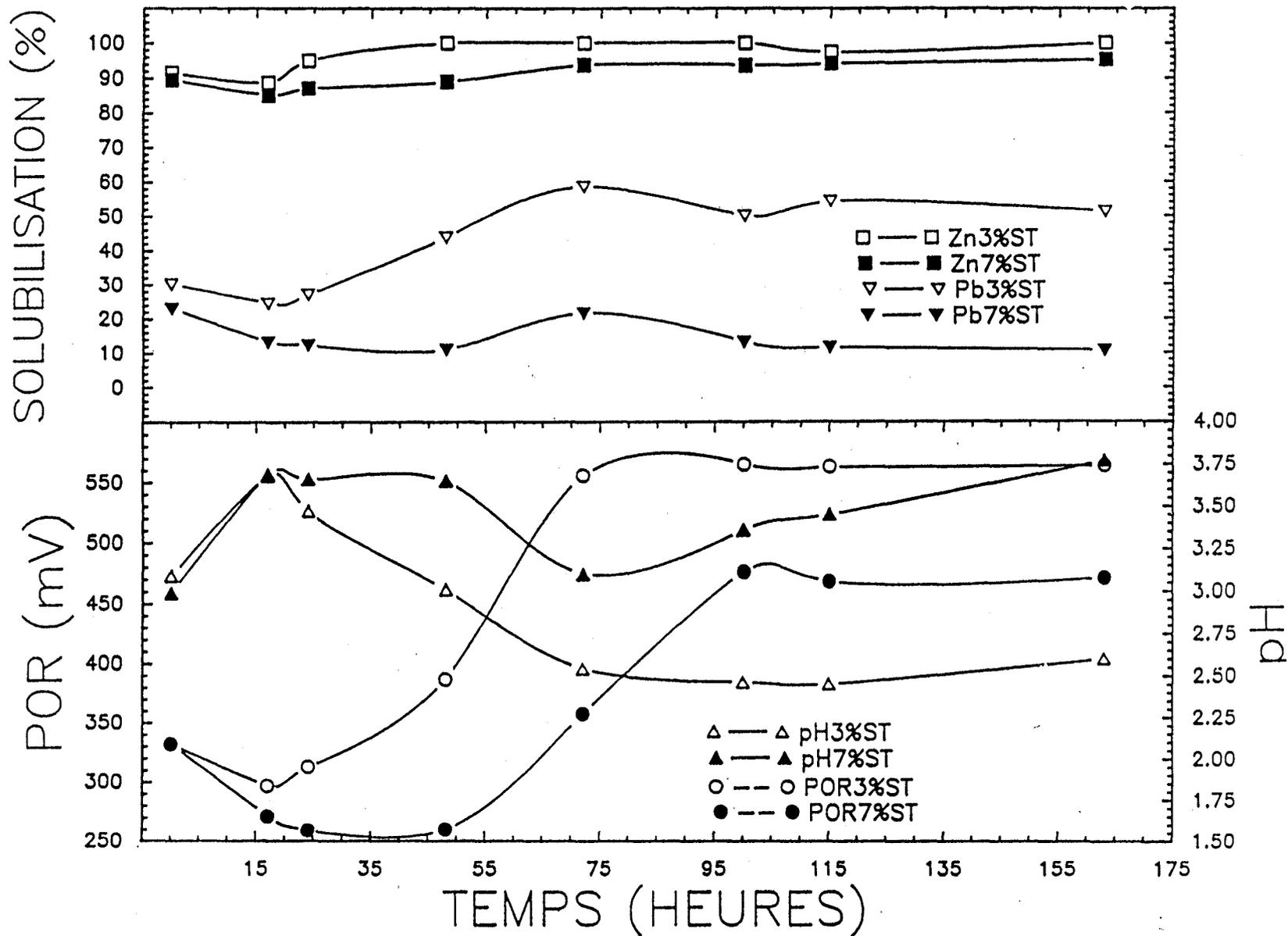


Figure 3.17 POR, pH et solubilisation du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$ , lors des essais avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et ajout de 1% Fe avec  $\text{FeCl}_2$ ).

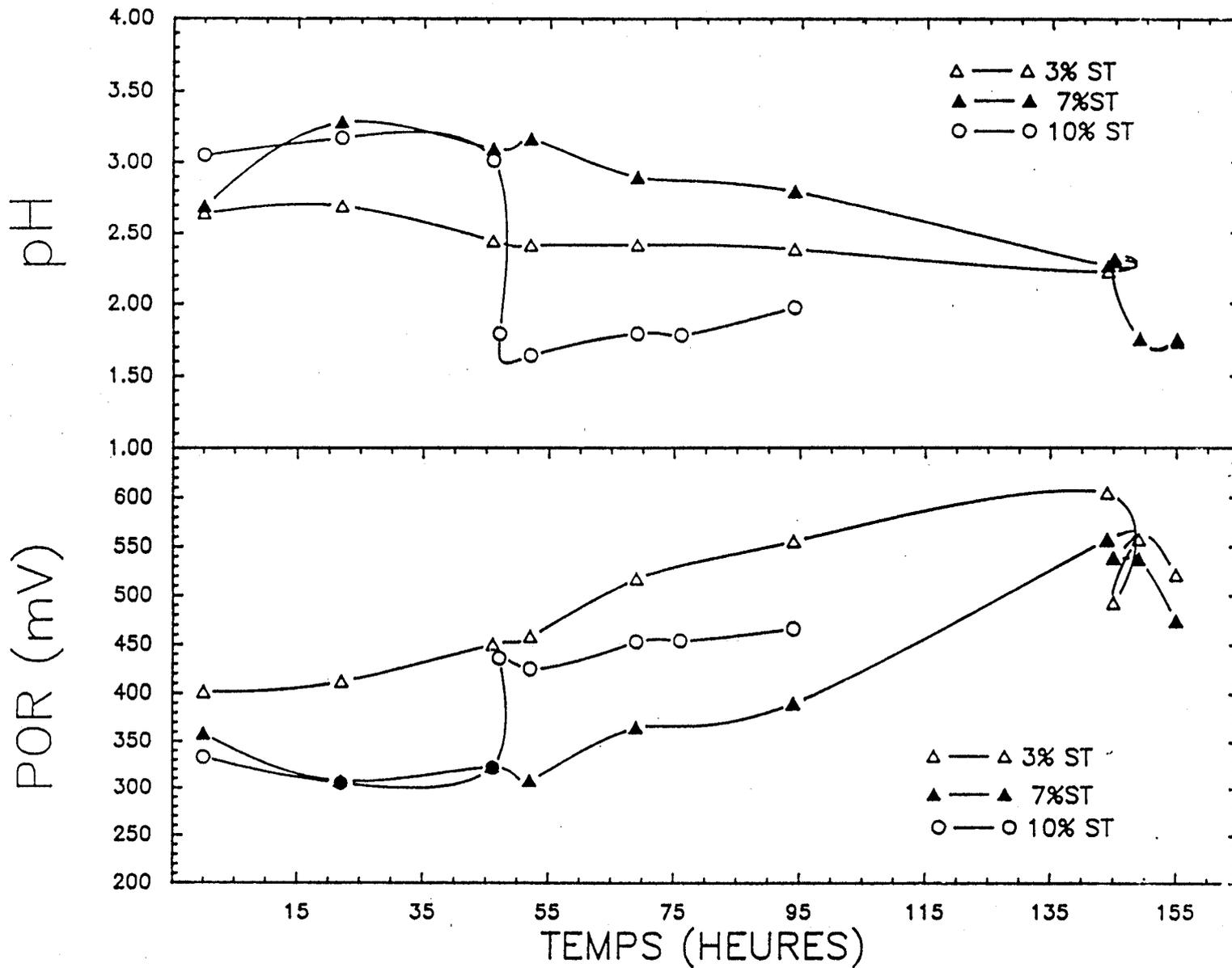


Figure 3.18 POR et pH avec une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$ , lors des essais avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et ajout de 2% Fe avec  $\text{FeCl}_2$ ).

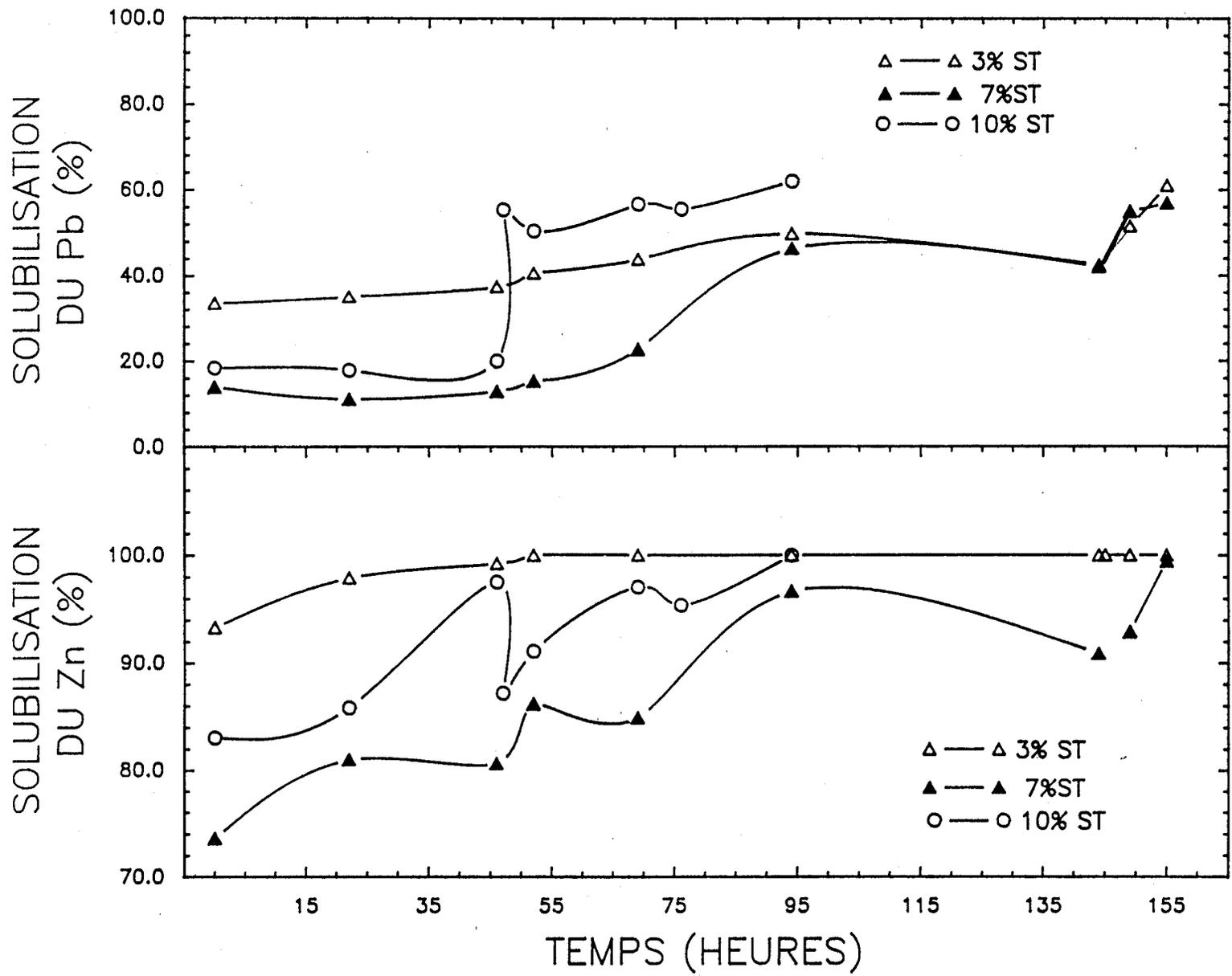


Figure 3.19 Solubilisation du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au  $FeCl_2$ , lors des essais avec différentes teneurs de solides totaux (acidification des sédiments avec  $H_2SO_4$  et ajout de 2% Fe dans  $FeCl_2$ ).

à 149 heures.

Les essais faits avec 2% Fe semblent plus optimaux que ceux fait avec 1% Fe. Pour les deux essais (1 et 2% Fe), plus de temps est requis à 7% de solides totaux qu'à 3% de solides totaux pour obtenir les mêmes conditions de pH et de POR. En fait pour l'essai à 7% de solides totaux avec 1% de Fe, la souche bactérienne ne semble pas pouvoir survivre, puisqu'il y a remontée dans les valeurs de pH et stabilisation du POR.

La solubilisation du Zn dans le cas où 1% Fe est utilisé (voir partie supérieure de la fig. 3.17) semble peu affectée par le pourcentage de solides totaux; dès le départ plus de 90% du Zn est solubilisé à 3 et 7% de solides totaux. A 3% de solides totaux, la quantité de Zn en solution est de 80 à 90 mg Zn/L, alors qu'elle est de 170 à 180 mg Zn/L à 7% de solides totaux (à une teneur en solides totaux plus élevée, la quantité de Zn présente est plus élevée).

Dans le cas où 2% Fe est utilisé (voir partie inférieure de la figure 3.19), les rendements de solubilisation du Zn varient selon le pourcentage de solides totaux. A 3% de solides totaux, dès le départ, plus de 90% du Zn est solubilisé (81 mg Zn/L) pour atteindre 100% (90 mg Zn/L) de solubilisation après 48 heures. A 7% de solides totaux, plus de 94 heures sont requises pour obtenir des rendements semblables, soit 96% de solubilisation (180 mg/L). A 10% de solides totaux, l'acidification des sédiments avec HCl après 47 heures ne semble pas affecter la solubilisation du Zn. Dans cet essai à 10% de solides totaux, 48 heures sont nécessaires

pour augmenter les rendements de solubilisation du Zn de 83 à 97%, i.e. de 216 à 250 mg Zn/L.

Il est difficile d'expliquer pourquoi les rendements sont différents entre les essais faits avec 1 et 2% Fe à 7% de solides totaux. Les conditions de pH ou la viabilité des thiobacilles ne semblent pas affecter les rendements de solubilisation du Zn, puisque ces dernières étaient meilleures dans l'essai où le moins haut rendement de solubilisation a été atteint, soit dans l'essai à 2% Fe. Alors que dans l'essai à 1% Fe, malgré de mauvaises conditions (valeurs de pH plus élevées et celles de POR plus basses), de hauts rendements de solubilisation ont été atteints.

De façon générale, les rendements de solubilisation du Zn à 10% de solides totaux semblent inférieurs de 10% à ceux obtenus à 3% de solides totaux. Donc, juste à partir de ces deux essais, il est difficile de conclure de façon certaine si l'augmentation du pourcentage de solides totaux affecte la solubilisation du Zn. Enfin jusqu'à concurrence de 250 mg Zn/L, il ne semble pas y avoir de limite à la quantité de Zn en solution.

Dans le cas du Pb avec 1% Fe (voir partie supérieure de la figure 3.17), de plus hauts rendements sont atteints à 3% de solides totaux. A cette valeur, la solubilisation du Pb passe de 30% au temps 0 (2.9 mg/L) à 44% après 48 heures (4.3 mg/L). A 7% de solides totaux, la solubilisation du Pb diminue de 23% au temps 0 (6 mg/L) à 11% après 48 heures (2.8 mg/L). Pour l'essai à 2% Fe (voir partie supérieure de la figure 3.19), les plus hauts rendements sont aussi atteints à 3% de solides totaux. La

solubilisation du Pb passe alors de 33% au temps 0 (3.8 mg/L) à 37% après 48 heures (4.3 mg/L). A 7% de solides totaux, la solubilisation du Pb demeure autour de 13% (3.2 mg/L) de 0 à 52 heures, puis il y a une augmentation du pourcentage de solubilisation jusqu'à 40% (10 mg/L) de 52 à 144 heures.

L'acidification à pH=1.75 avec HCl augmente de façon radicale la quantité de Pb en solution. A 3% de solides totaux, le Pb en solution passe de 5 à 11 mg/L puis reprécipite (probablement sous forme de sulfate) à 6 mg/L par la suite; à 7% de solides totaux le Pb passe de 10 mg/L en moyenne à 13.5 mg/L; et à 10% de solides totaux, le Pb passe de 7 à 19 mg/L.

Dans les deux essais (1 et 2% Fe) à 3% de solides totaux, il y a augmentation du rendement de 10% (i.e. passage de 33% à 43% environ) avec le temps. A 7% de solides totaux, il y a précipitation du Pb, probablement sous forme de sulfate, avec le temps dans l'essai à 1% Fe. Des conditions peu favorables aux bactéries et l'augmentation du pH peuvent expliquer cette diminution de la solubilité. Pour l'essai fait avec 2% Fe à 7% de solides totaux, un certain délai est requis (soit autour de 48 heures) pour obtenir des rendements de solubilisation du Pb semblables à ceux trouvés à 3% de solides totaux. L'acidification à pH=1.75 à 149 heures, augmente la quantité de Pb en solution jusqu'à 60%; la quantité de Pb en solution s'élevait à 40% après 48 heures. A de plus hauts pourcentages de solides totaux, il n'y a pas de reprécipitation du Pb suite à une augmentation de la solubilisation subséquente à l'acidification; de plus grande

quantité de Pb en solution semble donc possible.

En conclusion l'augmentation du pourcentage de solides totaux retarde la solubilisation du Pb, mais n'affecte pas nécessairement la solubilisation du Zn.

### 3.1.2.2 Acidification des sédiments au départ avec HCl

Pour les essais inclus dans cette section le substrat ajouté est toujours le  $\text{FeCl}_2$ , mais les sédiments sont acidifiés avec HCl, y compris ceux utilisés pour l'acclimatation de l'inoculum.

#### 3.1.2.2a Effet du pH de départ

L'effet du pH de départ sur le procédé de solubilisation à deux concentrations de substrat différentes (1 et 2% Fe p/p) est indiquée au tableau 3.5.

La solubilisation du Zn aux pH de 2.8 et 2.0 atteints de hauts rendements dès 22 heures, i.e. au-dessus de 90% de solubilisation (autour de 65 mg/L). Aux pH de 4, de hauts rendements sont atteints dès 22 heures (plus de 90%) dans l'essai à 1% Fe. Dans l'essai à 2% Fe, la solubilisation du Zn n'atteint pas 70% à 22 heures et même après 163 heures, elle ne dépasse pas 80%.

Dans le cas du Pb, à pH=2.8 (1% Fe), la solubilisation du Pb passe de 37 à 60% (3 à 5 mg/L) entre 0 et 48 heures et de 40 à 32% (4 à 3.6 mg/L) pour la même période à pH=4. Dans l'essai à 2% Fe, au pH de départ de 2, la solubilisation du Pb, entre 0 et 48 heures, passe de 60 à 73% (5.5 à 6.7 mg/L) et à pH=4, celle-ci varie autour de 12 à 18% (1.5 à 2.3 mg/L).

Mis à part l'essai à pH=4 avec 2% Fe comme substrat, le pH de

Tableau 3.5: Effet du pH de départ sur le procédé de solubilisation des métaux dans les sédiments du canal Lachine à partir d'une souche acclimatée au chlorure ferreux.

Temps (heures)	1% Fe				2% Fe			
	pH 2.8		pH 4		pH 2		pH 4	
	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)
0	73.3	37.2	69.0	40.3	74.5	60.4	65.5	16.9
5	86.6	40.3	--	--	81.3	61.3	--	14.0
22	93.7	45.6	93.7	24.2	90.5	66.2	67.3	12.7
29	93.7	49.3	--	--	89.2	66.9	--	18.0
48	96.9	60.7	100.0	32.2	91.3	73.7	64.5	15.2
53	99.5	55.0	--	--	97.6	78.1	--	25.0
70	90.9	73.9	100.0	38.6	96.6	70.2	71.3	21.4
77	96.1	76.8	--	--	96.3	72.7	--	--
98	100.0	85.2	100.0	52.2	100.0	77.8	76.6	33.9
115	98.0	85.6	100.0	68.7	--	--	78.6	45.5
152	100.0	97.5	--	--	98.5	81.0	79.7	53.8
163	--	--	100.0	100.0	99.0	--	74.1	52.4

départ ne semble pas influencer la solubilisation du Zn. Déjà à 24 heures, les conditions expérimentales semblent adéquates pour sa solubilisation. Les résultats trouvés à pH=4 avec 2% Fe s'explique mal, mais tous les résultats obtenus jusqu'à maintenant laissent croire à un cas isolé et qui ne semble pas être explicable par la viabilité de l'inoculum.

Le pH de départ semble, par contre, avoir une influence sur la solubilisation du Pb. Les meilleurs rendements sont obtenus à pH=2 suivi de pH=2.8 puis du pH=4. A pH=4, l'essai à 1% Fe donne de meilleurs résultats que l'essai à 2% Fe. Il faut de 98 à 115 heures pour obtenir plus de 50% de solubilisation du Pb. Le temps semble donc intervenir pour la solubilisation de cet élément. Il est à remarquer qu'avec la souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , de tels rendements ont rarement été atteints, même après une aussi longue période (voir sections précédentes). La diminution des sulfates en solution, soit entre 25-50 mg/L au lieu de 500 à 1500 mg/L peut possiblement expliquer cette augmentation de la solubilité du Pb. Il y a moins de formation de complexe de  $\text{PbSO}_4$ . Cette diminution des sulfates est attribuable à l'utilisation d'HCl au lieu d' $\text{H}_2\text{SO}_4$  et de  $\text{FeCl}_2$  au lieu du  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

### 3.1.2.2b Effet de la température

Les résultats présentant l'influence de la température sur la solubilisation des métaux lors de l'application du procédé de solubilisation biologique, avec  $\text{FeCl}_2$  comme substrat et des sédiments acidifiés avec HCl, sont indiqués au tableau 3.6. Le POR

Tableau 3.6: Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation des métaux en cuvée à différentes températures (séd.#12; souche acclimatée au chlorure ferreux et acidification avec HCl).

Temps (heures)	Température (C)								
	6C			10C			21C		
	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)
0	86.5	46.2	2.7	71.9	32.9	3.4	73.3	31.2	1.2
5	89.9	42.7	10.7	87.2	31.8	1.6	86.6	40.3	3.1
22	90.4	43.2	24.0	89.5	32.4	11.5	93.7	45.6	33.1
27	88.0	44.0	29.1	93.6	31.1	17.0	93.7	49.3	43.4
48	99.6	50.7	43.1	93.4	35.5	27.6	96.9	60.7	66.1
70	92.0	50.7	48.7	95.3	36.2	32.1	95.2	64.4	74.2
77	94.1	53.6	53.7	94.3	36.8	43.1	96.1	65.9	78.5
98	96.6	56.1	58.7	100.0	41.9	53.1	100.0	80.0	86.9
119	84.7	47.2	55.7	100.0	42.2	60.3	100.0	83.3	87.9
152	91.9	52.9	63.5	--	--	--	100.0	89.6	88.0
165	85.9	51.5	61.2	100.0	20.9	54.7	--	--	--

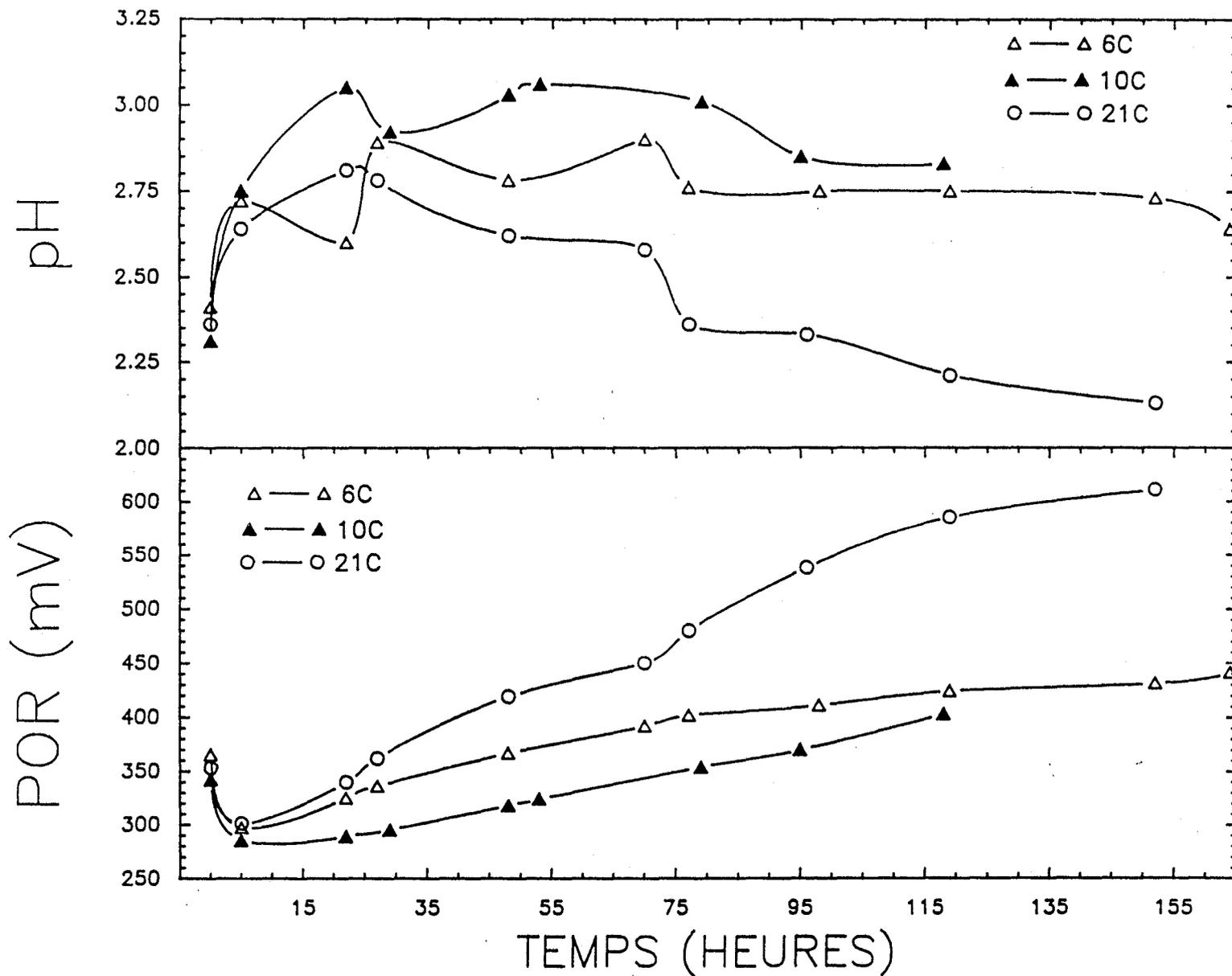


Figure 3.20 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au  $FeCl_2$ , à différentes températures (acidification des sédiments avec HCl).

et le pH de ces mêmes essais sont indiqués à la figure 3.20. Le Cu est aussi illustré étant donné qu'il est un fidèle indicateur de l'activité bactérienne.

Tout comme il avait été observé quant à l'influence de la température sur la solubilisation biologique, mais avec une souche au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (voir section 3.1.1.1h), les bactéries sont influencées par la diminution de la température. Les plus basses valeurs de pH (voir figure 3.20) sont obtenus pour l'essai à 21°C, puis à 6° et 10°C. Les résultats sont semblables pour le potentiel-rédox où les plus hautes valeurs sont obtenus à 21°C puis à 6°C et à 10°C. L'essai à 10°C semble donner de moins bons résultats que lors des essais effectués avec la souche acclimatée au sulfate ferreux.

Déjà à 5 heures pour les trois températures étudiées, entre 85 et 90% (voir tableau 3.6) du Zn est solubilisé (autour de 65 mg/L). La solubilisation du Zn semble donc peu influencée par la température indiquant ainsi que la solubilité de cet élément dépend de conditions de pH plutôt que du rendement bactérien.

Dans le cas de la solubilisation du Pb, avant 48 heures, les rendements sont semblables pour les essais effectués à 6° et à 21°C, soit entre 40 et 50% de solubilisation (4.7 à 5.6 mg/L). A 10°C, la solubilisation du Pb oscille autour de 35% (3.5 mg/L). Les meilleurs résultats obtenus après 48 heures à 21°C pourraient indiquer une influence possible des bactéries sur la solubilisation du Pb. A la figure 3.20, il est également possible d'observer l'amélioration rapide des conditions expérimentales à 21°C après 48

heures. L'influence possible des bactéries dans la solubilisation du Pb serait aussi confirmée par les moins bons rendements de solubilisation obtenus à 10°C alors qu'une baisse de l'efficacité des bactéries (montée de pH et baisse de POR) est également observée (voir figure 3.20). Toutefois il est difficile de l'affirmer de façon certaine puisque dans le cas du Pb, l'influence du pH est difficile à dissocier de l'influence des bactéries.

Après 22 heures, les meilleurs rendements de solubilisation du Cu sont obtenus à 21°C, puis à 6° et à 10°C. La solubilisation de cet élément passe entre 22 et 48 heures de 33 à 66% (0.9 et 1.9 mg/L) à 21°C, de 24 à 43% (0.7 à 1.2 mg/L) à 6°C et de 11 à 27% (0.3 à 0.8 mg/L) à 10°C. Même si les concentrations de Cu étudiées sont faibles, il est possible de constater que la solubilisation de cet élément reflète le rendement bactérien. Tout comme dans le cas du pH et du POR (voir figure 3.20), les conditions étaient meilleures à 21°C et elles étaient les moins bonnes à 6°C.

#### 3.1.2.2c Effet de la concentration des solides totaux

La figure 3.21 illustre l'effet d'essais faits avec différents pourcentages de solides totaux, sur le pH et le POR lors de l'application du procédé de solubilisation biologique avec  $\text{FeCl}_2$  comme substrat et des sédiments acidifiés avec HCl. A la figure 3.22, ce sont les pourcentages de solubilisation du Zn et du Pb pour ces mêmes essais qui sont présentés.

Seul l'essai à 3% de solides totaux affiche une diminution de pH et une montée de POR après 17 heures (voir figure 3.21). Entre

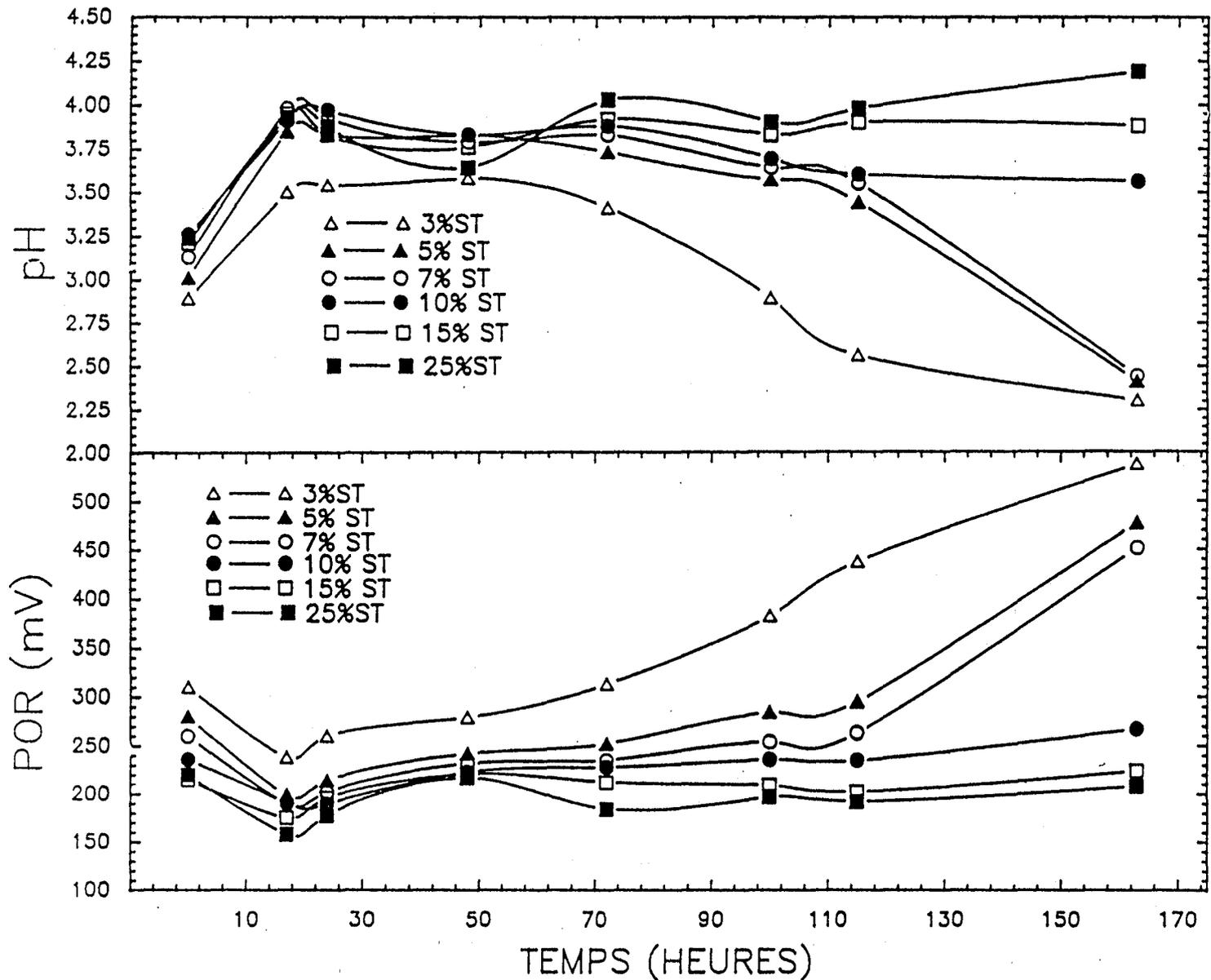


Figure 3.21 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au  $FeCl_2$ , avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec HCl).

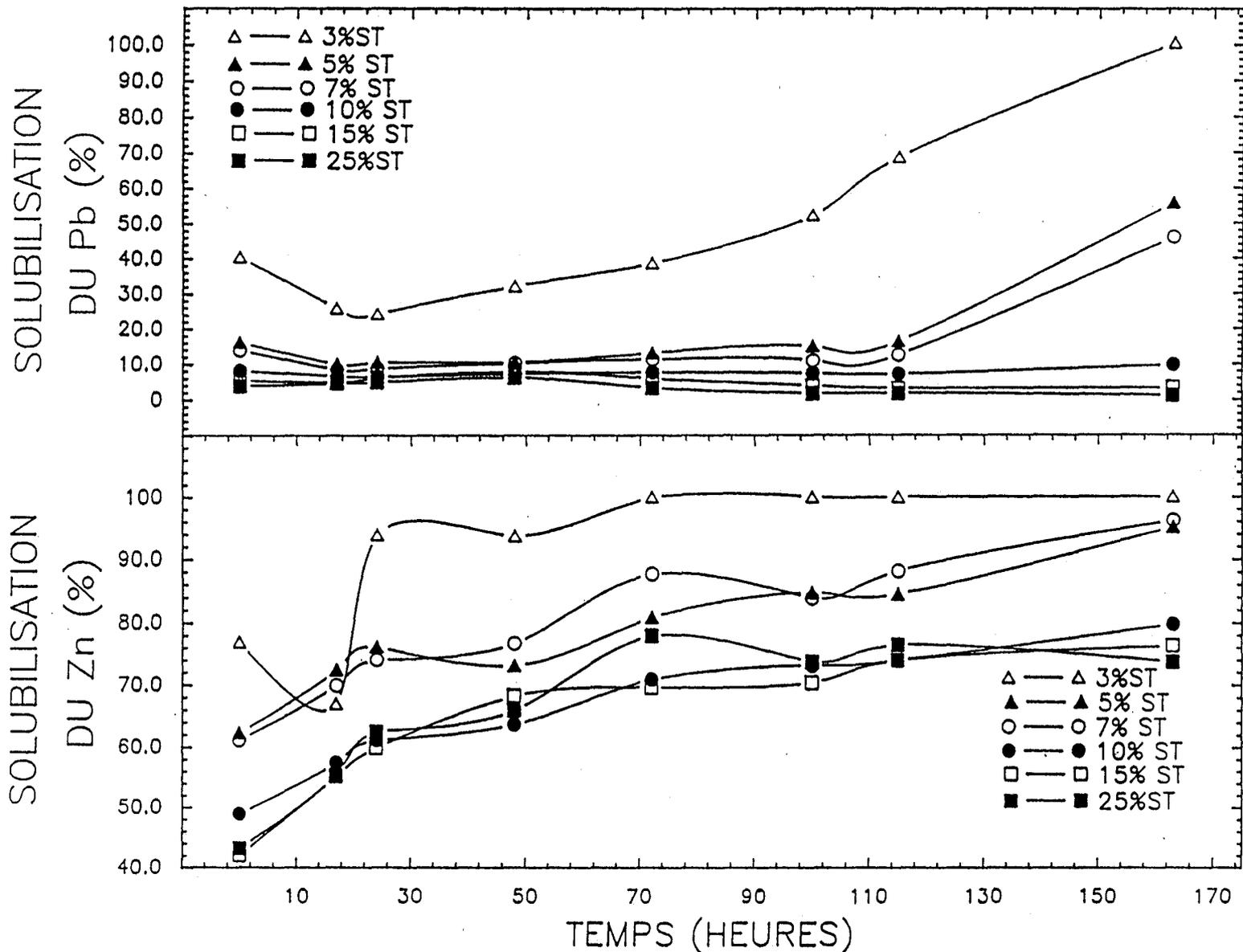


Figure 3.22 Solubilisation biologique du Zn et du Pb lors des essais avec une souche acclimatée au  $FeCl_2$ , avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec HCl).

17 et 100 heures, le pH passe de 3.5 à 2.89 et le POR de 238 à 382 mV. Dans les essais à 5 et 7% de solides totaux, la diminution significative de pH ainsi que l'augmentation de POR n'ont lieu qu'à partir de 115 heures. Dans les essais à 10, 15 et 25%, le pH et le POR ne varient à peu près pas. Ces résultats semblent donc indiquer qu'à 10, 15 et 25% de solides totaux, les thiobacilles se développent peu, alors qu'à 5 et 7% de solides totaux, l'activité bactérienne est réduite par rapport à l'essai à 3% de solides totaux.

La solubilisation la plus élevée du Zn a été obtenue dans l'essai à 3% de solides totaux suivi dans l'ordre croissant des essais à 5, 7%, 10, 15 et 25% de solides totaux. Avec 3% de solides totaux à 17 heures, plus de 90% du Zn est solubilisé (80 mg/L) alors qu'à 5 et 7% de solides totaux, les rendements sont de 75 à 80% (80 à 100 mg/L) et varient de 55 à 75% (160 à 380 mg/L) pour 10, 15 et 25% de solides totaux. Il semblerait, d'après ces essais, que l'influence négative des solides totaux sur la solubilisation du Zn puisse être établie, et ce malgré des conditions de pH inférieurs à 4 qui auraient dû assurer, dans tous les cas, de hauts rendements de solubilisation du Zn. Ces conclusions sont un peu différentes de celles tirées dans le cas de la souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (voir section 3.1.1.1g) et dans celui de la souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$  avec acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (voir section 3.1.2.2b). Dans ces derniers essais, mis à part les essais à 3% et 25% de solides totaux, l'influence de l'augmentation des solides totaux sur la diminution

de la solubilité du Zn n'était pas aussi marquée.

Dans le cas du Pb, seul l'essai à 3% de solides totaux voit sa solubilisation augmentée appréciablement ; soit de 24% (2.7 mg/L) après 24 heures à 100% (11.2 mg/L) après 163 heures. A 5 et 7% de solides totaux, la solubilisation du Pb demeure inférieure à 20% jusqu'à 115 heures puis, de 115 à 163 heures, elle augmente à 50% (de 9 à 11 mg/L). Dans les essais à 10, 15 et 25% de solides totaux, la solubilisation du Pb varie entre 0 et 10%. Tout comme il a été constaté avec les autres essais effectués avec la souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$  et les sédiments acidifiés au HCl, la solubilisation du Pb ne plafonne pas mais augmente continuellement avec le temps dans la plupart des cas. Jamais des rendements tels que ceux trouvés à 3% de solides totaux, n'avaient été obtenus jusqu'à maintenant dans d'autres travaux. Tel que mentionné auparavant, la quantité de sulfate semble influencer de façon déterminante la solubilisation du Pb. Toutefois l'augmentation de la solubilisation du Pb se fait de façon lente sur une période de 163 heures. Enfin comme il avait été trouvé lors de l'étude de l'influence des solides totaux sur le procédé de solubilisation biologique, l'augmentation des solides totaux diminue la solubilité du Pb.

### 3.1.3 L'enlèvement des métaux par voie de solubilisation

#### biologique; résumé et recommandations

Le but des essais effectués dans la première partie de ce

travail était de déterminer l'influence de divers facteurs sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments. C'est-à-dire l'influence du pH initial, de la quantité de substrat ajoutée, de l'ajout d'azote, de phosphore, du pourcentage d'inoculum, de la teneur en solides totaux et de la température à laquelle se déroule le procédé. De plus, lors des essais en erlenmeyers présentés jusqu'à maintenant, différentes combinaisons des substrats utilisés et des types d'acidification appliqués ont été tentées; ceci afin de définir le procédé de solubilisation biologique potentiellement le plus applicable aux sédiments.

#### 3.1.3.1 Résumé des essais

La présence d'une souche de thiobacilles dans les sédiments a été démontrée et ce pour les deux types de substrat étudiés: le  $\text{FeCl}_2$  et le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Sans la présence de substrat cette souche ne peut se développer. Le sulfate ferreux utilisé seul, n'a pas d'effet marqué sur le pH et le POR. Il en va de même pour le chlorure ferreux, bien que pour ce dernier, 20 heures sont requises, pour atteindre des valeurs de POR équivalentes à celles obtenues dès le départ dans l'essai stérile avec sulfate ferreux.

Il n'y a pas de différence marquée en terme de coût et de rendement de solubilisation entre des pH de départ de 4.0 et 4.5 pour la souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Par contre des essais effectués avec la souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$  ont montré une différence de rendement dans la solubilisation du Pb pour des pH de départ de 2.0, 2.8 et 4.0. Plus le pH de départ est bas, plus les

rendements de solubilisation du Pb sont élevés. L'ajout de 20% d'inoculum (v/v) semble le meilleur choix pour assurer une solubilisation efficace des métaux. La quantité de sulfate ferreux ajouté n'a pas d'influence marquée sur le rendement bactérien (pH et POR) et la solubilisation biologique. Compte tenu des coûts, l'addition de 5% de sulfate ferreux (p/p) précédée d'une acidification à pH=4 sera privilégiée. Dans le cas du chlorure ferreux, les conclusions sont les mêmes, i.e. qu'aucune différence entre les diverses concentrations de substrat n'a été relevée.

L'ajout d'azote ou de phosphore n'améliore pas le rendement des thiobacilles. De plus ces ajouts semblent diminuer la solubilisation des métaux. De façon générale, avec la souche acclimatée au sulfate ferreux et au chlorure ferreux, l'augmentation du pourcentage de solides totaux diminue la solubilisation des métaux, surtout celle du Pb.

Pour les deux souches étudiées, la baisse de la température diminue le rendement bactérien (pH, POR). L'effet sur la solubilisation du Zn et du Pb est difficile à discerner alors que la solubilisation du Cu décroît. La décantation suivie d'une acidification plutôt qu'une simple acidification n'améliore que légèrement la solubilisation des métaux.

La figure 3.23 permet de comparer le pH moyen et le POR moyen obtenus dans les différents essais avec les deux types de substrat et les deux types d'acidification. Le pourcentage de solides totaux est de 3%, le pH de départ de 4 et le pourcentage d'inoculum ajouté 20% (v/v). Les différents essais montrent que la diminution

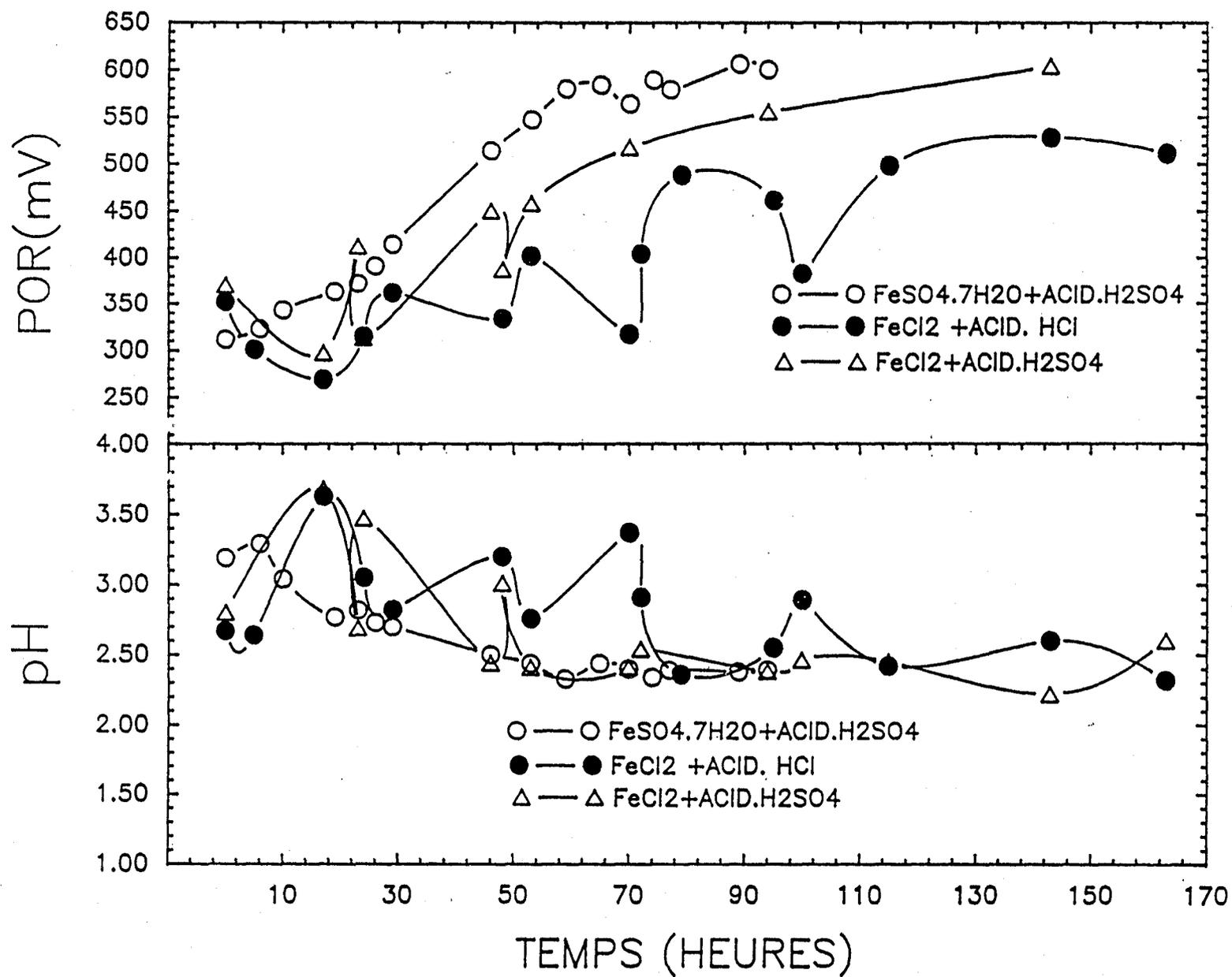


Figure 3.23 POR et pH moyens des différents essais de solubilisation biologique étudiés.

de pH est en générale légèrement plus grande dans les essais où une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  et des sédiments acidifiés avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sont utilisés. Cette diminution de pH est suivie de très près par les essais faits avec  $\text{FeCl}_2$  et acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Dans les deux cas, après 50 heures, le pH se stabilise autour de 2.5. Dans les essais faits avec  $\text{FeCl}_2$  et acidification des sédiments avec  $\text{HCl}$ , la diminution de pH est moins grande. Les écarts dans le temps sont plus grands, et le pH moyen semble osciller autour de 2.75.

Les remarques sont les mêmes pour le potentiel-rédox. La plus grande montée se retrouve dans les essais faits avec  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  et acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Elle est suivie des essais faits avec  $\text{FeCl}_2$  et acidification des sédiments avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , puis des essais avec  $\text{FeCl}_2$  et acidification des sédiments avec  $\text{HCl}$ . Le POR augmente rapidement jusqu'à 50 heures pour atteindre plus de 500 mV dans les cas où l'acidification a été faite avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Dans les essais où les sédiments sont acidifiés avec  $\text{HCl}$ , la montée est plus lente et ne semble pas vouloir dépasser 450 à 475 mV.

Ces résultats semblent vouloir démontrer que les thiobacilles prolifèrent mieux lorsque l'acidification des sédiments est faite avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Les bactéries semblent légèrement préférer comme substrat, le sulfate ferreux au chlorure ferreux. La concentration de  $\text{Cl}^-$  trouvée dans les essais avec  $\text{FeCl}_2$  (2% Fe) et acidification des sédiments avec  $\text{HCl}$  est estimée à 3.95 g/L. Même si ces valeurs sont encore au-dessous des concentrations toxiques trouvées par Tuovinen et al. (1971) (voir section 3.1.1.2), il peut être supposé

que ces concentrations de chlorure sont suffisantes pour expliquer l'instabilité des souches acclimatées au  $\text{FeCl}_2$  avec acidification des sédiments avec  $\text{HCl}$  et la baisse de rendement (pH et POR) observé pour ces mêmes souches. Sans compter qu'une concentration de soufre sous forme de  $\text{SO}_4^{-2}$  moins élevé, peut défavoriser les thiobacilles, puisque les sulfates entrent dans leur métabolisme (Kelly, 1982).

### 3.1.3.2 La solubilisation des métaux et de P, S, C.

#### 3.1.3.2a Le cas de Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, S, C

Outre le Zn et le Pb dont la solubilisation a été suivie de près lors du traitement des résultats, la solubilisation des autres métaux ainsi que du phosphore, du soufre et du carbone, a également été observée pour tous les essais (se référer aux annexes 1 à 18). Il s'agit de l'Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, S et C.

Pour tous les essais, la solubilisation de l'aluminium augmente avec le temps mais elle ne dépasse jamais 10%. L'As n'a pu être détecté avec le type de digestion pratiqué lors de ces essais; son cas sera étudié, plus en détail, dans le prochain rapport (voir Optimisation du procédé de solubilisation des métaux dans les sédiments). La teneur en Ca varie entre 500 et 700 mg/L et sa solubilisation entre 50 et 75%.

Le Cd est très peu concentré dans le sédiment #12 qui est utilisé pour ces essais. Sa concentration varie entre 0.12 et 0.16 mg/L, soit des concentrations inférieures comme teneurs de base à

celles qui sont inscrites dans les Lignes directrices du Ministère de l'Environnement (voir annexe 33) et qui sont de 8 mg/kg sédiment sec. Toutefois, même aux faibles teneurs de cet échantillon, la solubilisation biologique du Cd est, en général, 50% après 24 heures.

Le sédiment #12 contient en moyenne 3.5 mg/L de Cr (i.e. 116 mg/kg sédiment sec). La norme est de 90 mg/kg sédiment sec, de sorte qu'un enlèvement de 10% est suffisant. Le Cr est difficilement solubilisé. Malgré tout, vu sa faible teneur dans les sédiments, la norme est facilement respectée.

Le Cu est également assez faiblement représenté dans le sédiment #12. Sa teneur est moins de 3 mg/L (i.e. 100 mg Cu/kg sédiment sec à 3% ST). Comme il a été vu lors des essais visant à étudier sa solubilisation en fonction de la température, cet élément est un fidèle indicateur de la présence bactérienne. Dans les sédiments, et tout comme il avait été démontré lors de l'application du procédé de solubilisation biologique des métaux dans les boues d'usine d'épuration (Couillard *et al.*, 1991b), la solubilisation du Cu dépend entre autres des conditions de POR optimales. Pour respecter la norme de 60 mg/kg sédiment sec, 40% du Cu contenu dans le sédiment #12, doit être solubilisé. Pour les essais ayant bien fonctionnés (3% ST), ces pourcentages de solubilisation sont atteints après 24 heures.

La solubilisation du Fe diminue avec le temps passant d'environ 50 à 40% à moins de 20%. Le Fe est ajouté sous forme ferreuse ( $\text{Fe}^{+2}$ ) via les substrats  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  et/ou  $\text{FeCl}_2$ . Puis T.

ferrooxidans oxyde le  $Fe^{+2}$  en  $Fe^{+3}$  et les ions  $Fe^{+3}$  sont réduits en  $Fe^{+2}$  lors de l'oxydation des sulfures de métaux (voir figure 1.1). Donc à mesure que le soufre est oxydé et les métaux solubilisé, le POR monte, le pH descend et le Fe reste sous forme ferrique, i.e. plutôt insoluble. Ce qui explique que la solubilité du Fe diminue lors de l'application du traitement biologique.

Dans le cas du Mg, sa teneur dans les sédiments se situe entre 500 et 550 mg/L et le pourcentage de solubilisation entre 10 et 20%. Par ailleurs, il n'y a pas de lignes directrices quant à la teneur du Mn dans les sédiments. En général, sa concentration varie autour de 25 à 30 mg/L et, lors des essais ayant bien fonctionné (3% ST), plus de 60% du Mn est solubilisé dès le départ.

Le Ni est peu concentré dans les sédiments, sa teneur variant entre 2 et 2.5 mg/L (66 à 83 mg/kg sédiment sec). En général, avec la souche acclimatée au  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , plus de 30% de solubilisation est atteint dès le départ, mais elle n'augmente pas avec le temps. Il est possible, toutefois, qu'à de si faibles teneurs, un enlèvement du Ni, à des quantités appréciables, soit difficile. Dans les essais à faible teneur en soufre (souche acclimatée au  $FeCl_2$  et acidification des sédiments avec HCl), la solubilisation du Ni tend vers 20 à 25%. Cet enlèvement est insuffisant pour respecter la norme de 25 mg/kg sédiment sec recommandé par le Ministère. Quant au cas du sédiment #3 beaucoup plus contaminé en Ni, il sera traité plus en détail dans le prochain rapport.

Le phosphore se solubilise très peu aux conditions

expérimentales auxquelles se déroulent les essais. Les rendements de solubilisation ne dépassent pas 5%. Le soufre se retrouve, en moyenne, à 80% solubilisé ( de 500 à 1200 mg/L) quand il est présent à des teneurs supérieures à 500 mg/L; c'est-à-dire lorsqu'une souche acclimatée au sulfate ferreux est utilisée ou que les sédiments sont acidifiés avec  $H_2SO_4$  (souche acclimatée au chlorure ferrique). A de faibles concentrations, soit à des teneurs inférieures à 175 mg/L ( souche acclimatée au  $FeCl_2$  et acidification des sédiments avec  $HCl$ ), seulement 10 à 25% du soufre se retrouve sous forme soluble (i.e. autour de 25 mg/L). Il peut donc être supposé que le soufre soluble provient de l'ajout de  $SO_4^{-2}$  via l'acidification avec  $H_2SO_4$  et du substrat (le sulfate ferreux).

La digestion des sédiments élimine le carbone de sorte qu'il est impossible de connaître le pourcentage de carbone solubilisé juste à partir des analyses de métaux faites sur le spectromètre d'émission au plasma séquentiel , étant donné que la quantité de carbone présent au temps 0 dans le sédiment est inconnue. Toutefois, le suivi du C solubilisé avec le temps pour chaque essai indique si une certaine partie du C ou de la matière organique, est solubilisée par le procédé de solubilisation biologique. En général de 0 à 75 mg/L du C se retrouve sous forme soluble. Si la concentration initiale de C dans les sédiments #12 est évaluée à 7.7%, i.e. 2310 mg/L (voir tableau 2.2), entre 0 et 3% du C est donc solubilisé.

### 3.1.3.2b Le cas du Zn

La teneur en Zn du sédiment #12 est élevée soit autour de 80 mg/L ou 2700 mg/kg sédiment sec. La norme recommandée se situe à 175 mg/kg sédiment sec (Environnement Canada, 1978). Donc de très hauts rendements de solubilisation doivent être atteints pour satisfaire la norme. Le Zn se solubilise très bien et, en général, des pourcentages de solubilisation au-dessus de 80, allant de 90 à 100%, sont atteints.

La solubilisation du Zn dans les différents essais a été trouvée très peu tributaire de la présence de thiobacilles. Ainsi la température à laquelle se déroule le procédé ne semble pas affecter sa solubilisation de façon prononcée. De même à un pourcentage de solides totaux inférieur à 10%, le Zn se solubilise bien en général. L'influence du pourcentage d'inoculum n'est pas très marquée. Il en va de même pour la quantité de substrat. Par contre, l'ajout d'azote et surtout de phosphore diminue les rendements de solubilisation du Zn de 10 à 20%. En fait il semble que ce soit surtout le pH qui affecte la solubilisation du Zn.

#### 3.1.3.2c Le cas du Pb

Le Pb est un élément difficile à solubiliser. Lors de l'application du procédé de solubilisation biologique dans les boues d'usine d'épuration, moins de 8% du Pb était solubilisé (Couillard et Mercier, 1991). Toutefois la teneur en Pb dans les boues d'épuration est généralement peu élevée. Le sédiment #12 contient environ 12 mg Pb/L, i.e. 400 mg/kg sédiment sec. La norme recommandée est de 60 mg/kg sédiment sec. L'enlèvement doit donc

être de 85%.

Dans les différents essais présentés au chapitre 3, l'influence de la présence des thiobacilles sur la solubilisation du Pb n'a pu être établie de façon claire, bien que, dans les essais stériles sans thiobacilles (voir figure 3.2 et 3.15), la solubilisation soit diminuée par rapport aux essais qui contiennent des thiobacilles (i.e. les essais non-stériles). Par ailleurs en présence d'un haut pourcentage d'inoculum (voir figure 3.3), le Pb précipite. La quantité de substrat ajouté ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ou  $\text{FeCl}_2$ ), ne semble pas affecter la solubilisation de cet élément sauf si la quantité de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  est plus élevée que 20% (p/p). L'ajout d'azote ou de phosphore diminue la solubilisation du Pb et l'augmentation du pourcentage de solides totaux diminue ou retarde sa solubilisation. Avec l'utilisation du  $\text{FeCl}_2$  comme substrat, l'influence du pH de départ a pu être observée quant à la solubilisation du Pb. L'influence de la température sur la solubilisation du Pb n'a pu, par contre, être établie de façon certaine. Finalement le pH affecte la solubilité du Pb.

Les rendements de solubilisation atteints lorsque la quantité de sulfate soluble diminue sont nettement supérieurs parce que le Pb forme avec les sulfates, des complexes insolubles. Dans le but de cerner les facteurs pouvant affecter la solubilisation du Pb, différents calculs de concentrations théoriques de Pb soluble pouvant se retrouver dans les différents essais ont été faits. Les tableaux 3.7, 3.8 et 3.9 présentent les concentrations théoriques de Pb, pour différentes valeurs de pH, divers pourcentages de

Tableau 3.7: Concentration de Pb soluble calculée pour les essais avec de hautes teneurs en soufre ( $H_2SO_4 + FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ).

S total (mg/L)	pH	Pb (mg/L)
500	1.5	2.78
	1.75	2.49
	2.5	2.18
1000	1.5	2.43
	1.75	2.29
	2.5	2.23
1500	1.5	2.32
	1.75	2.23
	2.5	2.21
2000	1.5	2.28
	1.75	2.22
	2.5	2.19
3000	1.5	2.23
	1.75	2.17
	2.5	2.15

Tableau 3.8: Concentration de Pb soluble calculée pour les essais avec de faibles teneurs en soufre et en chlorure ( $H_2SO_4 + FeCl_2$ ).

pH	S total (mg/L)	Chlorure (mg/L)	Solides totaux (%)	Pb (mg/L)
1.5	500	380	3	3.05
	1000			2.56
1.75	500			2.65
	1000			2.37
2.5	500			2.20
	1000			2.28
1.5	500	760	3	3.30
	1000			2.68
1.75	500			2.80
	1000			2.44
2.5	500			2.23
	1000			2.33
1.5	500	890	7	3.47
	1000			2.76
1.75	500			2.89
	1000			2.48
2.5	500			2.25
	1000			2.36
1.5	500	1790	7	4.43
	1000			3.24
1.75	500			3.45
	1000			2.48
2.5	500			2.35
	1000			2.53

Tableau 3.9: Concentration de Pb soluble calculée avec les constantes de solubilité pour les essais avec de faibles teneurs en soufre et de hautes teneurs en chlorure (HCl+FeCl<sub>2</sub>).

pH	S total (mg/L)	Chlorure (mg/L)	Solides totaux (%)	Pb (mg/L)		
1.5	25	1696	3	40.9		
	50			21.5		
1.75	25			24.2		
	50			13.1		
2.5	25			16.8		
	50			9.4		
1.5	25			2062	3	47.9
	50					24.8
1.75	25	27.7				
	50	14.9				
2.5	25	19.2				
	50	10.6				
1.5	25	4106	7			86.2
	50					44
1.75	25			49.2		
	50			25.7		
2.5	25			33.5		
	50			17.8		
1.5	25			4995	7	105
	50					53.5
1.75	25	60				
	50	31				
2.5	25	40.5				
	50	21.3				

solides totaux et diverses concentration de  $\text{Cl}^-$  (pour les calculs de concentrations, voir l'annexe 33). Les concentrations théoriques de Pb sont calculées avec les constantes de solubilité ( $K_{ps}$  de  $\text{PbSO}_4$ ) et en tenant compte des complexes de sulfate de Pb.

Plus le pH augmente, passant de 1.5 à 2.5, plus la quantité de Pb soluble diminue: au-delà de ce pH, tout le soufre est sous forme de sulfate et la quantité de  $\text{Pb}^{+2}$  devient constante. Outre le pH, le soufre et les ions  $\text{Cl}^-$  influencent donc la solubilité du Pb. Dans le cas du soufre, ce sera via la détermination du  $\text{Pb}^{+2}$  qui est trouvée à partir du  $K_{ps}$  du  $\text{PbSO}_4$  (voir équation (3) de l'annexe 33) et la présence des complexes solubles de  $[\text{PbSO}_4^0]$  (voir équation (4) de l'annexe 33). Plus la quantité de soufre soluble sous forme de sulfates est élevée, plus la concentration de Pb soluble diminue. Par ailleurs, les ions  $\text{Cl}^-$  forment avec le Pb des complexes solubles, augmentant ainsi la solubilité de ce dernier. La hausse du pourcentage de solides totaux de 3 à 7% augmente la concentration de  $\text{Cl}^-$ , ce qui entraîne une augmentation théorique du Pb total soluble.

Pour les essais de solubilisation biologique, trois études, en regard de la concentration de soufre total et du  $\text{Cl}^-$ , ont été expérimentés. Dans la première, les essais ont été faits avec une souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  et des sédiments acidifiés au départ avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; dans la seconde, les essais ont été faits avec une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$  et des sédiments acidifiés au départ avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; et dans la troisième, les essais ont été faits avec une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$  et des sédiments acidifiés au départ

avec HCl. Pour ces trois études, les concentrations du soufre passent de 500 à 3000 mg/L dans le premier cas, de 500 à 1000 mg/L dans le second cas et de 25 à 50 mg/L dans le troisième cas. Pour les essais faits avec une souche acclimatée au  $\text{FeCl}_2$ , dans la seconde étude, où l'acidification des sédiments a été faite avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , les concentrations de  $\text{Cl}^-$  varient de 380 à 1790 mg/L selon le pourcentage de solides totaux et la concentration de substrat ( $\text{FeCl}_2$ ) ajouté. Dans la troisième étude, l'acidification des sédiments ayant été faite avec HCl au lieu d' $\text{H}_2\text{SO}_4$ , les concentrations de  $\text{Cl}^-$  varient de 1696 mg/L à 4995 mg/L, toujours selon le pourcentage de solides totaux et la concentration de substrat ajoutée.

Sans  $\text{Cl}^-$  (première étude), la quantité de Pb soluble calculée pour les différentes concentrations de soufre et différents pH, varient entre 2.15 et 2.78 mg/L à 3% de solides totaux (voir tableau 3.7). Dans la seconde étude, en présence d'une certaine quantité d'ion  $\text{Cl}^-$ , le Pb en solution calculé varie entre 2.33 à 3.05 à 3% de solides totaux et de 2.53 à 3.47 à 7% de solides totaux (voir tableau 3.8). Enfin dans la troisième étude, où il n'y a aucun ajout de soufre, le Pb soluble calculée passe de 9.4 à 47.9 mg/L à 3% de solides totaux et de 17.7 à 105 mg/L à 7% de solides totaux (voir tableau 3.9). Les concentrations de Pb solubles ainsi calculées, bien que théoriques, peuvent toutefois présenter la tendance générale.

Dans les essais expérimentés en laboratoire où le soufre est ajouté sous forme de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (substrat) et  $\text{H}_2\text{SO}_4$  lors de

l'acidification, la quantité de Pb soluble se situe, lorsqu'aucune acidification supplémentaire n'est faite, entre 0.2 et 2.5 mg/L. A 5% de solides totaux il est parfois possible d'augmenter le Pb soluble à 2.8 mg/L. Règle générale, la solubilisation du Pb dans les différents essais augmente peu avec le temps indiquant ainsi qu'il y a un mécanisme qui bloque la solubilisation de cet élément, mécanisme qui pourrait être la formation d'un précipité insoluble. A 2.5 mg/L, les concentrations solubles expérimentales de Pb se rapprochent de celles qui ont été calculées.

Avec l'ajout de  $\text{FeCl}_2$  comme substrat et l'acidification des sédiments avec de l'acide sulfurique, la quantité de Pb soluble passe après un certain temps, de 5 à 7 mg/L. Ce qui est un peu supérieur à la concentration soluble théorique prédite: cela pourrait s'expliquer par la force ionique non négligeable. Mais la tendance générale est respectée et deux fois plus de Pb est solubilisé dans ces essais que lors de l'utilisation du sulfate ferreux comme substrat. Et contrairement aux essais où le sulfate ferreux est ajouté comme substrat, une certaine augmentation de la solubilisation du Pb peut être observée avec le temps (surtout entre 24 et 48 heures). Il faut mentionner que le pH doit demeurer bas, sinon l'effet des complexes solubles formés entre le  $\text{Pb}^{+2}$  et  $\text{Cl}^-$  devient négligeable, à cause de la trop faible quantité de  $\text{Pb}^{+2}$  présent à de haute valeurs de pH (voir annexe 34). Dans le cas d'un pH élevé, c'est surtout la quantité de  $[\text{PbSO}_4^0]$  qui détermine la solubilité du Pb.

Lorsqu'il n'y a aucun ajout de soufre (substrat  $\text{FeCl}_2$  et

acidification des sédiments avec HCl), la quantité de Pb soluble effectivement mesurée grimpe de 4 à 7 mg/L. Après 150 heures, 100% de solubilisation (i.e. 11 mg/L à 3% ST) est même atteint. Dans ce cas-ci, la quantité de Pb théorique soluble calculée comme possible est surestimée par rapport aux valeurs expérimentales.

Outre certains essais où la solubilisation du Pb atteint de très hauts pourcentages après un certain temps, en général les essais faits avec une acidification au départ des sédiments avec HCl plutôt qu'avec l'acide sulfurique, le substrat utilisé étant le  $\text{FeCl}_2$ , les rendements de solubilisation sont supérieurs d'un ordre de grandeur d'environ 1 mg/L. Et par rapport aux essais où le substrat utilisé est le  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  et l'acidification des sédiments est faite avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , les essais faits sans ajout de  $\text{SO}_4^{-2}$  permettent de quadrupler et même quintupler les quantités de Pb solubles.

La tendance à l'augmentation de la solubilité du Pb avec la diminution de S soluble est respectée. Toutefois dans le cas où les ions chlorures sont présents en plus grandes concentrations, les quantités de Pb solubles théoriques prédites ne sont pas atteintes. Il semble donc qu'il existe d'autres mécanismes qui limitent la solubilisation du Pb. Par exemple, il a été vu que l'augmentation du pourcentage de solides totaux diminue la solubilité du Pb. D'où la quantité théorique prédite (voir tableau 3.9), qui prévoit une augmentation de la solubilité du Pb entre autre avec une teneur en solides totaux plus élevée, ne sera jamais atteinte. Toutefois à pH 2.5 et avec 3% de solides totaux, il est difficile d'expliquer pourquoi les essais sans ajout de soufre

donnent des teneurs en soufre atteignant pas plus de la moitié du Pb soluble calculée théoriquement.

L'acidification des sédiments avec HCl suite à l'application du procédé de solubilisation biologique a été appliquée à quelques reprises. Les avantages d'une acidification en fin de procédé sont la diminution des coûts d'acidification, puisque le pH des sédiments est déjà bas, et la possibilité d'augmenter la solubilisation du Pb, en raison de la diminution de pH à 2.00 ou à 1.75 et de l'ajout d'ions chlorures via le HCl.

L'acidification en fin de procédé augmente de façon brusque la solubilisation du Pb. Les quantités de Pb solubles peuvent doubler, tripler et même quadrupler dans certains cas. Dans les essais où le substrat est le chlorure ferreux, cela peut signifier 100% de solubilisation immédiatement après l'acidification (donc 11 mg/L à 3% de solides totaux). Dans le cas des essais où le substrat utilisé est le sulfate ferreux, jusqu'à 8 mg/L dans le meilleur des cas (la moyenne étant plus autour de 5 mg/L) peut-être obtenu. Trop peu d'essais ont été faits à pH=2 par rapport à pH=1.75 pour pouvoir observer de façon significative une différence de rendement entre ces deux pH.

### 3.1.3.3 Coût et applicabilité

L'élaboration d'un procédé qui permettrait l'enlèvement des métaux, doit comporter, outre un traitement efficace des sédiments contaminés, une certaine faisabilité économique. C'est-à-dire que les coûts du procédé doivent être avantageux par rapport à ceux des

autres méthodes disponibles. De même sur le plan pratique, le procédé doit être applicable. Il a été vu jusqu'à maintenant que le principal problème lors de l'application du procédé d'enlèvement des métaux des sédiments, était celui de l'enlèvement du Pb. Le but de cette section est d'analyser les coûts des diverses options expérimentées et analysées au chapitre 3, et ce particulièrement en regard de la solubilisation du Pb. Au chapitre 2 du second rapport (voir Optimisation du procédé de solubilisation des métaux dans les sédiments), l'optimisation du procédé de solubilisation se fera en tenant compte du ou des procédés trouvé(s) potentiellement applicable(s) au présent chapitre.

Le tableau 3.10 indique le coût en produits chimiques pour les différentes options expérimentées, ainsi que leurs avantages et désavantages respectifs. Si les sédiments ne sont pas contaminés en Pb, il est recommandé d'utiliser, d'après les coûts indiqués au tableau 3.10, une souche acclimatée au sulfate ferreux avec acidification des sédiments au départ à pH=4 avec  $H_2SO_4$ . Cette option est la moins coûteuse (9.75 \$CAN/t sédiment sec) et de bons rendements d'enlèvement des métaux (sauf le Pb évidemment) sont atteints.

Si les sédiments sont contaminés en Pb, comme cela a été le cas avec le sédiment #12, différentes options sont possibles. Le prix de ces options est toutefois plus élevée et varie entre 24 et 34 \$CAN/t sédiment sec. L'acidification en fin de procédé avec HCl augmente les rendements de solubilisation du Pb (à condition d'effectuer une séparation solide-liquide immédiatement après

Tableau 3.10: Coûts approximatifs en produits chimiques, avantages et désavantages des diverses options expérimentées jusqu'à présent.

Options	Sulfate ferreux (\$CAN/t séd**sec)	Chlorure ferreux (\$CAN/t séd**sec)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (\$CAN/t séd**sec)	HCl (\$CAN/t séd**sec)	Total (\$CAN/t séd**sec)	Remarques
substrat:FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O 5% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2.75	---	7.00	---	9.75	peu coûteux bon rendement de solubilisation des métaux sauf le Pb (moins de 20%).
substrat:FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O 5% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> acid.* à t=48h à pH=1.75 avec HCl	2.75	---	7.00	20.00	29.75	plus coûteux mais augmente la solu- bilisation du Pb à 50%.
substrat:FeCl <sub>2</sub> 2% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	---	17.00	7.00	---	24.00	bon rendement de solubilisation des métaux et la solu- bilisation du Pb varie entre 30 et 50%.
substrat:FeCl <sub>2</sub> 2% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> acid. à t=48h à pH=1.75 avec HCl	---	17.00	7.00	10.00	34.00	plus coûteux mais augmente la solu- bilisation du Pb à 100%(163h) après l'acidification.
substrat:FeCl <sub>2</sub> 2% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec HCl	---	17.00	---	15.00 à 20.00	34.00	bon rendement de solubilisation des métaux et la solu- bilisation du Pb varie entre 35 et 70%.
substrat:FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O 5% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=2 avec HCl	2.75	---	---	26.00	29.00	bon rendement de solubilisation des métaux et la solu- bilisation du Pb varie entre 40 et 45%.

\*acid.:acidification

\*\*séd.:sédiment

l'acidification), d'où l'utilisation du substrat  $\text{FeCl}_2$  et une acidification des sédiments au départ à  $\text{pH}=4$  avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et une acidification après 48 heures avec  $\text{HCl}$ , s'avère un bon choix. Toutefois cette option demeure plus coûteuse (34 \$CAN/t sédiment sec), mais les autres options ne permettent pas des taux de solubilisation du Pb supérieurs à 50%, ce qui est insuffisant. Les options où l'acidification au départ des sédiments est faite avec  $\text{HCl}$  sont rejetés en raison de leurs coûts plus élevés et des rendements de solubilisation du Pb plutôt moyens (autour de 40 à 50%).

Donc les deux options retenues sont celles utilisant comme substrat le sulfate ferreux pour les sédiments exempts de Pb et le chlorure ferreux avec acidification des sédiments au départ avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pour les sédiments contenant du Pb. Pour l'option avec  $\text{FeCl}_2$  une acidification en fin de procédé doit être faite pour élever la solubilisation du Pb. Au chapitre 2 du second rapport, lors de l'étude de l'optimisation du procédé d'enlèvement des métaux, ces deux options seront vues plus en détail.

### **3.2 Procédé de solubilisation par voie chimique**

Cette deuxième partie du chapitre 3 regroupe différents essais de solubilisation par voie chimique qui ont été expérimentés dans le cadre de ce travail. Les différents essais ont consisté à déterminer les différents facteurs pouvant affecter la solubilisation chimique faite à partir du  $\text{FeCl}_2$  et/ou du  $\text{HCl}$ . Pour suivre les résultats tout comme dans la première partie du chapitre

3, la solubilisation du Zn et du Pb en fonction du temps a été illustrée pour les différents essais. La solubilisation des autres métaux sera vue de façon plus générale à la fin (voir section 3.2.4.2). Les essais ont été faits en cuvée de 500 mL avec le sédiment #12. Et lorsque les essais ont été faits en duplicata, c'est la moyenne qui a été utilisée pour faire les graphiques et les tableaux des résultats.

### 3.2.1 Solubilisation chimique des métaux avec du $\text{FeCl}_3$

Les résultats concernant la solubilisation du Zn et du Pb pour les essais de solubilisation chimique faits à partir du  $\text{FeCl}_3$  sont présentés sous forme d'histogramme à la figure 3.24. L'ajout de  $\text{FeCl}_3$  s'est fait jusqu'à l'obtention de deux valeurs de pH; 1.5 et 2.0. Il faut mentionner que le  $\text{FeCl}_3$  est sous forme de liqueur acide (résidu industriel), ce qui lui donne sa capacité acidifiante.

Dès le départ, les rendements de solubilisation sont maximaux pour les deux métaux illustrés. Dans le cas du Zn, son pourcentage de solubilisation atteint près de 70% (60 mg/L) à pH=1.5 et près de 75% (62 mg/L) à pH=2.0. Dans le cas du Pb à pH=1.5, près de 82% (10.6 mg/L) est solubilisé, alors qu'à pH=2.0, de 90 à 100% sont solubilisés (10 à 11 mg/L).

La lecture de l'annexe 19 permet de constater que dès le départ, les valeurs de POR sont au-dessus de 550 mV. Ces hautes valeurs de potentiel-rédox s'expliquent par le pouvoir oxydant des ions ferriques ( $\text{Fe}^{+3}$ ) provenant du  $\text{FeCl}_3$ . Pour le Zn, peu de

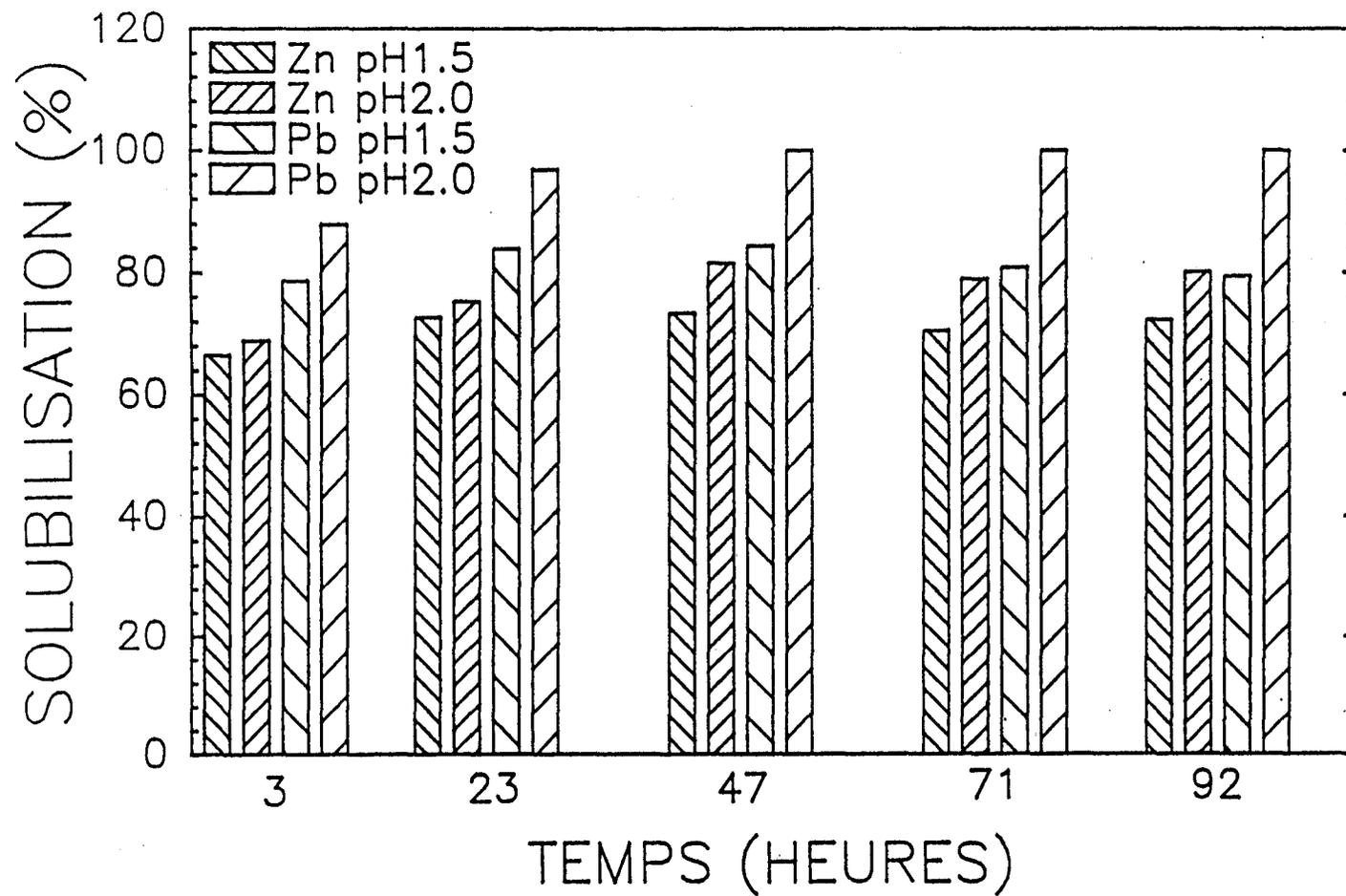


Figure 3.24 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec  $FeCl_3$ , lors des essais à différents pH.

différence de rendement dans la solubilisation est observée entre les pH initiaux de 1.5 et de 2.0. Dans le cas du Pb, jusqu'à 20% de plus de solubilisation est obtenu à pH=2.0. Il est difficile d'expliquer pourquoi la solubilisation du Pb est supérieure à pH=2 plutôt qu'à pH=1.5. En effet, jusqu'à maintenant, la solubilisation du Pb augmentait à mesure que le pH diminuait. Toutefois les rendements de solubilisation du Pb sont maximaux dès 3 heures après l'acidification. Aux valeurs de pH expérimentées (pH de 1.5 et 2.0), le pouvoir oxydant des ions ferriques, la faible teneur en sulfate et la forte concentration en  $\text{Cl}^-$  assurent une solubilisation efficace du Pb.

### 3.2.2 Solubilisation chimique des métaux avec HCl

Les résultats de solubilisation chimique avec HCl obtenus pour le Zn, le Pb et le Cu sont illustrés à la figure 3.25. Les valeurs de pH auxquelles les essais se sont déroulés sont de 1.5, 1.75 et 2.0.

A pH=1.5 et 2.0, entre 80 et 90% (75 à 80 mg/L) du Zn sont solubilisés. A pH=1.75, les rendements sont autour de 75% (69 mg/L). Dans le cas du Pb, de meilleurs pourcentages de solubilisation sont atteints à pH=1.5, avec près de 100% de solubilisation (11 mg/L). A pH=2.0, près de 80% du Pb (8.5 mg/L) est solubilisé après 30 heures, et à pH=1.75, la solubilisation varie autour de 50% (5 mg/L). A pH=1.5, la solubilisation du Cu passe de 11 à 60% après 92 heures et à pH=1.75, elle passe de 4 à 45% (0.14 à 1.57 mg/L). A pH=2.0, la solubilisation augmente peu

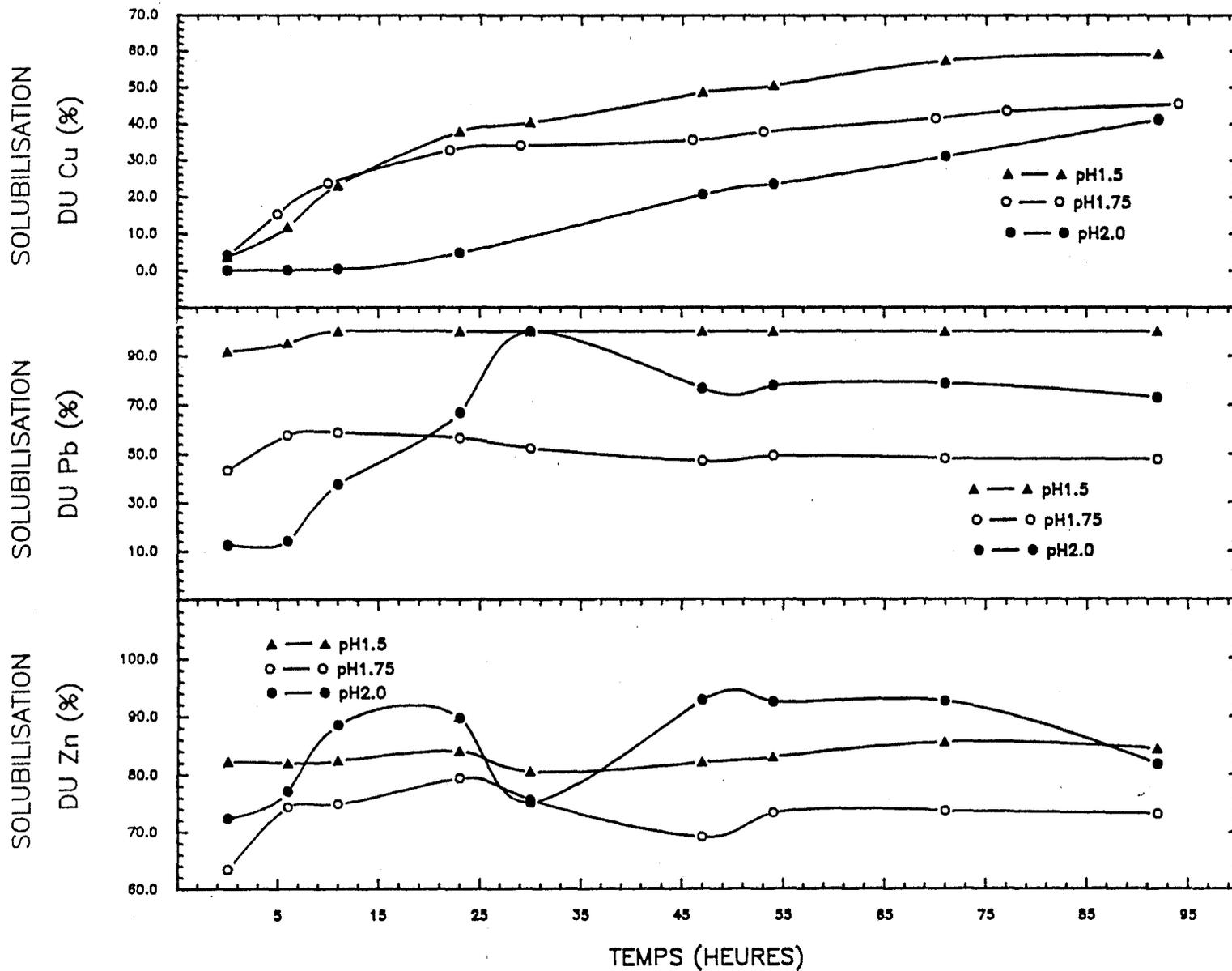


Figure 3.25 Solubilisation chimique du Zn, du Pb et du Cu avec HCl lors des essais à différents pH.

jusqu'à 23 heures, puis elle grimpe de 4 à 41% entre 23 et 92 heures (0.15 à 1.31 mg/L).

D'après ces essais, il ne semble pas que la diminution de pH favorise la solubilisation du Zn. Et même l'essai au plus bas pH, donne des rendements de solubilisation inférieurs d'environ 10% à ceux obtenus aux autres pH. C'est ce qui avait aussi été constaté dans les essais de solubilisation avec  $\text{FeCl}_3$  (voir figure 3.24).

Dans le cas du Pb, mis à part l'essai à  $\text{pH}=1.75$  où on peut probablement parler d'un cas isolé, à  $\text{pH}=2$  et surtout à  $\text{pH}=1.5$ , de bons rendements de solubilisation sont atteints. L'acidification initiale des sédiments avec HCl à  $\text{pH}=1.5$  et 2.0 est donc aussi en mesure d'assurer un enlèvement efficace du Pb.

Malgré sa faible teneur dans le sédiment #12, le Cu a aussi été étudié. Ceci à cause de la dépendance de cet élément face au POR pour sa solubilisation. En effet, la lecture de l'annexe 20 montre que l'acidification des sédiments avec HCl, même à des pH aussi bas que 1.5, ne permet pas d'obtenir de hautes valeurs de POR; la valeur maximale atteinte étant de 400 mV. Ce fait est important, puisqu'il explique la lenteur du Cu à être solubilisé, même aux basses valeurs de pH. En fait dans le cas des sédiments contaminés en Cu, il est probable qu'une solubilisation chimique effectuée avec HCl seulement ne permettrait pas un enlèvement efficace du Cu dans un court délai.

### 3.2.3 Solubilisation des métaux avec HCl et $\text{FeCl}_3$

Dans cette section , la solubilisation chimique a été

effectuée à partir de HCl et de FeCl<sub>3</sub>. Une certaine quantité fixe de FeCl<sub>3</sub> est ajoutée aux échantillons, puis l'acidification jusqu'au pH désiré est faite avec HCl.

### 3.2.3a Effet du pH

La figure 3.26 permet de comparer l'effet du pH lors d'essai de solubilisation chimique fait à partir de FeCl<sub>3</sub> et de HCl. La solubilisation du Zn est illustrée dans le bas de la figure et celle du Zn dans le haut de la figure.

Mis à part l'essai à pH=2 qui accuse un retard pour la solubilisation du Zn, de hauts rendements, i.e. autour de 90% de solubilisation (82 mg/L), sont atteints pour le Zn aux pH de 1.5, 1.75, 2.25 et 2.50. Dans le cas du Pb, pour les pH de 1.5 et 2.25, entre 85 et 90% du Pb (8.5 à 9.5 mg/L) sont solubilisés. A pH=1.75, les rendements se situent en majorité autour de 75% (7.3 mg/L). Enfin pour les essais à pH=2.0 et 2.5, la solubilisation varie autour de 70% (7 mg/L).

Pour le Zn, la solubilisation ne semble pas dépendre du pH. De hauts rendements sont obtenus peu importe le pH. Dans le cas du Pb, les meilleurs rendements de 10 à 30% supérieurs, sont obtenus à pH=1.5. Toutefois il ne semble pas y avoir de profil d'augmentation de la solubilisation avec la diminution de pH pour les essais effectués avec les autres valeurs de pH. Il est possible qu'une certaine variabilité expérimentale, par exemple la difficulté de maintenir les essais à un pH constant durant tout le temps de l'expérimentation, ou l'analyse du Pb solubilisé sur le

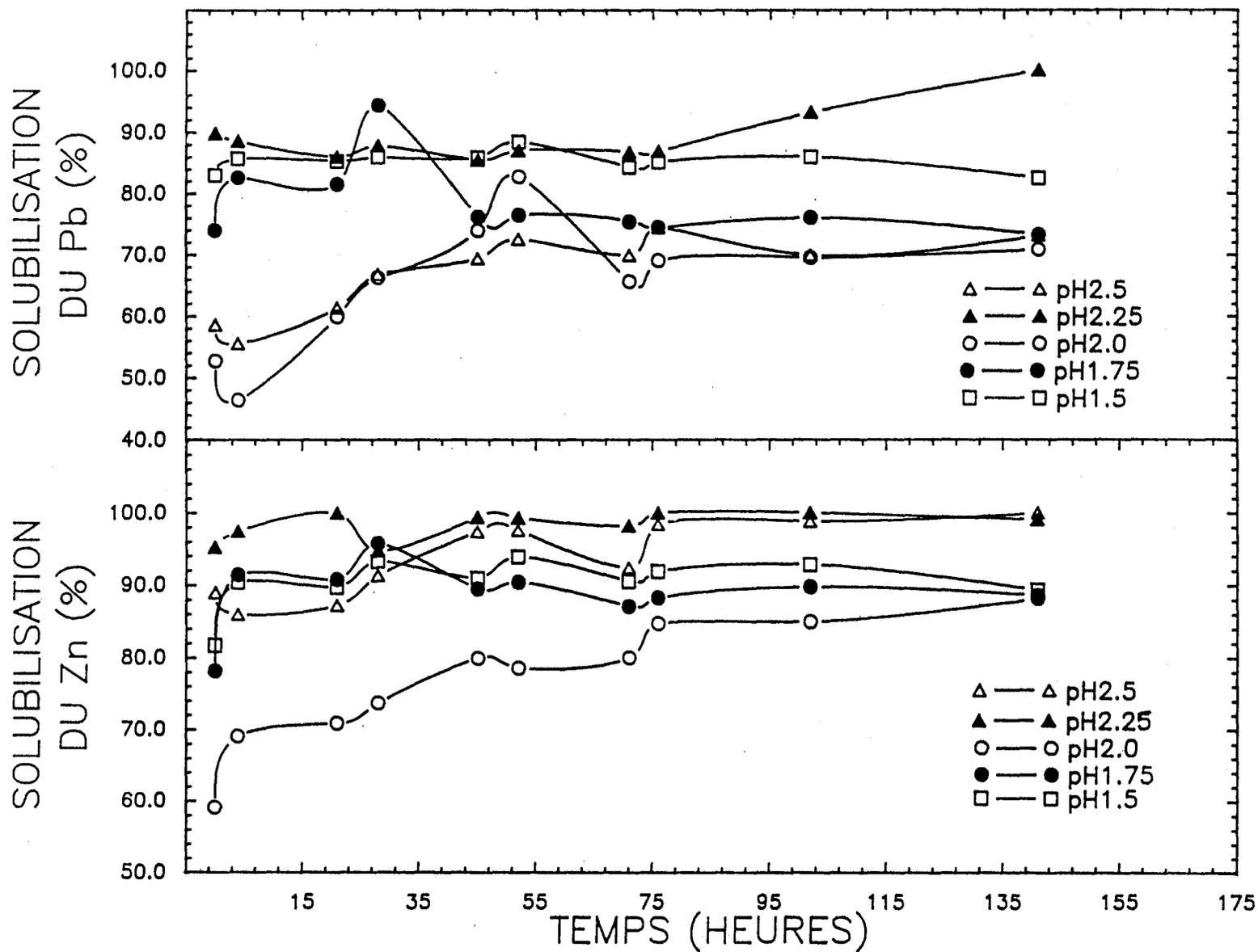


Figure 3.26 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec  $\text{FeCl}_3$  (0.08 mL  $\text{FeCl}_3/\text{g}$  séd. sec) et HCl lors des essais à différents pH.

spectromètre d'émission au plasma séquentiel, pourraient expliquer cette absence de profil. Pour conclure, de façon générale la solubilisation du Pb demeure élevée et en général, les valeurs de POR des différents essais sont également élevées, soit au-dessus de 400 mV (voir annexe 21).

### 3.2.3b Effet de la concentration de FeCl<sub>3</sub>

La solubilisation du Zn et du Pb pour différentes concentrations de FeCl<sub>3</sub> alors que les sédiments sont acidifiés avec HCl à pH=2.0 et à pH=1.75 sont indiqués au tableau 3.11.

Pour le Zn, à 0.041 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec, les rendements de solubilisation sont de 80 à 88% (66 à 71 mg/L). A 0.082 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec, il varient de 70 à 80% (66 à 75 mg/L) et à 0.12 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec, ils sont autour de 80% (65 mg/L) avant 21 heures pour grimper à plus de 90% (74 mg/L) après 48 heures. A pH=1.75 pour 0.041 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec, la solubilisation du Zn demeure autour de 60% (67 mg/L).

A pH=2.0, lors de l'ajout de 0.41 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec, la solubilisation du Pb monte après 10 heures à une valeur moyenne de 75% (8.0 mg/L). A 0.082 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec, les rendements de solubilisation sont entre 50 et 70% (6.7 à 9.0 mg/L) et à 0.12 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec, ils sont entre 60 et 77% (6.8 à 8.8 mg/L). A pH=1.75, la solubilisation du Pb ne dépasse pas 72% (8.2 mg/L).

Pour le Zn et le Pb de meilleurs rendements sont obtenus à pH=2 plutôt qu'à pH=1.75. Dans le cas du Zn, il est difficile de cerner l'effet de la quantité de FeCl<sub>3</sub> ajoutée sur la

Tableau 3.11: Effet de la concentration du chlorure ferrique sur la solubilisation chimique:  
acidification avec HCl.

FeCl3 (mL/g séd*sec)	pH 2						pH 1.75	
	0.041		0.082		0.12		0.041	
Temps (heures)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)
0	--	--	59.1	52.8	64.47	52.61	42.0	43.2
3	70.0	38.6	69.1	46.4	69.8	53.71	55.4	50.9
9	81.6	67.0	70.9	59.9	73.37	60.52	58.6	58.8
21	85.0	71.8	73.7	66.3	80.48	66.57	59.7	63.4
28	89.2	77.9	79.9	74.0	81.47	69.15	58.6	65.5
48	83.6	75.0	78.6	62.8	90.56	73.56	61.6	68.4
52	87.9	80.5	80.0	65.7	91.02	73.63	60.4	67.9
69	84.7	75.3	84.8	69.0	96.56	77.02	60.7	70.2
76	88.3	75.7	85.0	69.5	97.43	77.61	63.5	72.2
97	86.8	74.3	88.2	70.8	89.28	71.84	63.6	72.5

\*séd.:sédiment

solubilisation de cet élément. De bons rendements sont obtenus à 0.12 mL  $\text{FeCl}_3$ /g sédiment sec et à 0.041 mL  $\text{FeCl}_3$ /g sédiment sec; soit autour de 85 à 90% de solubilisation. Les mêmes remarques s'appliquent au Pb où l'effet de l'augmentation graduelle du  $\text{FeCl}_3$  sur la solubilisation du Pb ne peut-être discernée. Dans le cas de cet élément, les pourcentages de solubilisation approchent 75% à 0.12 mL et 0.041 mL  $\text{FeCl}_3$ /g sédiment sec après 48 heures.

### 3.2.3c Effet de la décantation et de l'acidification après 24 heures

Dans ces essais à 10% de solides totaux, après 23 heures de traitement de solubilisation chimique avec HCl et ajout d'une quantité fixe de  $\text{FeCl}_3$ , les sédiments sont décantés et le surnageant est remplacé par de l'eau acidifiée avec HCl dans l'un des cas et  $\text{HNO}_3$  dans l'autre cas. Les résultats obtenus pour la solubilisation du Zn et du Pb dans ces deux essais, sont présentés sous forme d'histogramme à la figure 3.27.

La décantation augmente les rendements de solubilisation du Zn de 3%, i.e. de 84% à 87%. L'utilisation de HCl ou de  $\text{HNO}_3$  pour réacidifier les sédiments décantés, et dilués dans un volume d'eau correspondant au volume des sédiments décantés, ne semble pas apporter de différences quant au rendement de solubilisation du Zn.

Dans le cas du Pb, la décantation après 23 heures de traitement augmente les pourcentages de solubilisation de près de 50% à environ 60%. Soit une hausse de rendement de près de 10%. Tout comme avec le Zn, il est difficile de discerner une différence quant à l'utilisation d'HCl ou du  $\text{HNO}_3$  pour la réacidification des

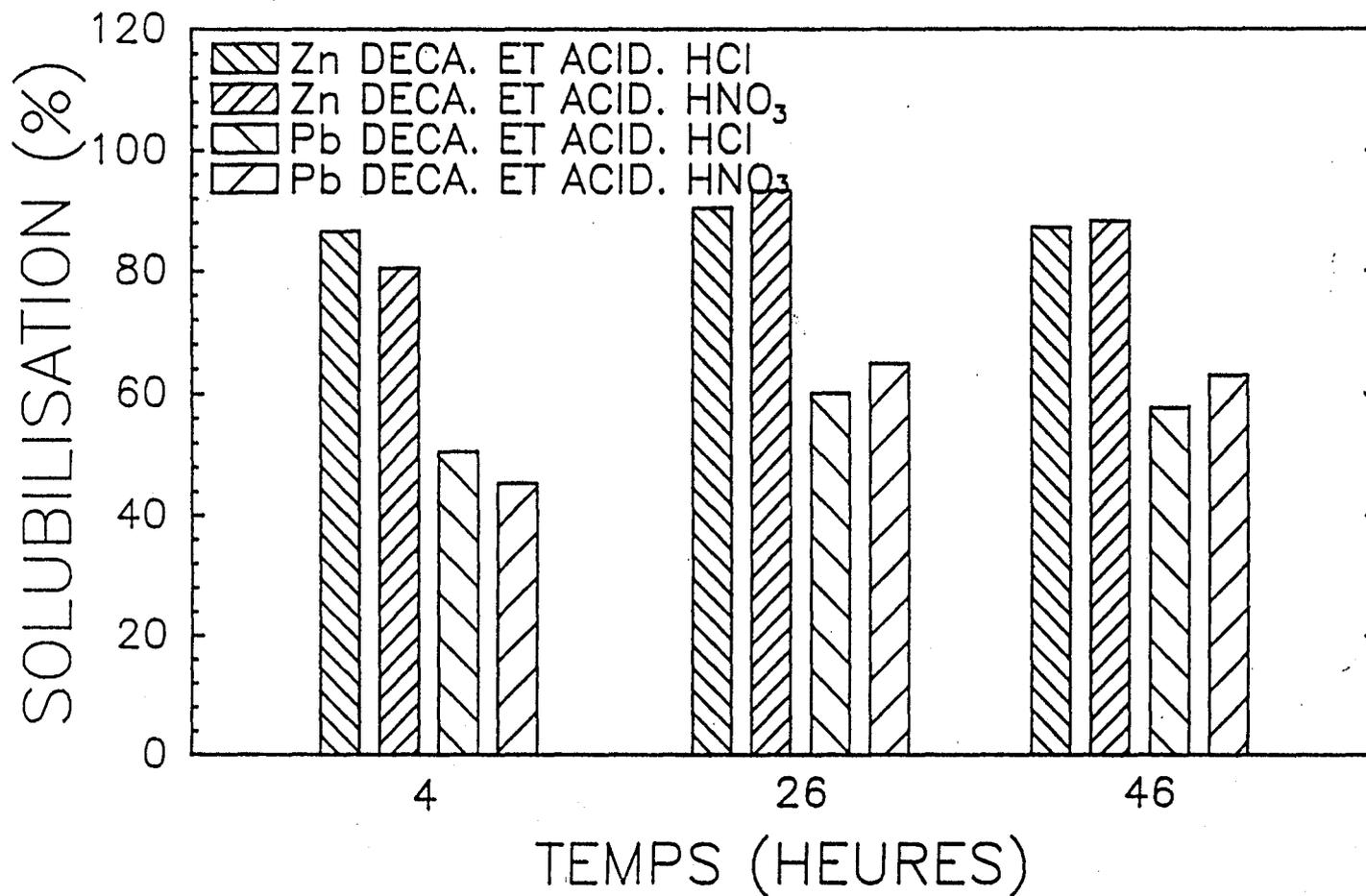


Figure 3.27 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec FeCl<sub>3</sub> (0.08 mL FeCl<sub>3</sub>/g séd. sec) et HCl, lors des essais pour vérifier l'effet de la décantation et acidification après 23 heures.

sédiments après la décantation.

Malgré la hausse de 5 à 10% de rendement apportée par la décantation, les résultats obtenus dans ces essais ne sont pas supérieurs à ceux trouvés lors d'autres essais de solubilisation chimique du Pb (voir section précédente). Toutefois la quantité de métaux solubilisés demeure élevée en raison de la plus grande contamination des sédiments due à un pourcentage de solides totaux plus élevé. L'influence des solides totaux sur la solubilisation chimique sera vue plus en détail à la section 3.2.3e.

#### 3.2.3d Effet de la température à différents pH de départ

L'influence de la température à différents pH de départ pour la solubilisation chimique du Zn et du Pb est indiquée au tableau 3.12. Dès le début, les rendements de solubilisation du Zn et du Pb sont maximaux. Pour le Zn à 6°C, en moyenne 93 et 89% de solubilisation sont atteints à pH=2.0 et 2.5, tandis qu'à 10°C, ces rendements montent à 89% pour les deux mêmes valeurs de pH. A 21°C, toujours dans le cas du Zn, pour des pH de 2.5 et 2.25, la solubilisation du Zn monte au-dessus de 95%. Dans le cas du Pb, les rendements de solubilisation moyens à 6 et 10°C, lorsque le pH est de 2 sont de 96 et 73%. A pH de 2.5 pour les mêmes températures (6 et 10°C), ils sont de 56 et 67% respectivement. A 21°C pour les pH de 2.5 et 2.25, la solubilisation du Pb atteint en moyenne 69 et 78%.

Pour le Zn, aucun effet de température ne peut-être discerné quant à sa solubilisation, et ce, pour les différentes valeurs de

Tableau 3.12 Solubilisation des métaux avec le temps lors de l'application du procédé de solubilisation chimique des métaux en cuvette à différentes températures et divers pH (acidifiés avec HCl et chlorure ferreux).

Temps (heures)	Température											
	pH 2		6C pH 2.5		pH 2		10C pH 2.5		pH 2.5		21C pH 2.25	
	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Pb (%)
0	92.3	96.0	88.36	72.75	83.6	70.4	76.2	51.06	88.92	58.54	97.5	83.6
5	92.5	95.8	89.02	63.65	85.6	70.0	83.0	56.69	85.95	55.55	100	80.1
22	94.9	100.0	90.25	55.48	86.8	69.6	84.9	65.91	87.24	61.37	99.46	75.4
27	90.6	96.1	85.02	49.25	90.3	72.0	89.2	69.53	92.16	66.75	100	78.4
48	95.0	97.8	90.24	51.85	87.4	69.6	92.9	72.9	98.56	69.37	100	78.5
70	94.6	99.1	89.16	54.99	91.3	73.4	90.6	70.51	97.59	72.53	100	75.9
77	87.3	91.1	91.88	55.97	94.3	75.5	92.3	71.2	92.37	69.87	100	79.3
98	96.0	99.3	--	--	92.6	76.7	91.5	71.28	100	78.72	100	74.5
119	95.7	96.2	88.92	50.93	88.0	76.0	--	--	100	75.54	--	--
152	89.7	89.7	92.35	53.59	--	--	93.4	71.05	100	86.13	99.02	73.8
165	--	--	--	--	86.8	73.3	95.3	72.34	--	--	--	--

pH étudiées. Les rendements sont près de 90% ou plus dans tous les essais.

Dans le cas du Pb, l'effet de la température n'est pas clairement démontré. A pH=2, la solubilisation diminue avec la hausse de la température, alors qu'elle augmente avec la hausse de température à pH=2.5. Il est toutefois possible de discerner un effet de pH, i.e. qu'aux pH inférieurs, la solubilisation du Pb est un peu plus élevée. Enfin ces essais démontrent bien que la solubilisation s'effectue dès les premières heures d'acidification et qu'il n'est pas nécessaire de prolonger le traitement pour améliorer les résultats.

### 3.2.3e Effet de la concentration des solides totaux

Au tableau 3.13, l'effet de différents pourcentages de solides totaux sur la solubilisation du Zn et du Pb est illustré. Seul l'essai à 25% de solides totaux accuse une diminution de rendement pour la solubilisation du Zn, soit autour de 70% de solubilisation (422 mg/L). Alors que les rendements de solubilisation atteints par le Zn à 5, 7, 10 et 15% de solides totaux sont assez semblables, soit entre 75 et 90%. L'essai à 3% de solides totaux accuse un peu de retard, mais après 28 heures, son rendement est égal à ceux des autres essais.

Dans le cas du Pb, après 10 heures, les rendements à 5, 7 et 10% de ST, sont assez rapprochés soit entre 50 et 60% de solubilisation (10 et 30 mg/L). A 3% de solides totaux, la solubilisation se rapproche plus de 65%, alors qu'elle accuse un

Tableau 3.13: Effet de différentes teneurs en solides totaux sur la solubilisation chimique avec FeCl<sub>3</sub> (0.08 mL/g sédiment sec) et HCl, du Zn et du Pb.

Temps (heures)	Pb sol.* (%)						Zn sol.* (%)					
	3% ST	5% ST	7% ST	10% ST	15% ST	25% ST	3% ST	5% ST	7% ST	10% ST	15% ST	25% ST
0	53	53	48	49	35	16	59	78	78	77	76	65
4	46	47	40	41	28	15	69	79	77	77	75	71
8	60	50	54	41	31	16	71	81	85	77	81	72
21	66	57	55	56	34	19	74	87	85	83	81	74
28	74	56	55	55	32	36	80	90	87	81	83	70
48	63	62	54	59	41	38	78	92	84	83	81	66.9
73	69	58	52	54	49	53	85	87	80	78	75	68
93	71	55	56	53	62	70	88	83	86	79	82	72
119		55	54	66	60	73		86	86	87	82	67

\*solubilisé

retard à 15 et 25% de solides totaux. A ces pourcentages de solides totaux (15 et 25%), plus de 73 heures sont nécessaires pour atteindre 50% de solubilisation (i.e. 25 et 40 mg/L).

Pour le Zn, mis à part l'essai à 25% ST, le pourcentage de solides totaux n'influence pas de façon importante sa solubilisation. Avec le Pb, l'effet des solides totaux sur l'efficacité de solubilisation est plus évident. Toutefois il demeure difficile de discerner un effet entre 5 et 10% de solides totaux. La difficulté d'obtenir de bons rendements à 15 et 25% de solides totaux pourrait s'expliquer par le fait qu'il est difficile de maintenir une acidification adéquate à de si hauts pourcentages de solides totaux, ce qui pourrait influencer la solubilisation du Pb, étant donné que cet élément dépend beaucoup du pH pour sa solubilisation. En effet, du point de vue pratique, les manipulations à des pourcentages de solides totaux élevés posent des problèmes opérationnels pratiques.

En conclusion, l'influence des solides totaux sur la solubilisation chimique du Zn et du Pb est semblable à celle trouvée pour la solubilisation biologique. Le Pb est plus sensible, probablement parce que dans cette gamme de pH, sa solubilisation varie beaucoup en fonction du pH. Alors que dans le cas du Zn, les valeurs de pH assurant une solubilisation adéquate sont déjà atteintes, sauf peut-être à 25% de solides totaux.

#### 3.2.4 L'enlèvement des métaux par voie de solubilisation chimique;

## résumé et recommandations

Les différents essais effectués dans la section 3.2 ont permis de discerner l'influence de certains facteurs sur la solubilisation chimique. Il s'agit entre autre: de l'utilisation d'une solution de  $\text{FeCl}_3$  ou du  $\text{HCl}$  ou les deux produits, comme agents acidifiants et lixivians; de l'effet du pH; de l'effet de la température; et de celui du pourcentage de solides totaux.

### 3.2.4.1 Résumé des essais

La solubilisation chimique effectuée à partir de  $\text{FeCl}_3$  seulement jusqu'à acidification des sédiments à pH=1.5 et 2.0, a donné de très bons rendements de solubilisation pour tous les métaux. Les essais de solubilisation chimique effectués avec l'utilisation de  $\text{HCl}$  seul ( pH 1.5, 1.75 et 2.0) ont aussi donné de bons rendements de solubilisation, mais inférieurs à ceux trouvés avec le  $\text{FeCl}_3$ . Dans ce dernier cas, le potentiel-rédox (POR) des sédiments demeure inférieur à 400 mV, ce qui nuit à la solubilisation de certains métaux dont le Cu.

Lorsque la solubilisation chimique est faite à partir d'ajout de  $\text{FeCl}_3$  seul suivie de l'acidification des sédiments jusqu'au pH désiré, les valeurs de POR demeurent au-dessus de 400 mV. Aucune tendance claire n'a pu être trouvée lorsque le pH se situe entre 1.5 et 2.5 pour la solubilisation du Zn. Dans le cas du Pb, seul le pH de 1.5 donne des résultats différents (supérieurs); pour les pH de 1.75 à 2.5, il n'y a pas de tendance discernable. De même, aucun effet concluant quant à la concentration de  $\text{FeCl}_3$  (0.04, 0.08

et 0.12 mL FeCl<sub>3</sub>/g sédiment sec) n'a pu être établi.

La décantation augmente les rendements de solubilisation du Zn et du Pb de 5 à 10% respectivement, sans qu'il y ait de différence entre l'utilisation du HCl et du HNO<sub>3</sub> pour l'acidification effectuée après la décantation. Les rendements trouvés pour la solubilisation du Pb, dans les essais à 10% de solides totaux, demeurent toutefois inférieurs à ceux trouvés avec les essais à 3% de solides totaux. L'influence du pourcentage de solides totaux sur la solubilisation du Pb en est probablement la cause.

La température n'influence pas les rendements de solubilisation chimique du Zn et du Pb. Et tout comme il avait été démontré lors des essais de solubilisation biologique, un pourcentage de solides totaux inférieurs à 15% n'influence pas de façon marquée la solubilisation du Zn. Par contre la solubilisation du Pb semble retardée par l'augmentation du pourcentage de solides totaux, surtout à 15 et 25% de solides totaux.

#### 3.2.4.2 La solubilisation des métaux et de P, S et C

##### 3.2.4.2a Le cas de Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, S et C

Cette section résume la solubilisation chimique des métaux ainsi que du phosphore, du soufre et du carbone, qui n'ont pas été suivis d'aussi près que le Zn et le Pb. Les résultats de solubilisation sont indiqués aux annexes 19 à 25 et il s'agit des éléments suivants; Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, S et C.

Tout comme dans les essais de solubilisation biologique, l'aluminium se solubilise très peu et sa solubilisation varie entre 2 et 11%. La solubilisation par voie chimique du Ca varie entre 50 et 70% dans la plupart des essais, comme lors des essais de solubilisation biologique. Par contre dans certains cas (voir annexe 21 et 22), les pourcentages de solubilisation du Ca peuvent grimper à plus de 80%. Etant donné que ces essais ne diffèrent pas des autres essais de façon particulière puisqu'il s'agit d'une acidification des sédiments avec HCl et FeCl<sub>3</sub>, cette différence de solubilisation est difficile à justifier. Le Cd est très peu concentré et sa solubilisation varie entre 70 et 80% en général. Ces rendements semblent supérieurs aux essais de solubilisation biologique où 50% était atteint après 24 heures.

Le Cr se solubilise en général entre 10 et 20%. L'essai effectué avec du FeCl<sub>3</sub> seulement affiche des rendements particulièrement élevés. Bien qu'une augmentation de la solubilisation du Cr soit observable à pH=1.5, cette hausse peut aussi provenir de l'ajout de FeCl<sub>3</sub> qui contient une certaine quantité de Cr (voir tableau 2.3). Seul un bilan permettrait de s'assurer de l'augmentation réelle de la solubilité du Cr.

Comme il a été vu dans les essais de solubilisation biologique, la solubilisation du Cu est fortement reliée au potentiel-rédox (POR). Ainsi, contrairement à la plupart des autres métaux, de hauts rendements de solubilisation ne sont pas atteints dès le début, et il y a une certaine gradation dans l'augmentation de la solubilisation du Cu avec le temps. Dans

l'essai où le  $\text{FeCl}_3$  est utilisé seul, i.e. en beaucoup plus grande quantité, de hauts pourcentages sont atteints dès le début soit 60% de Cu solubilisé. Dans les essais faits avec du HCl et du  $\text{FeCl}_3$ , la solubilisation du Cu varie en général entre 50% après 21 heures et 75-80% après 97 heures. Sans  $\text{FeCl}_3$ , sa solubilisation n'excède pas 50%.

Dans les essais faits avec du HCl seulement ou HCl et  $\text{FeCl}_3$ , la solubilisation du Fe varie entre 30 et 50%. Dans les essais fait seulement avec  $\text{FeCl}_3$ , la solubilisation du Fe varie entre 47 et 68%. Aux pH de 1.5 et 2.25, même le fer ferrique peut être soluble (Couillard et al., 1992d).

En général, la solubilisation du Mg varie entre 13 et 20% pour tous les essais. Alors que les pourcentages de solubilisation du Mn sont semblables à ceux trouvés lors de la solubilisation biologique, i.e. entre 50 et 70%.

Dans tous les essais, sauf celui où le  $\text{FeCl}_3$  est employé seul, la solubilisation du Ni ne dépasse pas 20%. Toutefois, les rendements sont inférieurs de 5 à 10% à ceux trouvés avec le procédé de solubilisation biologique, laquelle augmente de quelques pourcents avec le temps. Ce qui laisse supposer que la solubilisation de cet élément est aussi reliée au potentiel-rédox. De meilleurs rendements ont été obtenus dans l'essai où le  $\text{FeCl}_3$  est employé seul (donc pour des valeurs de POR élevées), i.e. entre 20 et 30% de solubilisation à pH=2.0 et entre 30 et 35% à pH=1.5. Le pH semble donc intervenir pour assurer de hauts rendements de solubilisation. La solubilisation de cet élément sera vue de façon

plus détaillée au chapitre 2 du second rapport (voir Optimisation du procédé de solubilisation des métaux dans les sédiments) où le sédiment #3 étudié contient du Ni en plus grande concentration.

Dans les essais où le HCl et le FeCl<sub>3</sub> sont utilisés ensemble, à des pH supérieurs à 1.5, le phosphore se solubilise très peu; les rendements de solubilisation sont inférieurs à 5%. Toutefois lorsque l'acidification est faite avec du HCl seulement ou lorsque le HCl est employé avec le FeCl<sub>3</sub> à pH=1.5, la solubilisation du P peut grimper jusqu'à 90%. Il semble donc que cet élément se solubilise à pH=1.5. Lorsque l'acidification des sédiments est faite avec du HCl seulement, la solubilisation du phosphore est aussi élevée à pH 1.75 et 2.0, probablement parce qu'alors il n'y a pas de formation du précipité FePO<sub>4</sub>, à cause de l'absence de fer. Dans les essais de solubilisation chimique, les teneurs en soufre varient entre 100 et 150 mg/L et la quantité de soufre soluble est inférieure à 10%. Le fait qu'aucun sulfate soluble n'est ajouté par l'acidification explique ces faibles pourcentages de soufre soluble.

Dans les essais de solubilisation chimique faits avec FeCl<sub>3</sub> et HCl ensemble (pH=1.5 et 1.75) et ceux réalisés avec HCl ou FeCl<sub>3</sub> employés seuls (pH=2), la quantité de carbone soluble varie entre 80 et 100 mg/L. Si la valeur initiale de C est de 2310 mg/L (voir section 3.1.3.2a), la solubilisation du C n'excède pas 4%. Il n'y a donc pas de solubilisation significative de la matière organique.

#### 3.2.4.3 Coût et applicabilité

La solubilisation chimique donne de bons rendements pour la

plupart des métaux. Toutefois les coûts d'un procédé utilisant la solubilisation chimique peuvent le rendre inutilisable. De fait, dans le passé, les différentes tentatives de solubilisation chimique des métaux des boues d'épuration se sont révélées trop coûteuses (voir section 1.5.1.3). Le tableau 3.14 indique les coûts approximatifs en produits chimiques ainsi que les avantages et désavantages des différentes options expérimentées.

La lecture du tableau 3.14 permet de constater que le prix des différentes options varie beaucoup. L'option donnant les meilleurs résultats est l'acidification des sédiments à partir du  $\text{FeCl}_3$  seul, mais son coût est trop élevé (124 à 300 \$/t sédiment sec). Il est cependant à remarquer que la quantité de  $\text{FeCl}_3$  ajoutée pour arriver à une valeur de pH donnée peut varier, l'acidité du  $\text{FeCl}_3$  n'étant pas toujours constante, puisqu'il provient d'un résidu industriel. De plus le prix de ce produit vendu par la compagnie Eaglebrook pourrait aussi être négocié. Malgré tout, il reste que son utilisation seul risque de demeurer trop coûteuse.

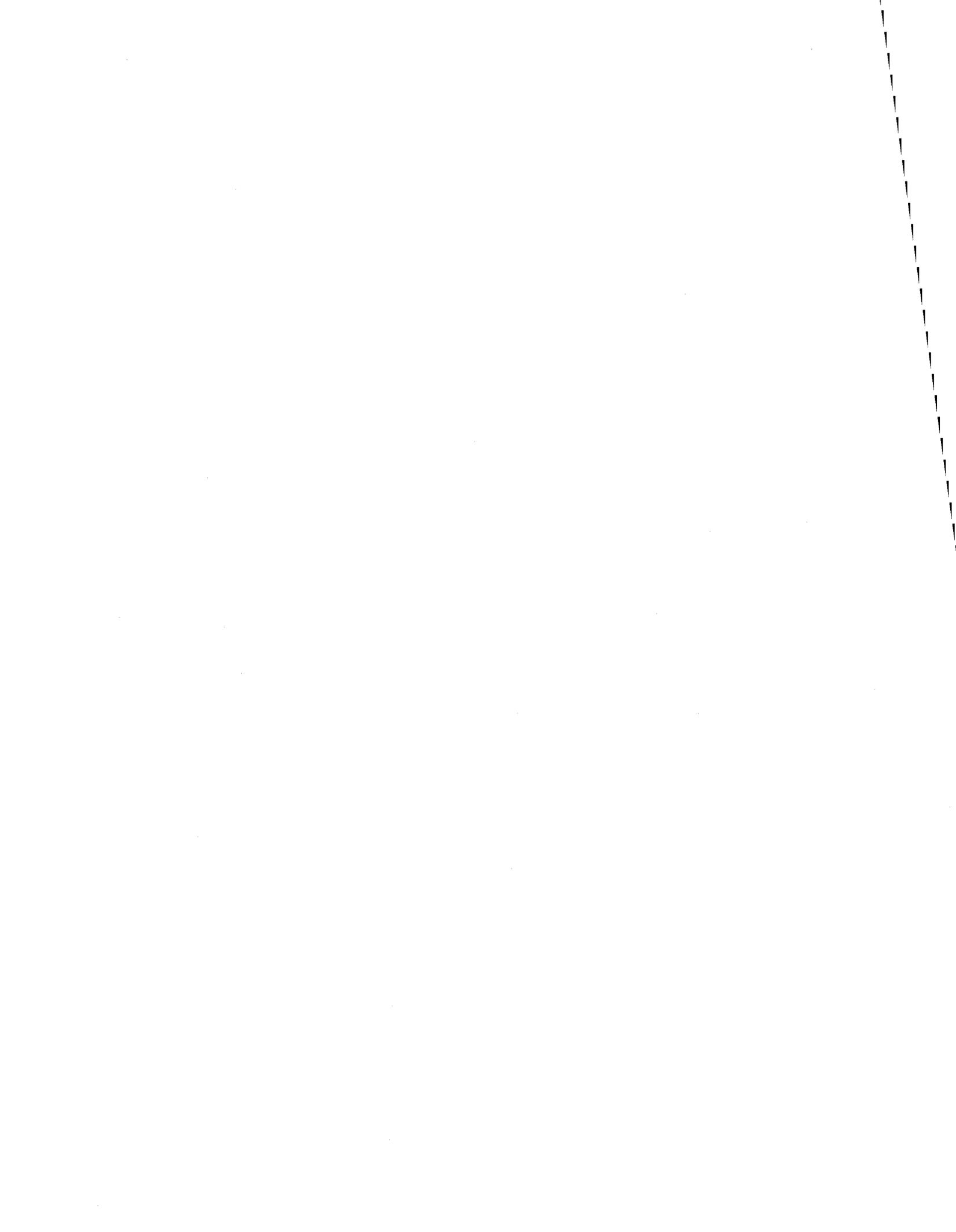
L'option utilisant le  $\text{HCl}$  seul est à rejeter, en raison de son coût trop élevé (26 à 64\$/t sédiment sec), de sa faible capacité à solubiliser le Cu et de la solubilisation du phosphore aux pH=1.5 et 1.75. Afin d'assurer une solubilisation du Cu et du Pb adéquate, à un coût raisonnable, l'option utilisant une certaine quantité fixe de  $\text{FeCl}_3$  et le  $\text{HCl}$  pour acidifier les sédiments se révèle préférable: le coût est autour de 33 \$/t sédiment sec. La concentration de  $\text{FeCl}_3$  ajoutée est de 0.08 mL/g sédiment sec et le pH d'acidification est de 2.

Tableau 3.14: Coûts approximatifs en produits chimiques, avantages et désavantages des diverses options expérimentées pour la solubilisation chimique.

Options	Chlorure ferrique (\$CAN/t séd* sec)	HCl (\$CAN/t séd* sec)	Total (\$CAN/t séd* sec)	Remarques	
FeCl3 utilisé seul	pH 1.5 pH 2.0	289.00 124.00	--- ---	289.00 124.00	très haute solubilisation du Pb (80 à 100%) et POR élevé très coûteux.
HCl utilisé seul	pH 1.5 pH 1.75 pH 2.0	--- --- ---	64.00 26.00 42.00	64.00 26.00 42.00	haute solubilisation du Pb (50 à 100%) et faible POR faible solubilisation du Cu.
HCl pH 2	0.041 mL FeCl3/g séd* sec 0.08 mL FeCl3/g séd* sec 0.12 mL FeCl3/g séd* sec	6.05 12.09 18.00	33.00 21.00 21.00	39.00 33.00 39.00	haute solubilisation du Pb (70 à 90%) et bon POR.
HCl pH 2.5	0.08 mL FeCl3/g séd*sec	12.09	24.00	36.00	haute solubilisation du Pb (69%) et bon POR.
HCl pH 2.25	0.08 mL FeCl3/g séd*sec	12.09	30.00	42.00	haute solubilisation du Pb (78%) et bon POR.
HCl pH 1.75	0.041 mL FeCl3/g séd*sec 0.08 mL FeCl3/g séd*sec	6.00 16.50	6.00 16.50	41.00 51.00	bonne solubilisation du Pb (63 à 78%) et bon POR.

\*séd.: sédiment

**CHAPITRE 4**  
**CONCLUSION**



## CONCLUSION

Le but du travail fait à l'INRS-Eau, est d'élaborer un procédé de solubilisation des métaux applicable aux sédiments contaminés du fleuve St-Laurent. Dans ce premier rapport, l'étude de différentes variables pouvant affecter la solubilisation des métaux dans les sédiments a été faite.

Il a été déterminé que, dans le cas de l'application d'un traitement de solubilisation biologique, il y avait présence de souche indigène de thiobacilles dans les sédiments. Et, pour que cette souche puisse se développer, l'ajout de substrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ou  $\text{FeCl}_2$ ) est requis. La quantité de substrat ajoutée (5%, 10%, 20% p/p) ne semble pas influencer la solubilisation des métaux. De même, 20% d'inoculum ajouté et l'acidification au départ à  $\text{pH}=4$ , semblent appropriés. Aucun ajout d'azote ou de phosphore dans le but d'améliorer le rendement bactérien ne sont requis. La diminution de température décroît l'efficacité des thiobacilles, mais pas pour l'enlèvement de tous les métaux. Par ailleurs, il semble que la souche de thiobacilles acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  avec des sédiments acidifiés au  $\text{H}_2\text{SO}_4$  se développe de façon plus stable, si le pH et le POR sont considérés.

Que ce soit pour la solubilisation biologique ou chimique, l'augmentation du pourcentage de solides totaux (au-dessus de 10 à 15%), diminue la solubilisation des métaux et surtout celle du Pb. Un plus fort pourcentage de solides totaux rend les manipulations

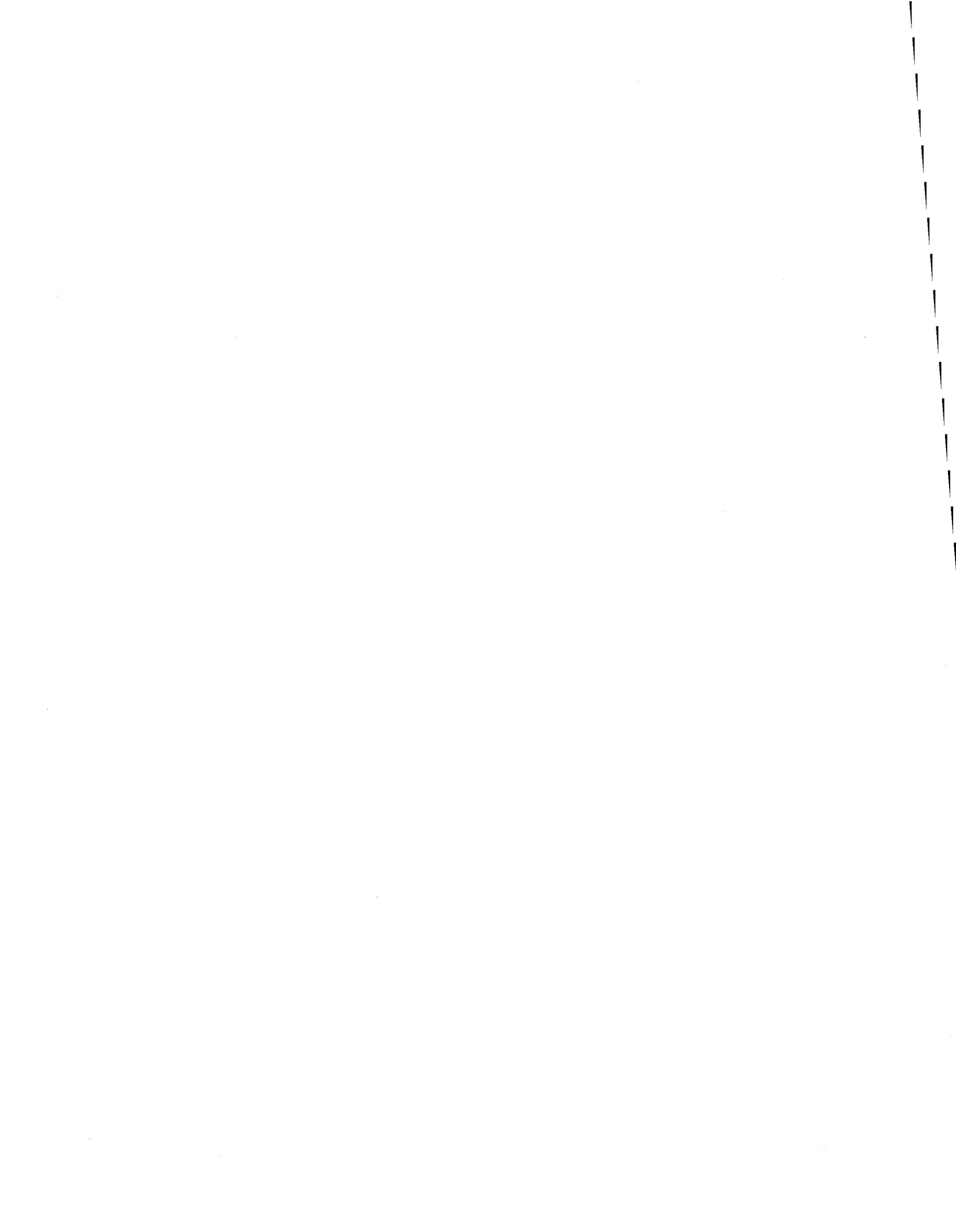
plus difficiles en plus d'accroître le temps de réaction requis: il n'y a donc pas vraiment avantage à concentrer le sédiment du point de vue économique.

La solubilisation du Cu des sédiments est très corrélée au POR, tout comme il avait été trouvé antérieurement avec les boues résiduelles. La solubilisation du Zn semble dépendre surtout des conditions expérimentales, dont le pH, et de bons rendements sont atteints en général. Il en va de même pour le Cd. Le Ni ne dépasse pas 20% d'enlèvement,

Les facteurs affectant la solubilisation du Pb sont difficiles à cerner. La solubilisation du Pb diminue pour plafonner avec l'augmentation des ions sulfates. Les expériences laissent croire à ce que prédit la théorie, à savoir une hausse de la solubilisation du Pb avec l'augmentation des ions chlorures en solution. Le pH affecte la solubilisation du Pb. L'influence de la présence des thiobacilles sur sa solubilisation n'a pu être établie clairement.

A partir des résultats obtenus en cuvée de 500 mL, il est maintenant possible de passer à l'optimisation du procédé en cuvée de 2 L. C'est l'objet du second rapport, où les procédés les plus performants trouvés lors des essais en cuvée de 500 mL, ont été refaits de nouveau. De nouveaux réactifs ont aussi été ajoutés dans certains cas, toujours dans le but de trouver le procédé de solubilisation potentiellement le plus applicable.

## **RÉFÉRENCES**



## RÉFÉRENCES

Anonyme (1986). Methods of soil analysis-Physical and mineralogical methods, second edition. In: Methods of soil analysis, part 1. American Society of Agronomic inc. Soil Science Society of America Inc.. Ed. Arnold Klute. p.404.

APHA (1985). Standards methods for the examination of water and wastewater, 16th edition. American Public Health Association, Washington, D.C..

Ankley, G.T., Schibauer-Berigan, M.K. and Hoke R.A. (1992). Use of toxicity identification evaluation techniques to identify dredged material disposal options: A proposed approach. *Envir. Mgmt*, 16: 1-6.

Appelquist M.D., Katz, A. and Turekian, K.K. (1972). Distribution of mercury in the sediments of New Haven (Conn) Harbour. *Envir. Sci. Technol.*, 6: 1123-1124.

Baker, R.A. (1980). Contaminants and sediments. Ann Arbor Science (2 vols), Ann Arbor, Michigan, 607 p.

Bastille C., St-Pierre S. et Dubreuil B., 1989. Manuel des

méthodes de laboratoire, juin 1989, INRS-Eau, 2700 rue Einstein, Sainte-Foy, (Qc). G1P 3W, 284 p..

Belzile, N., DeVitre, R.R. and Tessier, A. (1989). In situ collection of diagenetic iron and manganese oxyhydroxides from natural sediments. *Nature*, 340: 376-377.

Bloomfield, C. and Pruden, G. (1975). The effects of aerobic and anaerobic incubation on the extractabilities of heavy metals in digested sludge. *Envir. Pollut.*, 8: 217-232.

Boothman, W.S. (1988). Characterization of trace metal associations with polluted marine sediments by selective extraction. In: Chemical and biological characterization of sludges, sediments, dredge spoils, and drilling muds: Eds American Society Test. Mater. Spec. Tech. Publ. 976, J.J. Lichenberg, F.A. Winter, C.I. Weber and L. Fradheim. pp 81-92.

BPR (1991). Solubilisation biologique des métaux. Centre Québécois de la valorisation de la biomasse-Etude de pré-faisabilité technico-économique. Consultants BPR, Québec, Canada

Buckley, D.E. and Hargrave, T.H. (1989). Geochemical characteristics of surface sediments. In: Investigations

of marine environmental quality in Halifax Harbour. Can. Techn. Rep. Fish. Aquat. Sci. no 1963. Eds. H.B. Nicholls. pp 9-36.

Calvo, C., Donazzolo, R., Guidi, F. and Orio, A.A. (1991). Heavy metal pollution studies by resuspension experiments in Venice Lagoon. *Wat. Res.*, 25: 1295-1302.

Campbell, P.G.C., Lewis, A.G., Chapman, P.M., Crowder, A.A., Fletcher, N.K., Imber, B., Luoma, S.N., Stokes, P.M. and Winfrey, M. (1988). Biological available metals in sediments. In National Research Council of Canada, NRCC27694, 298p..

Champoux, L, Sloterdijk, H.H., Couillard, Y., Jarry, V. et Ross, P.E. (1990). Évaluation par élutriation de la toxicité des sédiments du lac St-Louis (fleuve St-Laurent). *The Sci. of Total Envir.*, 97/98:783-798.

Champoux, L., Ross, P., Jarry, V., Sloterdijk, H. Mudroch, A. et Couillard, Y. (1986). Libération par élutriation des contaminants des sédiments du lac St-Louis. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2(4): 95-107.

Chapman, P.M. (1988). Marine sediment toxicity test. In: Chemical and biological characterization of sludges, sediments,

dredge spoils and drilling muds. Eds. J.J. Lichenberg, F.A. Winter, C.I. Weber and L. Fradheim. American Society Test. Mater. Spec. Tech. Publ. 976.

Chartier, M. (1992). Développement d'un procédé pour l'enlèvement des métaux dans les sédiments. Mémoire de maîtrise, INRS-Eau, Université du Québec, St-Foy, Québec, 272 pages.

Couillard, D. (1987). Qualité des sédiments en suspension et de fond du système Saint-Laurent (Canada). Hydrol. Sci. J. 32(4): 445-467.

Couillard, D. (1983). PCB et pesticides organochlorés dans le système St-Laurent. Can. Wat. Resour. J., 8(2): 32-64.

Couillard, D. (1982a). Géologie et géochimie du fleuve de l'estuaire et du golfe St-Laurent (Canada). Can. J. Earth Sci., 19(7): 1492-1506.

Couillard, D. (1982b). Evaluation des teneurs en composés organochlorés dans le fleuve, l'estuaire et le golfe St-Laurent, Canada. Envir. Pollut. B3(4): 239-270.

Couillard, D. (1980). Physico-chimie des eaux du golfe et de l'estuaire Saint-Laurent. Can. Wat. Resour. J., 5(4): 55-81.

- Couillard, D. and Zhu, S. (1992). Alternative energy substrate for bacterial leaching of heavy metals from sewage sludge. Can. J. Civil Engrs., accepté pour publication.
- Couillard, D., Chartier, M. and Mercier, G. (1992). Major factors influencing bacterial leaching of heavy metals from anaerobic sludge. Soumis dans J. of Biotechnol.
- Couillard, D., Mercier, G. and Tyagi, R.D. (1992b). Biological process for leaching heavy metal from anaerobically digested sludges. Soumis dans Envir. System.
- Couillard, D., Mercier, G. and Tyagi, R.D. (1992c). Selection of a heavy metals removal process in wastewater sludges. Soumis dans Envir. System.
- Couillard, D., Chartier, M. et Mercier, G. (1992d). Optimisation de la solubilisation biologique des métaux lourds dans les boues aérobies en mode cuvée. Rapport scientifique no 348, INRS-Eau, Université du Québec, 212 pages.
- Couillard, D. and Mercier, G. (1992a). Removal of metals and fate of N and P in the bacterial leaching of aerobically digested sewage sludge. Soumis dans Wat. Res..

Couillard, D. and Mercier, G. (1992b). Précipitations sélectives des métaux solubilisés biologiquement des boues aérobies d'épuration. Accepté dans Can. J. Chem. Engrs.

Couillard, D. and Mercier, G. (1992c). Economical and environmental assessment of biological removal of metal from sewage sludge. Soumis dans J. Wat. Pollut. Contr. Fed..

Couillard, D. et Chartier M. (1992). Influence des caractéristiques des boues digérées en aerobiose sur la solubilisation biologique des métaux. Soumis dans Can. J. Civ. Engrs.

Couillard, D., Chartier, M. and Mercier, G.. (1991a). Bacterial leaching of heavy metals from aerobic sludge. Bioresour. Technol. 36: 293-302.

Couillard, D., Chartier, M. et Mercier, G. (1991b). Paramètres importants pour la solubilisation des métaux dans des boues digérées en aérobiose. Envir. Technol. Lett. 12:1095-1105.

Couillard, D. and Mercier, G. (1991). Optimun residence time (in CSTR and airlift reactors) for the bacterial leaching of metals from anaerobic sewage sludge. Wat. Res. 25:211-218.

- Couillard, D. and Chartier, M. (1991). Removal metals from aerobic sludges by biological solubilization in batch reactors. *J. of Biotechnol.*, 20: 163-180.
- Couillard, D. and Mercier, G. (1990a). Bacterial leaching of heavy metals from sewage sludge - Bioreactors comparison. *Envir. Pollut.*, 66: 237-252.
- Couillard, D. et Mercier, G. (1990b). Procédé de solubilisation biologique des métaux dans les boues anaérobies d'épuration: Filtrabilité, neutralisation, et teneur en N et P des boues traitées. *Can. J. Chem. Engrs.*, 69: 779-787.
- Couillard, D., Mercier, G. et Chartier, M.. (1990a). Étude du procédé de solubilisation des métaux lourds dans les boues digérées aérobies pour fin de valorisation agricole. Rapport scientifique no 285, INRS-Eau, Université du Québec, 231p.
- Couillard, D., Mercier, G. et Tyagi, R.D. (1990b). Procédé de solubilisation biologique des métaux lourds des boues résiduares. Conf. substances toxiques, 4-5 avril 1990, Mtl.

Couillard, D., Mercier, G. et Tyagi, R.D. (1988a). Problématique des métaux lourds dans les boues résiduares et revue de littérature sur les méthodes d'enlèvement de ces métaux. Rapport scientifique no 262, INRS-Eau, Université du Québec, 267 pages.

Couillard, D., Mercier, G. et Tyagi, R.D. (1988b). Étude du procédé de solubilisation des métaux avec du sulfate ferreux de qualité laboratoire comme substrat. Rapport scientifique no 263, INRS-Eau, Université du Québec, 150 pages.

Couillard, D., Mercier, G., Piché, I. et Tyagi, R.D. (1988c). Recherche d'un substrat économique pour la solubilisation des métaux lourds dans les boues résiduares. Rapport scientifique no 264, INRS-Eau, Université du Québec, 124 pages.

Couillard, D., Mercier, G., Tran, F. et Tyagi, R.D. (1988d). Étude du procédé de solubilisation des métaux avec du sulfate ferreux résiduaire de raffinage des métaux. Rapport scientifique no 265, INRS-Eau, Université du Québec, 172 pages.

Couillard, Y., Pinel-Alloul, B., Ross, P., Sloterdijk, H., Champoux, L., Jarry, V. (1987). Évaluation toxicologique

par élutriation des sédiments du lac St-Louis (Fleuve Saint-Laurent, Québec) à l'aide du rotifère Brachionus calyciflorus. Revue des Sciences de l'Eau, 3(3/4): 83-94.

Davies, C.A.L. and Tomlinson, K. (1991). Heavy metal in river Tees estuary sediments. *Envir. Technol.*, 12: 961-972.

DeCoursey, P.J. and Vernberg, W.B. (1975). The effect of dredging in a polluted estuary on the physiology of larval zooplankton. *Wat. Res.*, 9: 149-154.

Degrémont (1978). Memento technique de l'eau. 8<sup>ième</sup> édition. Degrémont, Paris, pp.79.

DiToro, D.M., Mahony, J.D, Hansen D.J., Scott K.J., Carison, A.R. and Ankley, G.T. (1992). Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. *Envir. Sci. Technol.*, 26: 96-101.

D'Itri, F.M. (1991). Mercury contamination- What we have learned since Minamata? *Envir. Monit. and Assess.*, 19: 165-182.

Dixit, S.S. and Witcomb, D. (1983). Heavy metal burden in water, substrate, and macroinvertebrate body tissue of a polluted river Irwell (England). *Envir. Poll.*, B6: 161-172.

Dutrizac, J.E. and McDonald, R.J.C. (1974). Ferric ion as a leaching medium. *Miner. Sci. Engng.*, 6: 59-100.

Environnement Canada (1978). Plan d'utilisation des matériaux dragués dans le fleuve St-Laurent, Annexe no 6. Rapport soumis au comité d'étude sur le fleuve St-Laurent par la direction générale des eaux intérieures, 173 p..

Eyrest, J.P. and Pugh-Thomas, M. (1978). Heavy metal pollution of the river Irwell (England) demonstrated by analysis of substrate materials and macroinvertebrate tissue. *Environ. Pollut.*, 16: 129-136.

Flynn, F., Jalbert, J.M., Robert, R., St-Yves, A., Terreault, J.A. et Trudel, G. (1987). Valorisation agricole des boues de stations d'épuration des eaux usées municipales. Guide de bonnes pratiques. Ministère de l'Environnement du Québec, 60 pages.

Gearing, J.N., Buckley, D.E. and Smith J.N. (1991). Hydrocarbon and metal contents in a sediment core from Halifax Harbour:

a chronology of contamination. Can. J. Fish. Aquat. Sci.,  
48: 2344-2354.

Giesy, J.P. and Hoke, R.A. (1989). Freshwater sediment toxicity  
bioassessment; rationale for species selection and test  
design. J. Great Lake Res., 15: 539-569.

Gonzalez, H. (1991). Heavy metal survey in sediments in five  
important Cuban bays. Biogeochem., 14: 113-128.

Goulet, M. et Laliberté, D. (1982). Métaux: contamination du milieu  
aquatique du Québec méridional. Q.E.51, Ministère de  
l'Environnement du Québec, 105 p.

Grimwood, C. and McGhee, T.M.C. (1979). Prediction of pollutant  
release resulting from dredging. J. Wat. Pollut. Contr.  
Fed., 51: 1811-1815.

Guay, R., Silver, M. and Torma A.E. (1976). Microbiological  
leaching of low grade uranium ore by Thiobacillus  
ferrooxidans, Eur. J. Microbiol. 3: 157-167.

Hayes, T.D., Jewell, W.J. and Kabrick R.M. (1980). Heavy metal  
removal from sludges using combined biological/chemical  
treatment. In: Proceeding of 34th conference on  
industrial waste, Purdue University, Lafayette Indiana.

pp 529-543.

Ingledeu, J.W. (1982). Thiobacillus ferrooxidans, the bioenergetics of an acidophilic chemolithotroph. *Biochimica et Biophysica Acta*, 683: 89-117.

Jenkins, R.L., Scheybeler, B.J., Smith, M.L., Baird, R., Lo, M.P. and Haug, R.T. (1981). Metal removal and recovery from municipal sludge. *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.*, 53: 25-32.

Kelly, D.P. (1982). Biochemistry of the chemolithotropic oxidation of inorganic sulphur. *Philosophy Trans Royal Soc. of London*, b298: 499-528.

Lacerda, L.D., Salomons, W., Pfeiffer, W.C. and Bastos, W. (1991). Mercury distribution in sediment profiles from lakes of the high pantanal, Mato Grosso State, Brazil. *Biogeochem.*, 14: 91-97.

Lang, C. and Lang-Dobler, B. (1979). The chemical environment of tubificid and lumbriculid worms according to the pollution level of the sediment. *Hydrobiol.*, 65(3): 273-282.

- Langlois, C. et Sloterdijk, H. (1989). Contamination du lac St-Pierre par certains polluants organiques et inorganiques. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2: 659-679.
- Langston, W.J. (1982). The distribution of mercury in British estuarine sediments and its availability to deposit feeding bivalves. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 62: 667-684.
- Larbaigt, G., Bonnefille, M., Peyre, D. et Tabonet A. (1991). Détermination du niveau de toxicité des sédiments de rivière par le test de bioluminescence bactérienne. *Revue des Sciences de l'Eau*, 4: 329-342.
- Laskowski-Hoke, R.A. and Prater, B.L. (1981). Dredged material evaluations. *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.*, 53(7): 1260-1262.
- Lee, G.F., Piwoni, M.D., Lopez, J.M., Mariani, G.M., Richardson, J.S., Homer, D.H. and Saleh, F. (1975). Research study for the development of dredged material disposal criteria. Dredged material research program : contract report D-75-4, 386p..
- Le Fleuve (1991). Restaurer: un objectif important pour l'an IV du Plan Action St-Laurent. *Le Fleuve*, 2: 3-6.

- Legiec, I.A., Hayes, C.A. and Kossom, D.S. (1989a). Continuous recovery of heavy metals from MSW incinerator ashes. *Envir. Prog.*, 8: 212-216.
- Legiec, I.A., Hayes, C.A. and Kossom, D.S. (1989b). Treatment and recovery of heavy metals from incinerator ashes. In: Proceeding 3rd conference on New Frontiers for hazardous waste management. EPA 600-9-89072: 253-261.
- Leving (1982). The ecological consequences of dredging and dredge spoil disposal in Canadian Waters. NRCC #18130, 140 p..
- Logan, T.J. and Feltz, R.E. (1985). Effect of aeration, cadmium concentration and solids content on acid extraction of cadmium from municipal wastewater sludge. *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.*, 57:406-412.
- Loring, D.H. (1975). Mercury in the sediments of the gulf of St-Lawrence. *Can. J. Earth Sci.*, 12: 1219-1237.
- Ludwig, D.D., Sherrard, J.H. and Amende, R.A. (1989). Evaluation of the standard elutriate test as an estimator of contaminant release at dredging sites. *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.*, 61(11/12): 1666-1672.

- Lundgren, D.G. and Silver, M. (1980). Ore leaching by bacteria. *Ann. Rev. Microbiol.*, 34: 263-283.
- Luoma, S.N. (1989). Can we determine the biological availability of sediment-bound trace elements? *Hydrobiol.*, 176/177: 379-396.
- Luoma, S.N. and Bryan, G.W. (1981). A statistical assessment of the form of trace metals in oxidized estuarine sediments employing chemical extractants. *The Sci. of Total Envir.*, 17: 165-196.
- Marquenie, J.M. (1985). Bioavailability of micropollutants. *Envir. Technol. Lett.*, 6: 351-358.
- McIntosh, A. (1991). Trace metals in freshwater sediments: a review of the literature and an assessment of research needs. In: *Metal ecotoxicology: concepts and application*. Eds M.C. Newman and A. McIntosh. pp 243-260.
- Mercier, G. (1988). L'extraction biologique des métaux lourds des boues anaérobies d'épuration. Mémoire de maîtrise, INRS-Eau, Université du Québec, Ste-Foy, Québec, 285 p..
- Mercier, G., Gariépy, S., Couillard, D. et Tran, F. (1988). Enlèvement des métaux lourds des boues résiduelles par

solubilisation biologique. Compte rendu du 11e Symposium sur le traitement des eaux usées. Montréal les 21 et 22 novembre 1988: pp. 197-208.

Muller, G. (1985). Chemical decontamination: a concept for the final disposal of dredges materials and sludges contaminated by heavy metals. In: H.M. Int. Conf. : pp.948-951.

Munawar, M. and Thomas, R.L. (1989). Sediment toxicity testing in two areas of concern of the Laurentian Great Lakes: Toronto (Ontario) and Toledo (Ohio) Harbours. Hydrobiol. 176/177: 397-409.

Nalepa, T. (1991). Status and trends of the lake Ontario macrobenthos. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 1558-1567.

Nelson, W.G. and Hansen, D.J. (1991). Development and use of site specific chemical and biological criteria for assessing New-Bedford Harbor pilot dredging project. Env. Mgmt., 15: 105-112.

Nirel, P.M.V. and Morel, F.M.M. (1990). Pitfalls of sequential extractions. Wat. Res., 24: 1055-1056.

Oakley, S.M., Nelson, P.O. and Williamson, K.J. (1981). Model of

trace-metal partitioning in marine sediments. *Envir. Sci. Technol.*, 15(4): 474-480.

Oliver, B.G. and Carey, T.H. (1976). Acid solubilization of sewage sludge and ash constituents for possible recovery. *Wat. Res.*, 10: 1077-1081.

Plan d'action St-Laurent (1992). Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du fleuve St-Laurent. Environnement Canada, Centre St-Laurent et Ministère de l'Environnement du Québec, avril 1992. 28p..

Piché, I. (1989). Recherche d'un substrat économique pour la solubilisation des métaux lourds dans les boues résiduelles. Mémoire de maîtrise, INRS-Eau, Université du Québec, Ste-Foy, Québec, 179 p..

Reynoldson, T.B. (1987). Interactions between sediment contaminants and benthic organisms. *Hydrobiol.*, 149: 53-66.

Rochon, R. (1985). Problématique des activités de dragage, Rapport SPE 4/MA/1, Environnement Canada, 79 p..

Schonborn, W. and Hartmann, H. (1978). Bacterial leaching of metals from sewage sludge. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 5: 305-313.

- Scott, D.S. and Horling, H. (1975). Bacterial leaching of heavy metals from sewage sludges. *Envir. Sci. Technol.*, 9: 849-855.
- Serodes, P. (1978). Qualité des sédiments du fond du fleuve St-Laurent entre Cornwall et Montmagny. Rapport technique no 15, présenté au comité d'étude sur le fleuve St-Laurent par la Direction régionale des eaux intérieures, 467 p..
- Shea, D. (1988). Developing national sediment quality criteria. *Envir. Sci. Technol.*, 22(11): 1256-1261.
- Siedemann, D.E. (1991). Metal pollution in sediments of Jamaica Bay, New York, USA- An urban estuary. *Envir. Mgmt.*, 15: 73-81.
- Sin, Y.M., Wong, M.K., Chou, L.M. and BteAllias, N. (1991). A study of the heavy metal concentrations of the Singapore River. *Envir. Monit. Assess.*, 19: 481-494.
- Sloterdijk, H. (1985). Substances toxiques dans les sédiments du lac St-François, Environnement Canada, direction générale des eaux intérieures, 75 p.

Sola, M.J., Millan, E., Legorburu, I. and Canton, L. (1991). Heavy metal levels in superficial river sediments, from Guipuzcoa (Spain). *Envir. Technol.*, 12: 441-445.

SPE (1979). Étude des sédiments de la région de Rouyn Noranda, rapport E-8, 189 p..

Tessier, A. (1992). Sorption of trace elements of natural particles in oxic environments. In: Sampling and characterization of environmental particles. Eds J. Buffle and H.P. Van Leeuwen (in press), pp2-28.

Tessier, A., Couillard, Y., Campbell, P.G.C. and Auclair, J.C. (1992). Modeling Cd partitioning in oxic lake sediments and Cd burdens in the freshwater bivalve Anodonta grandis (Mollusca, Pelecypoda). Accepté dans *Limnol. Oceanogr.*.

Tessier, A. and Campbell P.G.C. (1991). Comment: Pitfalls of sequential extractions. *Wat. Res.*, 25: 115-117.

Tessier, A. and Campbell, P.G.C. (1990). Partitioning of trace metals in sediments and its relationship to their accumulation in benthic organisms. In Metal Speciation in the Environment. S. Guçer, F. Adams, E. Izdar et D. Klockow, eds., Springer-Verlag (sous presse).

- Tessier, A., Campbell, P.G.C. et Carignan, R. (1989). Influence du pH sur la spéciation et la biodisponibilité des métaux. *Le chimiste*, 4(3): 5-9.
- Tessier, A. and Campbell, P.G.C. (1984). Partitioning of trace metals in sediments: relationships with bioavailability. Presented at the international workshop on "In-situ, sediment-contaminants", held at Aberystwyth, Wales, U.K.
- Tessier, A., Campbell, P.G.C., Auclair, J.C. and Bisson, M. (1984). Relationships between the partitioning of trace metals in sediments and their accumulation in the tissues of the freshwater mollusc Elliptio complanata in a mining area. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1463-1472.
- Tessier, A., Campbell, P.G.C. et Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chim.*, 51(7): 844-851.
- Torma, A.E. (1986). Biohydrometallurgy as an emerging technology. *Biotechnology and Bioengineering Symposium*, No. 16: 49-63.

- Tuovinen, O.H., Niemela, S.I. and Gyllenberg, H.G. (1971). Effect of mineral nutrients and organic substances on the development of Thiobacillus ferrooxidans. Biotechnol. Bioengng, XIII: 517-527.
- Tyagi R.D. and Couillard, D. (1991). An innovative biological process for heavy metal removal from municipal sludge. In: biological degradation of wastes, A.M. Martin, Ed. Elsevier Applied Sciences Publishers LTD, London, England, pp.307-322.
- Tyagi, R.D., Couillard, D. et Tran, F. (1988). Heavy metals removal from anaerobically digested sludge by chemical and microbial methods, *Envir. Pollut.*, 50: 295-316.
- Tyagi, R.D., Tran, F.T., Couillard, D. and Grenier, Y. (1991). Effects of medium composition on the bacterial leaching of metals from digested sludge. *Envir. Pollut.* 71(1): 57-68.
- Van der Kooij, L.A., Van DeMeent, D., Van Leeuwen, C.J. and Bruggeman W.A. (1991). Deriving quality criteria for water and sediment from the results of aquatic toxicity tests and product standards: application of the equilibrium partitioning method. *Wat. Res.*, 25: 697-705.

- Wentzel, R., McIntosh, A. and McCafferty, W.P. (1978). Emergence of the midge Chironomus tentans when exposed to heavy metal contaminated sediment, *Hydrobiol.* 57(3): 195-196.
- Wiederholm, T. and Dave, G. (1989). Toxicity of metal polluted sediments to Daphia magna and Tubifex tubifex. *Hydrobiol.*, 176/177: 411-417.
- Wiederholm, T. (1984). Incidence of deformed chironomid larvae (Diptera: chironomidae) in Swedish lakes. *Hydrobiol.* 109: 243-249.
- Wong, L. and Henry, J.G. (1984a). Biological removal and chemical recovery of metals from sludges. In: Proceeding of 39th conference on industrial waste, Purdue University, Lafayette Indiana, pp. 515-520.
- Wong, L. and Henry, J.G. (1984b). Decontaminating biological sludge for agricultural use. *Wat. Sci. Technol.* 17: 575-586.
- Wong, L. and Henry, J.G. (1983). Bacterial leaching of heavy metals from anaerobically digested sewage sludges. *Wat. Pollut. Res. J. of Canada*, 18: 151-162.

Wozniak, D.J. and Huang, J.Y.C. (1982). Variables affecting metals removal from sludge. J. Wat. Pollut. Contr. Fed., 54: 1574-1580.

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC**

**Institut national de la recherche scientifique**

COUILLARD, Denis  
CHARTIER, Myriam  
MERCIER, Guy

Rapport scientifique No. 365

Présenté au  
Centre Saint-Laurent

**Développement d'un procédé pour  
l'enlèvement des métaux dans les  
sédiments: revue de la documentation  
et étude des facteurs affectant la  
solubilisation des métaux**

**--- TOME II ---**

Université du Québec (INRS-Eau)  
2700, rue Einstein  
C.P. 7500  
Sainte-Foy, Québec  
G1V 4C7

Décembre 1992

## **ANNEXES**

## LEGENDE

Dans tous les annexes de l'analyse des métaux, 15 métaux ont été suivis pour chacun des essais. Les essais ainsi que le temps de prélèvement des différents échantillons pour l'analyse des métaux sont indiqués dans la colonne gauche. Les essais sont écrits en gros caractères, les temps sont écrits en heure et totaux signifie la quantité initiale (au temps 0) de métaux retrouvée dans les sédiments. Les lettres a et b placées devant les temps de prélèvement, réfèrent à des essais faits en duplicata (conditions expérimentales identiques).

Par exemple:            Al 3092  
                           Moyenne            %Sol  
                           (mg/L)            (%)

Al indique l'élément aluminium et 3092 la longueur d'onde employée sur l'ICP lors de l'analyse des métaux. Moyenne provient de la moyenne des trois lectures faits sur l'ICP en mg/L, alors que %Sol, signifie le pourcentage de solubilisation de cet élément i.e la quantité retrouvée en solution après chaque échantillonnage divisée par la quantité présente initialement dans le sédiment (totaux à la première ligne). Les indices et exposants ne sont pas indiqués sous un format différent en raison du logiciel employé.

Dans chaque annexe, les abréviations suivantes peuvent être retrouvées:

séd. #12 = sédiment #12 où le #12 indique la localisation du sédiment (voir annexe 1a)

Inoc. = inoculum

Inc. = incubateur ou appareil pour brasser les sédiments lors des essais.

ST = solides totaux

acid. à pH 1.75 = acidification des sédiments dans chaque cuvée à  
pH 1.75 (fait avec HCl)

déc + acid. à 46h = décantation suivie d'une acidification des  
sédiments après 46 heures d'expérimentation

acid. à 46h = acidification des sédiments après 46 heures  
d'expérimentation.

Enfin dans le cas du carbone, le pourcentage de solubilisation  
n'a pas été calculé, étant donné que le carbone est détruit lors de  
la digestion.

Annexe 1bi: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactérienne  
(souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O avec les sédiments acidifiés avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  
séd.#12).

Date	pH	POR	Remarques
10-12-90	2.29	613	0.32g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+1.8g sed#12
11-12-90	2.31	592	
12-12-90	2.21	601	
13-12-90	2.21	609	0.32g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+1.8g sed#12
14-12-90	2.27	449	0.32g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+1.8g sed#12
17-12-90	2.24	480	0.32g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+1.8g sed#12
18-12-90	2.3	629	0.32g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+.7g sed#12
23-12-90	2.29	484	0.32g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+1.8g sed#12
07-01-91	2.21	596	0.32g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+1.8g sed#12
08-01-91	2.25	624	
10-01-91	2.36	606	
11-01-91	2.37	632	
14-01-91	2.36	606	
15-01-91	2.45	615	
16-01-01	2.35	608	1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/300mL 3%STsed#1
18-01-91	2.29	605	0.6g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL 3%STsed#1
21-01-91	2.32	640	
22-01-91	2.52	439	
23-01-91	2.38	629	
24-01-91	2.35	575	
28-01-91	2.56/2.56	431/431	ajout de 200mL a 3%ST +1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
29-01-91	2.40/2.52	590/557	
30-01-91	2.32/2.46	630/536	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
31-01-91	2.29/2.45	631/531	
1-02-91	2.29/2.41	644/521	
4-02-91	2.32/2.47	563/598	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
5-02-91	2.34/	609/	
6-02-91	2.26/2.43	636/486	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
7-02-91	2.31/2.50	614/506	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
12-02-91	2.34/2.55	620/495	
13-02-91	2.41/2.62	648/510	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
14-02-91	2.42/2.63	639/469	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
15-02-91	2.38/2.70	649/519	
18-02-91	2.39/	660/	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
19-02-91	2.35/2.55	612/468	ajout de 100mL a 3%T
20-02-91	2.39/2.53	636/636	
21-02-91	2.31/	647/	
26-02-91	2.29/2.39	648/590	% FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O diminue a 5% 0.15g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL sed.#12
20-03-91	2.53/2.41	627/558	0.15g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL sed.#12
22-03-91	2.64/2.42	627/636	0.15g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL sed.#12
26-03-91	2.63/2.46	631/642	0.15g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL sed.#12
29-03-91	2.73/2.54	577/624	0.15g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL sed.#12
2-04-91			0.15g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL sed.#12
4-04-91	2.46/2.55	624/526	0.3g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/200mL sed.#12
9-04-91	2.28/	636/	
12-04-91	2.36/	635/	0.15g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL sed.#12
16-04-91		625/	0.15g FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O/100mL sed.#12
18-04-91	2.47/2.36	611/620	

Annexe 1bii: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  avec les sédiments acidifiés avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (séd.#3).)

Date	pH	POR	Remarques
7-03-91	2.97	381	acidifie a pH4 avec $\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\% \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ +40 mL d'inoc. du sed 12
8-03-91	3.37	314	
12-03-91	2.51	507	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#3
14-03-91	2.38	586	
20-03-91	2.72	569	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#3
22-03-91	2.76	576	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#3
26-03-91	3.56	517	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#3
29-03-91	3.22		0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#3
2-04-91	3.05	543	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#3
3-04-91	2.9	536	
4-04-91	2.89	578	
9-04-91	2.89	595	
12-04-91	2.83	569	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#3
16-04-91	2.92	589	
18-04-91	2.84	588	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#3
21-04-91	2.86	573	

Annexe 1biii: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  avec les sédiments acidifiés avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (séd.#6)).

Date	pH	POR	Remarques
7-03-91	3.24	304	acidifie a pH4 avec $\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\% \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ +40 mL d'inoc du sed.#12.
8-03-91	3.9	231	
12-03-91	3.24	353	
14-03-91	3.02	387	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6
20-03-91	3.31	472	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +20 mL d'inoc. du sed 12
22-03-91	3.39	460	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +40 mL d'inoc. du sed 12
26-03-91	3.37	498	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +20 mL d'inoc. du sed 12
29-03-91	3.51	538	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +40 mL d'inoc. du sed 12
2-04-91	3.42	500	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +40 mL d'inoc. du sed 12
3-04-91	3.45	464	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +50 mL d'inoc. du sed 12
4-04-91	3.38	499	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +50 mL d'inoc. du sed 12
9-04-91	3.5	510	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +50 mL d'inoc. du sed 12
12-04-91	3.36	570	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6 +50 mL d'inoc. du sed 12
26-08-91	3.41	505	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mL sed.#6
27-08-91	3.11	541	
28-08-91	3.15	479	0.3g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /200mL sed.#6
3-09-91	3.21	500	0.3g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /200mL sed.#6
4-09-91	3.18	476	
5-09-91	3.24	488	
6-09-91	3.23	471	
9-09-91	3.25	538	
10-09-91	3.29	533	

Annexe 1biv: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  avec les sédiments acidifiés avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (séd.#8)).

Date	pH	POR	Remarques
7-03-91	3.53		acidifie a pH4 avec $\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\% \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ +40 mL d'inoc. du sed 12
8-03-91	3.9	258	
12-03-91	2.83	574	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8
14-03-91	2.84	576	
20-03-91	2.93	569	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8
22-03-91	2.92	570	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8 + 20mL d'inoc du sed.#12.
26-03-91	2.89	584	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8
29-03-91	2.8	610	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8
2-04-91	2.69	585	
4-04-91	2.68	596	
9-04-91	2.73	607	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8
12-04-91	2.72	598	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8
16-04-91	2.78	611	
18-04-91	2.78	617	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8
21-04-91	2.84	604	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100\text{mL}$ sed.#8

Annexe 1bv: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  avec les sédiments acidifiés avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (séd.#2)).

Date	pH	POR	Remarques
13-02-91	3.05	354	ajout de 100mL du sed #12 + dans sed. #2 pH4 avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ +5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
14-02-91	2.61	466	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 50mL sed #2
15-02-91	2.45	574	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 50mL sed #2
18-02-91	2.45	598	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 50mL sed #2
19-02-91	2.38	599	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 50mL sed #2
20-02-91	2.46	583	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 50mL sed #2
21-02-91			0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 50mL sed #2
26-02-91	2.36	641	
28-02-91	2.41	638	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 50mL sed #2
6-03-91	2.47	620	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 50mL sed #2
8-03-91	2.47	607	
12-03-91	2.44	619	
14-03-91	2.29	625	
			% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ diminue a 5%
20-03-91	2.33	616	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 100mL sed #2
22-03-91	2.18	623	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 100mL sed #2
26-03-91	2.38	655	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 100mL sed #2
29-03-91	2.46	631	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 100mL sed #2
2-04-91	2.41	633	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 100mL sed #2
4-04-91	2.41	622	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 100mL sed #2
9-04-91	2.43	635	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 100mL sed #2
12-04-91	2.41	637	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 100mL sed #2
16-04-91	2.47	615	
18-04-91	2.41	633	
21-04-91	2.49	627	

Annexe 1bvi: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  avec les sédiments acidifiés avec HCl (séd.#12)).

Date	pH	POR	Remarques
20-02-91	2.19/2.19	662/665	acidifie a pH4 avec HCl+5% $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ +40 mL d'inoc sed#12
21-02-91	2.14/2.14	664/667	
26-02-91	2.20/3.41	649/564	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mLsed#12
27-02-91	2.59/	592/	
28-02-91	2.46/2.58	620/621	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mLsed#12
1-03-91	2.52/	611/	
6-03-91	/2.65	/604	0.15g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100mLsed#12

Annexe 1bvii: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub> avec les sédiments acidifiés avec HCl (séd.#12)).

Date	pH	POR	Remarques
11-02-91	2.23	441	ajout de 50mL d'inocu sed #12 (acidi au HCl et acclim au FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O) dans sed. #12 pH4 avec HCl +2% Fe dans FeCl <sub>2</sub> (i.e.0.36mL/100mLsed)
12-02-91	1.95	624	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
13-02-91	2.09	633	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
14-02-91	2.23	631	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
15-02-91	2.22	640	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
18-02-91	2.07	657	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
19-02-91	2.13	557	
20-02-91	2.14	610	
21-02-91	2.07	632	
26-02-91	2.07	630	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
27-02-91	2.22	591	
28-02-91	2.1	632	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
1-03-91	2.12	618	
6-03-91	2.13	635	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
8-03-91	2.12	641	0.72mL FeCl <sub>2</sub> +200mL sed#12 a 3%ST
12-03-91	2.12	582	0.72mL FeCl <sub>2</sub> +200mL sed#12 a 3%ST
14-03-91	2.28	491	
20-03-91	2.12/2.17	647/643	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
22-03-91	2.17/2.18	632/648	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
26-03-91	2.07/2.19	652/660	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
29-03-91	2.15/2.25	612/608	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
2-04-91	2.03/2.46	645/504	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
4-04-91	2.07/2.53	647/530	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
9-04-91	2.00/2.47	666/599	0.36mL FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#12 a 3%ST
12-04-91	2.02/2.47	662/560	0.72mL FeCl <sub>2</sub> +200mL sed#12 a 3%ST
16-04-91	2.02/2.43	656/636	
18-04-91	2.17/2.33	577/609	

Annexe 1bviii: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub> avec les sédiments acidifiés avec HCl (séd.#11)).

Date	pH	POR	Remarques
5-04-91			ajout de 100mL d'inocu sed #12 (acidi au H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> et acclim au FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O) dans sed. #11 pH4 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +5% FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
9-04-91	2.68	591	acclimater au FeCl <sub>2</sub> et sed aci. au HCl 0.36mL FeCl <sub>2</sub> + 100mL sed#11 a 3%ST (i.e. 2%Fe dans FeCl <sub>2</sub> )
12-04-91	2.64	600	
16-04-91	2.69	602	
17-04-91	3.17	335	
18-04-91	3.07	334	
23-04-91	2.63	635	0.36mL FeCl <sub>2</sub> + 100mL sed#11 a 3%ST
26-04-91	2.43	622	

Annexe 1bix: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub> avec les sédiments acidifiés avec HCl (séd.#6)).

Date	pH	POR	Remarques
16-04-91	3.21	532	ajout de 2%Fe dans FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#6 (i.e. 0.36mL FeCl <sub>2</sub> /100mL sed)
18-04-91	3.33	539	ajout de 2%Fe dans FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#6
23-04-91	3.33	554	ajout de 2%Fe dans FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#6
26-04-91	3.26	530	ajout de 2%Fe dans FeCl <sub>2</sub> +100mL sed#6

Annexe 1bx: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub> avec les sédiments acidifiés avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (séd.#12)).

Date	pH	POR	Remarques
7-03-91	2.85		acidifie pH4 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +2%Fe(FeCl <sub>2</sub> ) +40mL d'inoc #12 (acclim. au FeCl <sub>2</sub> + sed acidifie au HCl)
8-03-91	2.99		0.72 FeCl <sub>2</sub> /200mL sed #12 (2%Fe)
12-03-91	2.27		
14-03-91	2.19		0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
20-03-91	2.29	619	0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
22-03-91	2.35/2.39	623/566	0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
26-03-91	2.34/2.39	628/642	0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
29-03-91	2.32/2.42	643/651	0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
2-04-91	/2.34	/613	0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
4-04-91	2.29/2.32	616/607	
9-04-91	2.31/2.40	631/628	0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
12-04-91	2.29/2.41	652/651	0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
16-04-91	2.22/2.35	645/642	0.36 FeCl <sub>2</sub> /100mL sed #12 (2%Fe)
18-04-91	2.22/2.33	643/637	
23-04-91	2.24/2.22	646/641	

Annexe 1bxi: Milieu de croissance pour Thiobacillus ferrooxidans  
(milieu 9K)

3.0 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
0.1g KCl  
0.5 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$   
1.025 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
0.01g  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   
14 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Compléter à 1L avec  $\text{H}_2\text{O}$  distillée et ajuster le pH à 2 avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  
Pour stériliser passer sur filtre 0.45  $\mu\text{m}$ .

## Annexe 1c:

Vérification de l'effet de deux types de brassage; un brassage latéral seulement (inc#1) et un brassage circulaire (inc. #2) sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (sed.12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>Incubateur#1</b>										
totaux			1454.8		0.26		489.45		0.12	
a0h	2.96	339	42.07	3.04	0.05	21.93	256.84	55.10	0.03	22.66
a19h	2.71	371	60.67	4.38	0.03	11.23	272.44	58.45	0.08	68.92
a26h	2.72	389	59.28	4.28	0.00	1.63	259.95	55.77	0.08	68.60
a50h	2.43	542	70.79	5.11	0.00	1.15	276.13	59.24	0.09	75.66
a96h	2.33	614	84.52	6.10	-0.00	-0.68	295.62	63.42	0.09	81.51
b0h	2.96	339	45.45	3.28	0.11	46.38	258.29	55.41	0.06	50.44
b19h	2.62	382	67.19	4.85	0.03	12.66	279.94	60.06	0.10	82.66
b26h	2.66	407	70.64	5.10	-0.01	-4.36	285.68	61.29	0.10	82.89
b50h	2.41	557	82.73	5.97	-0.03	-10.21	297.88	63.90	0.10	89.23
b96h	2.33	611	91.83	6.63	0.00	0.82	291.73	62.58	0.10	84.72
<b>Incubateur#2</b>										
totaux			1383.0		0.36		472.05		0.12	
a.0h	2.96	339	44.71	3.39	0.11	33.60	254.58	56.63	0.06	47.82
a.19h	2.71	374	65.11	4.94	-0.02	-4.54	285.17	63.43	0.09	79.92
a.26h	2.71	392	64.98	4.93	-0.05	-14.65	297.38	66.15	0.09	81.97
a.50h	2.4	563	86.47	6.57	-0.03	-8.09	318.00	70.73	0.11	93.20
a.96h	2.33	614	99.36	7.54	-0.04	-13.22	317.20	70.56	0.11	93.90
b.0h	2.96	339	47.39	3.60	0.07	20.77	275.53	61.29	0.07	57.06
b.19h	2.87	352	64.91	4.93	0.02	5.13	353.85	78.71	0.11	98.13
b.26h	2.82	377	79.98	6.07	-0.03	-8.58	402.09	89.44	0.11	94.51
b.50h	2.43	551	92.16	7.00	-0.04	-10.85	410.28	91.26	0.12	103.14
b.96h	2.38	609	106.05	8.05	-0.02	-7.15	394.20	87.69	0.12	107.48

## Annexe 1c:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>Incubateur#1</b>										
totaux	3.51		2.87		2295.35		416.13		25.28	
a0h	0.44	13.31	0.21	7.56	1275.14	58.33	53.67	13.54	15.50	64.36
a19h	0.28	8.34	1.06	38.77	1127.11	51.56	65.66	16.57	16.09	66.82
a26h	0.28	8.49	1.14	41.69	955.38	43.70	62.66	15.81	14.63	60.75
a50h	0.35	10.45	1.55	56.47	636.75	29.13	70.76	17.85	15.60	64.77
a96h	0.49	14.80	1.80	65.84	559.50	25.59	76.72	19.36	16.62	69.03
b0h	0.45	13.55	0.16	5.84	1218.40	55.74	53.77	13.57	15.40	63.96
b19h	0.32	9.46	1.37	49.90	955.81	43.72	70.10	17.69	15.94	66.21
b26h	0.30	9.09	1.52	55.72	867.78	39.70	74.29	18.75	15.78	65.52
b50h	0.40	12.06	1.99	72.89	550.03	25.16	81.53	20.57	16.10	66.86
b96h	0.54	16.18	2.07	75.77	482.97	22.09	79.06	19.95	15.64	64.94
<b>Incubateur#2</b>										
totaux	3.89		2.81		2217.55		398.66		24.24	
a.0h	0.43	11.49	0.22	8.39	1244.97	58.95	55.21	14.54	15.33	66.39
a.19h	0.23	6.30	1.28	47.68	983.48	46.57	71.96	18.95	15.55	67.37
a.26h	0.26	7.12	1.53	57.09	990.91	46.92	76.67	20.19	16.68	72.26
a.50h	0.37	9.88	2.07	77.25	559.57	26.50	80.92	21.31	16.77	72.64
a.96h	0.52	13.93	2.17	81.20	517.04	24.48	86.10	22.68	16.71	72.40
b.0h	0.47	12.75	0.38	14.21	1243.56	58.88	57.77	15.22	15.94	69.05
b.19h	0.10	2.73	1.24	46.29	1008.51	47.75	80.99	21.33	18.10	78.43
b.26h	0.13	3.51	1.69	63.17	843.43	39.94	82.09	21.62	17.42	75.48
b.50h	0.23	6.33	2.36	88.38	425.68	20.16	91.02	23.97	16.79	72.73
b.96h	0.43	11.59	2.53	94.41	378.19	17.91	93.31	24.58	16.72	72.44

Annexe 1c:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>Incubateur#1</b>											
totaux	2.18		50.22		8.13		1347.58		68.23		6.58
a0h	0.71	34.13	0.34	0.71	2.22	28.66	1113.15	86.73	45.59	70.16	79.57
a19h	0.76	36.48	0.10	0.22	0.47	6.02	1113.34	86.75	58.74	90.39	77.55
a26h	0.70	33.92	0.18	0.38	0.26	3.31	1008.36	78.57	54.40	83.71	76.16
a50h	0.77	37.00	2.30	4.82	0.25	3.22	989.77	77.12	59.32	91.29	79.26
a96h	0.89	42.94	4.00	8.37	0.21	2.69	1034.87	80.63	62.86	96.74	79.83
b0h	0.72	34.78	-0.05	-0.10	2.14	27.67	1099.54	85.67	49.09	75.54	79.29
b19h	0.78	37.77	0.26	0.54	0.33	4.22	1060.97	82.67	62.47	96.13	75.67
b26h	0.79	37.89	0.42	0.87	0.23	2.99	1030.38	80.28	62.65	96.41	76.14
b50h	0.84	40.58	2.96	6.20	0.15	1.98	1013.52	78.97	64.63	99.46	80.58
b96h	0.91	44.05	3.82	7.98	0.13	1.62	985.61	76.80	64.34	99.02	80.48
<b>Incubateur#2</b>											
totaux	2.07		43.82		6.64		1261.55		65.10		4.87
a.0h	0.71	35.91	-0.11	-0.25	2.33	36.94	1124.01	93.55	50.28	81.09	79.03
a.19h	0.76	38.59	0.23	0.55	0.36	5.74	1077.98	89.72	62.54	100.87	77.08
a.26h	0.83	41.84	0.39	0.93	0.26	4.17	1109.69	92.36	64.70	104.36	75.26
a.50h	0.87	44.16	3.15	7.55	0.22	3.55	1077.36	89.67	69.10	111.45	78.70
a.96h	0.95	48.23	4.10	9.81	0.14	2.19	1080.52	89.93	67.18	108.36	80.45
b.0h	0.77	38.86	0.31	0.75	2.50	39.63	1149.52	95.68	51.29	82.73	79.44
b.19h	0.89	44.94	-0.18	-0.42	0.41	6.51	1182.20	98.40	72.97	117.70	75.77
b.26h	0.84	42.43	0.09	0.21	0.28	4.37	1152.56	95.93	73.89	119.18	73.61
b.50h	0.87	44.25	2.19	5.26	0.39	6.11	1065.63	88.69	75.56	121.87	77.91
b.96h	0.97	49.16	3.00	7.18	0.21	3.29	1061.05	88.31	75.98	122.55	78.68

Annexe2: Vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet  
 FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments  
 du canal Lachine séd #12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>pH4+FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>										
totaux			570.98		0.20		432.99		0.09	
a0h	3.70	260	9.70	1.78	0.07	37.17	225.19	54.61	0.00	1.13
a19h	2.90	340	25.88	4.76	-0.00	-1.14	202.98	49.22	0.02	18.56
a27h	2.95	342	63.91	11.75	-0.01	-6.55	290.93	70.55	0.08	95.90
a43h	2.78	348	31.13	5.72	-0.04	-20.22	221.05	53.60	0.02	19.12
a50h	2.86	347	30.86	5.68	-0.02	-11.61	215.91	52.36	0.02	21.49
a67h	2.80	346	32.98	6.06	-0.02	-10.61	214.42	52.00	0.04	43.13
a74h	2.86	348	32.48	5.97	0.02	8.69	223.37	54.17	0.03	28.38
a98h	2.81	356	34.84	6.41	0.01	6.40	226.44	54.91	0.03	32.72
b0h	3.90	253	36.37	6.69	-0.00	-1.56	227.57	55.19	0.03	37.18
b19h	2.87	343	52.01	9.56	-0.05	-28.48	245.62	59.56	0.07	77.77
b27h	2.89	348	29.56	5.44	0.02	12.39	235.21	57.04	0.03	32.66
b43h	2.74	354	64.98	11.95	-0.07	-34.61	278.50	67.54	0.08	87.42
b50h	2.89	352	64.41	11.84	-0.07	-38.95	274.75	66.63	0.08	87.87
b67h	2.74	354	72.24	13.28	-0.03	-13.53	287.80	69.79	0.09	97.44
b74h	2.84	356	70.00	12.87	-0.02	-11.11	280.11	67.93	0.09	97.38
b98h	2.80	387	83.75	15.40	-0.09	-45.36	304.89	73.94	0.09	100.48
<b>Stérile pH4+ FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>										
totaux			711.87		0.27		459.49		0.07	
0h	4.05	241	2.67	0.39	-0.02	-6.82	245.01	55.99	0.01	22.26
8h	3.98	242	5.22	0.77	0.00	0.06	243.72	55.69	0.02	26.71
25h	3.88	277	8.01	1.18	-0.01	-3.11	258.83	59.15	0.07	106.82
32h	3.89	249	11.09	1.64	-0.03	-12.38	247.18	56.48	0.08	123.70
49h	3.65	246	11.10	1.64	-0.01	-2.51	253.22	57.86	0.09	129.34
56h	3.68	243	11.88	1.75	-0.06	-24.96	253.91	58.02	0.09	136.73
80h	3.61	297	14.51	2.14	0.02	8.14	275.02	62.85	0.09	142.28

Annexe2:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
<b>pH4+FeSO4.7H2O</b>										
totaux	2.19		1.56		2272.12		238.04		21.52	
a0h	0.13	6.15	0.00	0.08	1539.20	71.13	41.57	18.34	14.84	72.38
a19h	0.20	9.67	0.37	24.60	1218.14	56.29	45.23	19.95	14.05	68.56
a27h	0.08	3.94	1.16	78.19	977.44	45.17	75.11	33.13	16.38	79.91
a43h	0.08	3.65	0.50	33.36	1249.54	57.74	47.92	21.14	14.71	71.76
a50h	0.19	9.28	0.47	31.84	1147.05	53.01	46.87	20.67	13.79	67.26
a67h	0.20	9.47	0.52	34.87	1122.01	51.85	49.16	21.69	13.54	66.03
a74h	0.09	4.40	0.71	47.53	1175.98	54.34	46.49	20.51	13.83	67.48
a98h	0.13	6.07	0.59	39.59	1157.04	53.47	52.80	23.29	14.73	71.83
b0h	0.18	8.85	0.59	39.63	1142.51	52.80	49.05	21.63	13.81	67.37
b19h	0.14	6.70	0.91	61.64	826.02	38.17	58.72	25.90	13.09	63.84
b27h	0.07	3.59	0.47	31.40	1272.05	58.78	47.93	21.14	14.95	72.94
b43h	0.10	4.99	1.19	80.18	792.84	36.64	74.65	32.93	14.38	70.15
b50h	0.09	4.19	1.18	79.67	797.15	36.84	74.98	33.07	14.31	69.80
b67h	0.10	4.83	1.30	87.31	832.97	38.49	77.54	34.20	15.03	73.30
b74h	0.09	4.47	1.43	96.39	805.80	37.24	78.04	34.42	15.13	73.81
b98h	0.13	6.39	1.54	103.73	742.65	34.32	79.58	35.10	15.72	76.66
<b>Stérile pH4+ FeSO4.7H2O</b>										
totaux	2.47		1.36		1207.56		295.26		17.94	
0h	0.14	5.81	-0.02	-1.41	1220.99	106.17	57.25	20.36	14.24	83.33
8h	0.01	0.42	-0.01	-0.64	1918.73	166.84	54.33	19.32	17.48	102.33
25h	0.01	0.25	0.00	0.00	1981.21	172.27	58.09	20.66	18.40	107.71
32h	0.03	1.18	0.10	7.74	1749.28	152.10	53.31	18.96	16.74	98.01
49h	0.03	1.10	0.10	7.35	1848.76	160.75	60.55	21.53	18.03	105.57
56h	0.01	0.52	0.12	9.05	1741.54	151.43	58.23	20.71	17.27	101.11
80h	0.28	11.74	0.19	14.49	1807.94	157.20	65.89	23.43	18.07	105.75

Annexe2:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne
	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)
<b>pH4+FeSO4.7H2O</b>											
totaux	1.51		22.99		4.71		1211.19		56.17		186.30
a0h	0.45	31.44	-0.16	-0.73	0.37	8.21	1262.75	109.47	19.71	36.85	78.73
a19h	0.41	28.61	-0.71	-3.24	1.58	35.19	1043.81	90.49	31.61	59.08	75.43
a27h	0.55	38.42	-0.13	-0.59	2.97	66.18	1133.44	98.26	62.64	117.08	76.82
a43h	0.48	33.45	-0.22	-1.01	1.91	42.60	1074.75	93.17	33.21	62.07	75.66
a50h	0.46	31.96	-0.38	-1.75	1.83	40.84	1046.29	90.70	31.69	59.23	76.30
a67h	0.48	33.11	-0.30	-1.37	1.83	40.92	1085.30	94.09	31.65	59.17	77.88
a74h	0.46	32.10	-0.16	-0.74	1.86	41.40	1086.42	94.18	32.65	61.03	75.88
a98h	0.45	31.42	-0.58	-2.66	1.73	38.59	1078.80	93.52	33.69	62.97	73.64
b0h	0.48	33.16	-0.42	-1.90	1.74	38.76	1083.26	93.91	32.32	60.41	74.85
b19h	0.46	31.71	-0.34	-1.55	2.62	58.45	976.73	84.67	53.47	99.95	78.10
b27h	0.46	32.12	-0.78	-3.55	1.86	41.40	1190.91	103.24	33.65	62.89	77.16
b43h	0.53	36.81	-0.43	-1.96	2.65	59.06	1055.17	91.47	58.40	109.16	78.54
b50h	0.55	37.98	-0.20	-0.93	2.60	58.11	998.64	86.57	59.82	111.81	79.31
b67h	0.60	41.55	-0.22	-1.00	2.55	56.86	1071.15	92.86	62.02	115.92	80.12
b74h	0.60	41.41	-0.39	-1.80	2.49	55.45	1095.83	95.00	63.11	117.97	77.84
b98h	0.60	41.51	-0.22	-1.03	2.63	58.77	1041.30	90.27	64.80	121.13	79.65
<b>Stérile pH4+ FeSO4.7H2O</b>											
totaux	1.23		29.15		5.09		667.03		51.80		216.91
0h	0.43	37.00	-0.11	-0.38	0.58	12.00	971.37	152.91	29.02	58.83	94.30
8h	0.62	53.15	-0.39	-1.41	0.76	15.72	1434.23	225.77	43.52	88.22	95.48
25h	0.66	56.28	-0.55	-1.99	1.21	24.98	1521.04	239.43	64.94	131.63	93.43
32h	0.64	54.91	-0.02	-0.07	1.12	23.17	1336.61	210.40	62.67	127.04	94.91
49h	0.63	54.04	-0.27	-0.98	1.47	30.32	1422.36	223.90	65.89	133.55	96.08
56h	0.64	54.63	-0.54	-1.95	1.51	31.11	1389.29	218.69	65.22	132.20	96.34
80h	0.70	59.32	-0.08	-0.30	1.50	30.85	1439.73	226.63	67.30	136.41	100.69

Annexe2:

Vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet  
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments  
 du canal Lachine séd #12 et souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Nature(pH7) totaux			271.70		0.00		99.16		0.03	
0h	6.59	154	3.21	1.24	-0.00	-149.50	10.04	10.64	0.00	7.60
19h	6.14	220	0.68	0.26	-0.01	-387.50	22.80	24.14	-0.00	-0.25
27h	5.91	150	0.44	0.17	-0.04	-2231.5	34.02	36.02	-0.00	-3.02
43h	5.88	253	0.21	0.08	-0.04	-1796.0	48.74	51.61	0.00	0.14
50h	6.29	269	0.52	0.20	-0.05	-2565.0	51.60	54.64	-0.00	-1.19
67h	6.55	175	0.41	0.16	-0.01	-591.50	61.26	64.87	-0.00	-4.68
74h	6.71	300	0.37	0.14	-0.04	-1830.0	63.51	67.25	-0.00	-8.07
98h	6.41	417	0.06	0.02	-0.02	-959.00	75.47	79.92	0.00	3.35
Nature(pH7)+ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ totaux			711.87		0.27		459.49		0.07	
0h	5.29	152	0.14	0.02	-0.05	-19.99	57.16	13.06	0.00	3.62
19h	3.27	327	27.71	4.09	-0.02	-6.77	202.70	46.32	0.07	99.77
27h	3.45	311	24.82	3.66	-0.05	-20.90	274.80	62.80	0.07	105.11
43h	3.29	353	30.74	4.53	-0.06	-25.31	351.90	80.41	0.08	118.77
50h	3.27	360	28.84	4.25	-0.04	-13.97	355.64	81.27	0.07	107.91
67h	3.31	356	31.74	4.68	-0.04	-16.77	386.45	88.31	0.08	117.80
74h	3.39	370	30.94	4.56	-0.07	-27.63	388.42	88.76	0.08	115.18
98h	3.31	395	29.71	4.38	-0.06	-22.30	382.68	87.45	0.08	122.47

Annexe2:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
Nature(pH7)										
totaux	0.86		0.45		240.01		77.95		3.30	
0h	-0.01	-1.51	0.03	7.30	24.61	10.77	1.84	2.48	0.44	14.09
19h	-0.01	-0.88	-0.01	-1.85	8.32	3.64	2.00	2.69	0.28	9.03
27h	-0.01	-0.63	-0.01	-3.34	31.28	13.68	2.32	3.12	0.46	14.65
43h	0.01	0.61	-0.02	-4.68	20.49	8.96	3.10	4.18	0.33	10.36
50h	0.00	0.09	-0.01	-2.79	34.41	15.06	3.99	5.37	0.41	13.16
67h	-0.00	-0.51	-0.01	-2.63	0.85	0.37	4.44	5.98	0.28	8.88
74h	-0.01	-0.88	-0.00	-0.82	1.11	0.48	4.05	5.46	0.24	7.70
98h	-0.01	-0.97	-0.02	-3.57	12.01	5.25	3.88	5.22	0.15	4.63
Nature(pH7)+ FeSO4.7H2O										
totaux	2.47		1.36		1207.56		295.26		17.94	
0h	0.03	1.46	-0.02	-1.46	1004.72	87.36	5.17	1.84	8.04	47.08
19h	-0.00	-0.02	0.47	36.56	489.57	42.57	34.20	12.16	13.54	79.25
27h	0.01	0.40	0.43	33.05	306.42	26.64	52.38	18.63	14.25	83.42
43h	-0.00	-0.06	0.66	50.77	92.55	8.05	76.05	27.04	15.18	88.84
50h	0.00	0.02	0.66	50.79	54.26	4.72	73.03	25.97	14.29	83.66
67h	-0.00	-0.12	0.78	59.94	42.53	3.70	82.22	29.24	15.47	90.58
74h	-0.01	-0.40	0.82	63.65	51.62	4.49	82.37	29.29	15.75	92.19
98h	-0.00	-0.13	0.79	61.00	18.90	1.64	81.25	28.89	15.22	89.10

Annexe2:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>Nature(pH7)</b>											
totaux	0.44		9.71		1.84		40.76		11.26		162.66
0h	0.02	3.74	-0.13	-1.40	0.06	3.31	19.73	50.83	0.98	9.13	68.91
19h	0.00	0.99	-0.12	-1.25	0.03	1.47	16.25	41.86	0.61	5.66	69.79
27h	0.00	0.36	-0.12	-1.26	0.01	0.38	39.66	102.17	0.79	7.35	66.54
43h	0.01	1.28	-0.17	-1.84	0.04	2.12	44.89	115.64	0.72	6.70	63.06
50h	0.01	2.19	-0.22	-2.33	0.04	2.40	54.72	140.97	1.30	12.09	62.10
67h	0.00	0.53	-0.13	-1.39	0.01	0.81	45.87	118.17	0.92	8.56	60.77
74h	-0.00	-0.16	-0.13	-1.43	0.05	2.78	47.51	122.39	0.81	7.56	60.58
98h	0.00	0.22	-0.11	-1.21	-0.00	-0.03	61.64	158.78	0.58	5.45	61.59
<b>Nature(pH7) + FeSO4.7H2O</b>											
totaux	1.23		29.15		5.09		667.03		51.80		216.91
0h	0.23	19.95	-0.61	-2.19	0.07	1.45	629.37	99.07	2.89	5.85	64.48
19h	0.41	35.38	-0.30	-1.07	0.99	20.41	574.63	90.46	49.62	100.58	63.17
27h	0.41	35.16	-0.25	-0.91	0.81	16.77	541.89	85.30	51.21	103.80	63.51
43h	0.46	38.84	-0.10	-0.35	0.93	19.20	519.65	81.80	54.70	110.88	64.35
50h	0.43	36.65	-0.13	-0.47	0.94	19.33	484.42	76.25	51.88	105.16	63.15
67h	0.48	41.07	-0.02	-0.08	0.91	18.84	528.01	83.12	55.89	113.30	61.82
74h	0.49	41.61	-0.11	-0.38	0.92	19.00	534.44	84.13	55.86	113.22	62.03
98h	0.50	42.43	-0.06	-0.23	0.87	17.89	500.48	78.78	54.73	110.93	61.95

Annexe 3: Effet du pH de départ sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=4.5 essai1 (3%ST)										
totaux			1703.3		0.49		686.30		0.14	
a0h	3.21	328	41.85	2.58	0.14	30.03	318.48	48.73	0.11	80.65
a5h	3.26	321	49.32	3.04	0.02	4.62	321.89	49.25	0.09	66.20
a23h	2.72	389	75.98	4.68	0.00	0.59	393.96	60.27	0.10	74.09
a29h	2.69	408	88.22	5.44	-0.03	-6.61	393.97	60.27	0.11	84.26
a46h	2.47	572	107.75	6.64	0.01	2.81	422.03	64.57	0.12	93.61
a53h	2.4	515	117.53	7.25	-0.01	-2.26	442.60	67.71	0.12	93.72
a70h	2.38	546	122.84	7.57	0.00	0.36	417.75	63.91	0.13	101.37
a77h	2.37	569	122.56	7.55	-0.03	-7.29	427.68	65.43	0.12	92.72
a94h	2.4	583	129.24	7.97	-0.08	-16.26	448.03	68.55	0.13	96.94
b0h	3.13	348	39.95	2.46	-0.01	-1.77	314.79	48.16	0.07	55.96
b6h	3.17	327	50.29	3.10	-0.02	-3.31	327.34	50.08	0.08	63.66
b23h	2.67	405	79.99	4.93	0.01	3.03	390.20	59.70	0.10	75.82
b29h	2.62	426	89.35	5.51	-0.04	-9.15	417.82	63.92	0.11	79.93
b46h	2.43	578	102.43	6.31	-0.04	-7.79	433.97	66.39	0.11	87.01
b53h	2.4	520	105.62	6.51	0.03	6.57	436.13	66.72	0.12	88.91
b70h	2.37	550	114.53	7.06	0.02	3.62	438.18	67.04	0.12	87.84
b77h	2.35	576	114.68	7.07	0.01	2.13	433.89	66.38	0.11	86.36
b94h	2.4	586	114.62	7.07	-0.05	-10.42	438.49	67.09	0.12	94.02

## Annexe 3:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
pH=4.5 essai1 (3%ST)										
totaux	4.85		3.27		3318.88		598.22		31.72	
a0h	0.18	3.90	0.59	18.79	1526.17	48.28	60.17	10.56	21.57	71.40
a5h	0.06	1.23	0.42	13.62	1421.93	44.99	60.96	10.70	19.73	65.31
a23h	0.10	2.10	1.20	38.38	1178.65	37.29	80.68	14.16	21.41	70.88
a29h	0.17	3.62	1.76	56.52	1021.59	32.32	93.17	16.35	22.04	72.97
a46h	0.29	6.29	2.53	81.09	639.28	20.22	102.56	18.00	21.85	72.33
a53h	0.35	7.58	2.78	89.35	599.85	18.98	106.23	18.65	22.39	74.11
a70h	0.44	9.58	2.82	90.36	564.71	17.87	106.57	18.70	22.49	74.46
a77h	0.44	9.59	2.77	88.99	548.42	17.35	106.74	18.73	21.88	72.43
a94h	0.51	11.03	2.90	92.96	553.47	17.51	111.24	19.53	22.20	73.50
b0h	0.12	2.64	0.28	8.84	1390.43	43.99	60.24	10.57	19.78	65.48
b6h	0.05	1.05	0.46	14.68	1389.53	43.96	61.26	10.75	19.40	64.22
b23h	0.16	3.45	1.63	52.21	967.12	30.60	82.78	14.53	20.09	66.52
b29h	0.19	4.05	1.91	61.16	825.54	26.12	85.03	14.92	20.09	66.50
b46h	0.29	6.30	2.28	73.11	554.23	17.53	96.61	16.96	20.71	68.58
b53h	0.33	7.21	2.36	75.72	540.57	17.10	100.77	17.69	20.77	68.76
b70h	0.41	8.80	2.49	79.79	529.07	16.74	100.75	17.68	20.82	68.93
b77h	0.43	9.33	2.46	78.79	526.36	16.65	102.37	17.97	20.98	69.45
b94h	0.48	10.49	2.44	78.42	527.36	16.68	103.46	18.16	21.21	70.22

Annexe 3:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
pH=4.5 essai1 (3%ST)											
totaux	2.83		61.27		6.30		1325.09		83.02		276.02
a0h	0.80	29.89	0.09	0.16	1.98	33.07	1169.61	92.68	60.02	75.92	65.36
a5h	0.75	27.84	-0.17	-0.29	1.54	25.70	1191.17	94.39	65.08	82.31	66.08
a23h	0.82	30.62	0.22	0.38	1.55	25.80	1251.46	99.17	74.37	94.06	65.71
a29h	0.87	32.19	0.41	0.71	1.82	30.40	1226.48	97.19	78.62	99.44	65.34
a46h	0.92	34.11	2.42	4.15	1.67	27.82	1194.49	94.65	80.44	101.74	67.89
a53h	0.97	35.84	3.53	6.05	1.67	27.84	1226.86	97.22	84.09	106.35	70.06
a70h	1.01	37.40	3.57	6.11	1.46	24.35	1162.27	92.10	78.83	99.70	75.09
a77h	1.02	37.85	3.55	6.09	1.40	23.41	1152.85	91.35	80.11	101.32	71.78
a94h	1.11	41.16	4.15	7.12	1.30	21.70	1218.08	96.52	82.79	104.71	75.17
b0h	0.74	27.61	-0.17	-0.29	1.68	27.99	1137.99	90.17	56.08	70.93	69.18
b6h	0.77	28.76	-0.19	-0.33	1.62	27.00	1166.54	92.44	65.18	82.44	67.59
b23h	0.82	30.44	0.39	0.67	1.68	28.05	1117.36	88.54	68.71	86.90	68.50
b29h	0.81	30.24	0.66	1.12	1.54	25.64	1159.56	91.88	71.95	91.00	69.20
b46h	0.89	33.13	2.52	4.31	1.65	27.44	1170.46	92.75	78.64	99.46	70.98
b53h	0.96	35.74	2.86	4.90	1.42	23.74	1105.92	87.63	75.12	95.01	76.93
b70h	1.01	37.49	3.17	5.43	1.29	21.56	1153.23	91.38	76.77	97.09	70.89
b77h	1.00	37.03	3.10	5.32	1.19	19.79	1121.07	88.83	71.43	90.34	71.10
b94h	1.03	38.12	3.37	5.78	1.27	21.16	1197.91	94.92	80.09	101.30	72.10

Annexe 3: Effet du pH de départ sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=4.5 essai2 (6%ST)										
totaux			2549.7		0.82		1100.87		0.25	
a2h	4.03	251	11.31	0.47	0.05	5.83	358.73	34.22	0.00	1.05
a8h	3.63	259	32.62	1.34	-0.05	-6.15	403.81	38.52	0.06	26.87
a20h	3.03	337	100.76	4.15	-0.08	-10.72	525.58	50.13	0.16	69.20
a27h	3.02	337	107.94	4.45	-0.14	-17.39	536.49	51.17	0.16	70.25
a44h	2.83	377	132.93	5.47	-0.12	-15.07	618.36	58.98	0.17	70.99
a51h			146.99	6.05	-0.12	-15.54	602.46	57.46	0.17	72.41
a74h			157.49	6.49	-0.07	-8.99	584.35	55.73	0.17	73.95
a95h	3.13	574	172.07	7.09	-0.12	-14.99	638.98	60.94	0.18	78.33
b8h	3.56	291	40.29	1.66	-0.02	-2.65	453.97	43.30	0.07	29.93
b20h	3.1	327	89.57	3.69	-0.09	-11.89	526.96	50.26	0.13	55.44
b27h	3.11	324	86.32	3.55	-0.02	-2.74	536.44	51.17	0.13	57.09
b44h	3.03	353	107.53	4.43	-0.08	-9.92	703.70	67.12	0.15	62.46
b74h			148.52	6.12	-0.09	-11.35	787.66	75.13	0.17	71.91
b95h	2.55	573	164.72	6.78	-0.11	-14.38	750.85	71.61	0.17	72.58
pH=5.0										
totaux			1900.3		0.59		737.83		0.15	
a0h	3.33	303	42.75	2.36	0.09	16.81	314.01	44.69	0.07	51.62
a6h	3.69	312	39.04	2.16	0.01	2.34	342.89	48.80	0.08	59.45
a23h	2.85	381	49.38	2.73	-0.06	-11.64	371.77	52.91	0.09	64.68
a29h	2.8	398	58.67	3.24	-0.07	-12.36	412.56	58.71	0.10	70.19
a46h	2.48	538	85.14	4.70	-0.05	-8.93	460.52	65.54	0.12	82.87
a53h	2.43	524	101.64	5.62	-0.02	-3.43	480.86	68.43	0.13	91.16
a70h	2.4	550	111.29	6.15	-0.04	-8.03	486.18	69.19	0.14	98.78
a77h	2.39	576	115.89	6.40	-0.07	-11.76	498.68	70.97	0.14	97.25
a94h	2.43	586	116.32	6.43	-0.11	-19.30	492.42	70.08	0.13	93.42
b0h	3.24	317	39.76	2.20	0.16	29.36	344.50	49.02	0.07	48.12
b6h	3.42	313	38.24	2.11	0.02	4.41	350.57	49.89	0.08	59.31
b23h	2.88	378	47.08	2.60	-0.03	-5.43	384.45	54.71	0.09	63.24
b29h	2.83	392	62.11	3.43	-0.00	-0.34	422.04	60.06	0.10	71.16
b46h	2.5	513	75.61	4.18	-0.11	-20.20	416.99	59.34	0.11	81.01
b53h	2.43	524	95.99	5.30	-0.02	-4.26	475.48	67.66	0.12	89.20
b70h	2.4	551	94.42	5.22	-0.02	-4.45	432.65	61.57	0.11	76.34
b77h	2.39	576	92.96	5.14	0.01	1.39	419.76	59.74	0.11	82.12
b94h	2.43	586	84.36	4.66	-0.07	-12.96	443.72	63.15	0.13	89.96

## Annexe 3:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>pH=4.5 essai2 (6%ST)</b>										
totaux	8.82		5.60		3332.47		933.30		46.44	
a2h	0.03	0.32	0.05	0.95	563.27	17.75	71.24	8.02	17.99	40.68
a8h	0.18	2.18	0.05	0.91	1438.20	45.32	83.92	9.44	25.02	56.56
a20h	0.08	1.01	1.43	26.89	1288.16	40.59	103.15	11.60	29.87	67.55
a27h	0.07	0.88	1.60	29.92	1158.67	36.51	121.67	13.69	28.41	64.25
a44h	0.13	1.54	2.39	44.83	818.32	25.78	164.02	18.45	29.42	66.52
a51h	0.17	1.97	2.55	47.86	613.18	19.32	163.38	18.38	28.18	63.71
a74h	0.40	4.72	3.11	58.31	309.22	9.74	169.55	19.08	27.42	62.00
a95h	0.48	5.66	3.41	63.87	250.99	7.91	179.20	20.16	26.96	60.96
b8h	0.01	0.07	0.10	1.88	1515.92	47.76	79.06	8.89	25.55	57.77
b20h	0.05	0.60	1.24	23.21	1271.01	40.05	102.83	11.57	28.86	65.26
b27h	0.05	0.55	1.22	22.87	968.29	30.51	106.34	11.96	25.88	58.53
b44h	0.02	0.26	1.70	31.90	684.97	21.58	143.59	16.15	28.22	63.81
b74h	0.22	2.66	3.44	64.59	140.11	4.41	164.63	18.52	26.37	59.63
b95h	0.30	3.58	3.48	65.30	117.81	3.71	162.00	18.23	28.42	64.26
<b>pH=5.0</b>										
totaux	5.05		3.36		3226.79		624.99		32.48	
a0h	0.11	2.24	0.24	7.44	1396.28	45.44	52.92	8.89	18.25	58.98
a6h	0.05	0.95	0.20	6.25	1424.40	46.35	63.56	10.68	19.33	62.48
a23h	0.03	0.62	0.57	17.78	1164.86	37.90	71.84	12.07	20.43	66.03
a29h	0.04	0.80	0.88	27.38	1061.42	34.54	88.34	14.84	20.85	67.40
a46h	0.15	3.18	1.83	57.07	527.40	17.16	108.45	18.22	22.02	71.19
a53h	0.25	5.26	2.37	74.03	451.44	14.69	117.02	19.66	22.14	71.57
a70h	0.38	7.88	2.60	81.21	415.30	13.51	120.15	20.19	22.39	72.37
a77h	0.42	8.77	2.72	85.03	425.41	13.84	121.00	20.33	22.64	73.19
a94h	0.44	9.16	2.56	80.00	401.31	13.06	125.24	21.04	21.39	69.15
b0h	0.11	2.32	0.32	9.95	1450.92	47.21	57.85	9.72	19.13	61.84
b6h	0.03	0.69	0.19	5.92	1432.87	46.63	63.14	10.61	19.63	63.44
b23h	0.04	0.91	0.50	15.67	1151.06	37.46	77.96	13.10	19.57	63.25
b29h	0.05	1.07	0.88	27.41	1069.35	34.80	93.62	15.73	20.08	64.90
b46h	0.14	2.97	1.55	48.40	487.93	15.88	109.07	18.32	18.64	60.25
b53h	0.22	4.52	2.18	68.12	436.53	14.20	114.99	19.32	20.16	65.15
b70h	0.30	6.17	2.16	67.40	349.99	11.39	108.83	18.28	18.67	60.36
b77h	0.32	6.59	1.99	62.08	346.96	11.29	107.62	18.08	17.28	55.87
b94h	0.41	8.59	2.30	71.90	387.67	12.61	119.12	20.01	20.31	65.65

## Annexe 3:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>pH=4.5 essai2 (6%ST)</b>											
totaux	4.96		118.45		10.13		1069.11		145.19		172.62
a2h	0.48	10.07	0.06	0.06	0.16	1.64	704.83	69.22	43.98	31.80	21.64
a8h	0.84	17.80	0.03	0.02	1.02	10.61	1489.71	146.31	87.57	63.33	23.29
a20h	1.03	21.91	-0.03	-0.03	2.80	29.03	1545.49	151.79	114.25	82.62	24.78
a27h	1.03	21.89	0.10	0.09	2.24	23.19	1496.41	146.97	114.11	82.52	25.49
a44h	1.00	21.21	0.32	0.28	1.45	15.00	1499.35	147.25	114.29	82.65	24.87
a51h	1.06	22.53	0.77	0.68	1.39	14.44	1356.66	133.24	114.35	82.69	24.25
a74h	1.13	23.90	1.87	1.66	1.55	16.10	1219.89	119.81	113.94	82.40	30.82
a95h	1.28	27.16	1.83	1.62	1.24	12.89	1272.71	125.00	114.14	82.54	29.88
b8h	0.82	17.45	-0.05	-0.05	1.19	12.32	1370.08	134.56	87.22	63.07	22.99
b20h	1.00	21.08	-0.19	-0.17	2.32	24.07	1435.16	140.95	113.58	82.14	24.35
b27h	0.91	19.27	-0.07	-0.06	1.61	16.67	1335.96	131.21	108.12	78.19	26.77
b44h	0.93	19.74	0.06	0.06	1.03	10.69	1335.01	131.11	112.21	81.15	22.40
b74h	1.12	23.73	0.94	0.84	1.48	15.29	1276.99	125.42	114.24	82.61	24.75
b95h	1.23	26.12	0.67	0.60	1.08	11.24	1246.98	122.47	113.72	82.24	23.10
<b>pH=5.0</b>											
totaux	2.91		64.04		10.81		1356.85		84.35		213.38
a0h	0.73	26.36	-0.10	-0.16	1.48	14.33	1089.24	84.29	54.57	67.93	75.04
a6h	0.81	29.15	-0.04	-0.06	1.41	13.68	1173.61	90.82	64.73	80.57	75.97
a23h	0.82	29.66	-0.17	-0.28	1.50	14.61	1114.84	86.27	67.44	83.96	70.97
a29h	0.86	31.13	0.15	0.25	1.75	17.00	1090.46	84.39	71.17	88.60	73.13
a46h	0.92	33.06	1.08	1.76	2.30	22.30	1081.11	83.66	78.72	97.99	72.98
a53h	0.99	35.79	2.00	3.29	2.44	23.69	1032.04	79.87	79.34	98.76	77.56
a70h	1.06	38.21	2.32	3.81	2.33	22.60	1102.74	85.34	80.91	100.72	78.11
a77h	1.13	40.66	2.53	4.15	2.36	22.87	1137.22	88.00	82.06	102.15	80.55
a94h	1.18	42.44	2.61	4.28	2.17	21.04	1138.34	88.09	83.41	103.84	83.65
b0h	0.77	27.85	0.12	0.19	1.76	17.12	1242.17	96.13	56.16	69.90	72.91
b6h	0.83	29.87	-0.07	-0.12	1.38	13.42	1216.14	94.11	65.65	81.73	77.84
b23h	0.85	30.72	0.07	0.11	1.68	16.31	1139.77	88.20	69.56	86.60	80.24
b29h	0.85	30.79	-0.18	-0.30	2.01	19.55	1130.25	87.46	70.25	87.45	86.60
b46h	0.90	32.35	0.99	1.62	2.39	23.24	1041.88	80.63	72.12	89.78	87.11
b53h	0.99	35.55	2.26	3.71	2.68	26.05	1076.85	83.33	79.67	99.17	85.59
b70h	0.97	34.93	2.29	3.75	2.25	21.86	1003.38	77.65	67.36	83.85	91.67
b77h	0.96	34.66	2.33	3.82	2.33	22.59	960.16	74.30	71.88	89.48	94.74
b94h	1.08	38.99	2.49	4.09	2.13	20.70	1034.61	80.06	78.02	97.13	93.92

## Annexe 4:

Effet du pourcentage d'inoculum (v/v) ajouté sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (sed.#12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288		
		POR (mV)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>sans Inocul.</b>										
totaux			1102.6		0.30		493.58		0.13	
0h	3.85	261	12.29	1.17	0.07	23.60	235.51	50.10	0.01	5.92
6h	3.95	262	11.53	1.10	0.13	45.31	235.41	50.08	0.01	9.69
23h	3.46	283	25.63	2.44	0.04	13.36	240.45	51.15	0.07	55.96
29h	3.52	290	30.03	2.86	0.04	13.65	271.74	57.81	0.07	60.33
46h	3.5	284	31.15	2.97	0.08	26.14	281.33	59.85	0.08	64.20
53h	3.48	329	35.82	3.41	0.08	26.79	313.11	66.61	0.08	69.19
70h	3.42	316	40.72	3.88	0.03	11.98	313.69	66.73	0.09	71.50
77h	3.36	301	40.61	3.87	-0.03	-10.89	328.20	69.82	0.08	69.55
94h	3.28	324	41.17	3.92	0.01	4.21	323.14	68.74	0.07	61.98
<b>10%Inoc.</b>										
totaux			1868.2		0.27		696.41		0.14	
a0h	3.38	288	29.94	1.68	0.06	22.04	354.16	53.40	0.02	11.52
a6h	3.44	306	35.98	2.02	0.03	10.29	340.08	51.27	0.06	47.03
a23h	2.81	375	61.50	3.46	0.03	10.94	355.67	53.63	0.09	65.91
a29h	2.77	391	68.12	3.83	-0.05	-17.63	380.77	57.41	0.11	83.96
a46h	2.53	451	78.36	4.40	-0.06	-24.90	391.61	59.04	0.10	73.45
a53h	2.43	527	72.15	4.06	-0.00	-0.73	362.61	54.67	0.12	86.34
a70h	2.35	556	107.21	6.03	-0.04	-14.90	371.46	56.01	0.11	82.13
a77h	2.34	577	110.45	6.21	-0.03	-12.17	378.80	57.11	0.11	82.89
a94h	2.37	587	111.73	6.28	-0.07	-28.95	377.76	56.96	0.11	83.67
b0h	3.31	292	34.10	1.92	0.01	2.67	314.62	47.44	0.03	25.01
b6h	3.4	307	42.35	2.38	-0.02	-6.63	312.02	47.04	0.07	48.82
b23h	2.81	377	71.59	4.02	0.07	27.59	357.34	53.88	0.10	72.87
b29h	2.75	392	77.08	4.33	0.00	1.49	360.01	54.28	0.10	72.22
b46h	2.53	458	86.33	4.85	-0.06	-24.79	368.67	55.59	0.11	80.66
b53h	2.4	527	88.99	5.00	-0.07	-28.69	351.85	53.05	0.16	118.50
b70h	2.35	558	92.49	5.20	-0.02	-8.39	351.13	52.94	0.12	86.33
b77h	2.34	577	102.94	5.79	-0.04	-16.14	393.45	59.32	0.10	77.22
b94h	2.37	587	105.64	5.94	-0.03	-9.89	378.38	57.05	0.11	81.94

## Annexe 4:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>sans Inocul.</b>										
totaux	4.15		2.25		2696.58		455.17		25.13	
0h	0.08	2.11	0.01	0.57	1547.18	60.24	46.50	10.73	14.64	61.15
6h	0.22	5.65	-0.02	-1.13	1581.26	61.57	46.87	10.81	14.92	62.32
23h	0.02	0.43	0.28	13.16	1309.05	50.97	51.69	11.92	13.68	57.16
29h	0.01	0.32	0.37	17.18	1369.29	53.32	52.12	12.02	15.16	63.33
46h	0.19	4.88	0.44	20.59	1381.39	53.79	64.14	14.80	17.00	71.01
53h	0.02	0.41	0.52	24.35	1249.12	48.64	64.61	14.90	14.63	61.11
70h	0.14	3.65	0.62	29.17	1238.36	48.22	73.22	16.89	15.19	63.48
77h	0.14	3.42	0.68	31.82	1206.01	46.96	77.21	17.81	15.62	65.24
94h	0.01	0.38	0.71	33.31	1093.86	42.59	74.36	17.15	14.50	60.56
<b>10%Inoc.</b>										
totaux	5.05		3.04		3137.95		651.55		31.48	
a0h	0.14	3.00	0.17	5.97	1694.30	56.69	82.50	13.30	19.11	63.74
a6h	0.08	1.61	0.21	7.10	1481.29	49.57	76.69	12.36	17.89	59.67
a23h	0.13	2.62	1.04	35.76	1120.43	37.49	82.85	13.35	17.36	57.90
a29h	0.17	3.60	1.37	47.32	1161.08	38.85	91.96	14.82	19.20	64.04
a46h	0.21	4.43	1.51	52.19	783.30	26.21	90.84	14.64	16.42	54.78
a53h	0.29	6.09	1.50	51.82	722.46	24.17	104.32	16.81	20.01	66.74
a70h	0.38	7.94	2.52	87.07	560.49	18.75	86.37	13.92	18.84	62.83
a77h	0.41	8.49	2.51	86.61	552.23	18.48	85.62	13.80	18.84	62.85
a94h	0.46	9.59	2.56	88.26	542.74	18.16	89.16	14.37	18.89	63.01
b0h	0.17	3.52	0.02	0.62	1478.86	49.48	67.00	10.80	18.20	60.71
b6h	0.08	1.60	0.32	11.05	1296.24	43.37	65.26	10.52	17.02	56.78
b23h	0.15	3.05	1.43	49.31	1040.30	34.81	74.52	12.01	17.81	59.40
b29h	0.16	3.23	1.58	54.63	968.26	32.40	76.41	12.31	17.69	58.99
b46h	0.23	4.69	1.91	65.82	709.88	23.75	81.46	13.13	17.44	58.16
b53h	0.30	6.20	2.03	70.08	588.14	19.68	86.78	13.98	17.16	57.24
b70h	0.40	8.33	2.05	70.87	550.62	18.42	93.51	15.07	18.34	61.18
b77h	0.41	8.48	2.26	77.93	521.82	17.46	86.23	13.90	17.06	56.91
b94h	0.44	9.09	2.34	80.86	504.54	16.88	86.13	13.88	16.51	55.08

## Annexe 4:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (%)								
<b>sans Inocul.</b>											
totaux	2.37		46.89		8.34		1204.15		68.12		209.69
0h	0.54	24.18	-0.15	-0.33	0.65	8.20	1118.43	97.53	23.15	35.68	92.32
6h	0.58	25.69	-0.40	-0.89	1.11	13.99	1132.82	98.78	35.72	55.05	92.61
23h	0.56	24.99	-0.08	-0.19	2.50	31.51	996.59	86.90	47.76	73.61	95.54
29h	0.61	26.93	-0.40	-0.89	2.52	31.70	1083.74	94.50	55.24	85.14	90.61
46h	0.64	28.22	-0.24	-0.54	2.53	31.89	1025.35	89.41	58.62	90.35	87.42
53h	0.62	27.54	-0.10	-0.22	2.55	32.10	1109.20	96.72	59.04	90.99	94.46
70h	0.64	28.37	-0.10	-0.23	2.65	33.36	1114.55	97.19	58.14	89.61	91.03
77h	0.67	29.86	-0.09	-0.19	2.82	35.52	1090.68	95.11	59.58	91.84	88.02
94h	0.58	25.87	-0.24	-0.54	3.00	37.81	1024.29	89.32	55.50	85.54	89.97
<b>10%Inoc.</b>											
totaux	2.98		61.90		10.83		1489.58		84.31		254.45
a0h	0.73	25.56	-0.51	-0.87	1.69	16.38	1287.73	90.77	42.99	53.54	91.44
a6h	0.71	25.15	-0.51	-0.86	2.36	22.93	1203.18	84.81	62.72	78.11	87.11
a23h	0.75	26.31	0.33	0.56	3.18	30.79	1086.27	76.57	62.42	77.74	89.02
a29h	0.78	27.57	0.32	0.54	3.14	30.48	1199.94	84.58	69.75	86.86	87.18
a46h	0.78	27.43	1.48	2.51	2.93	28.41	1093.61	77.09	66.73	83.10	91.69
a53h	0.89	31.23	2.52	4.28	3.12	30.22	965.09	68.03	71.81	89.42	99.01
a70h	0.80	28.33	3.48	5.90	2.06	20.01	1101.24	77.63	75.06	93.47	68.84
a77h	0.84	29.67	3.71	6.30	2.12	20.52	1122.77	79.14	76.42	95.16	67.82
a94h	0.87	30.46	3.92	6.65	1.99	19.31	1100.95	77.61	76.15	94.83	69.21
b0h	0.65	22.75	-0.34	-0.57	1.42	13.77	1182.40	83.35	51.41	64.03	68.70
b6h	0.64	22.53	-0.08	-0.13	1.93	18.67	1175.43	82.86	64.30	80.07	70.00
b23h	0.70	24.61	0.00	0.00	2.60	25.22	1147.50	80.89	71.12	88.57	71.53
b29h	0.69	24.30	0.35	0.60	2.43	23.56	1149.20	81.01	72.17	89.87	75.03
b46h	0.72	25.27	1.62	2.75	2.34	22.66	1110.38	78.27	72.93	90.83	75.61
b53h	0.75	26.44	2.59	4.39	2.33	22.62	1043.59	73.56	71.92	89.57	79.67
b70h	0.85	29.96	3.51	5.95	2.09	20.23	1002.56	70.67	70.68	88.02	80.46
b77h	0.85	29.75	3.92	6.65	2.24	21.68	1108.58	78.14	70.69	88.03	84.75
b94h	0.87	30.60	4.31	7.32	2.10	20.34	1117.69	78.79	76.85	95.71	83.66

## Annexe 4:

Effet du pourcentage d'inoculum (v/v) ajouté sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (sed.#12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>30%Inoc.</b>										
totaux			1815.3		0.38		670.69		0.15	
a0h	2.87	347	62.31	3.60	0.10	27.52	374.48	58.63	0.09	58.26
a6h	2.93	366	68.13	3.94	0.02	5.80	344.35	53.91	0.10	69.15
a23h	2.57	433	92.67	5.36	-0.01	-1.52	396.08	62.01	0.10	71.47
a29h	2.53	474	89.71	5.19	-0.04	-12.24	378.33	59.23	0.12	79.99
a46h	2.4	583	98.81	5.72	-0.05	-13.85	383.36	60.02	0.12	79.79
a53h	2.4	529	109.75	6.35	0.00	0.64	413.96	64.81	0.12	83.99
a70h	2.35	564	109.45	6.33	0.03	7.59	410.46	64.26	0.13	88.81
a77h	2.34	586	107.15	6.20	-0.03	-8.10	380.15	59.52	0.11	77.03
a94h	2.37	604	118.60	6.86	-0.04	-11.23	421.80	66.03	0.12	82.33
b0h	2.86	357	68.15	3.94	0.06	16.80	385.97	60.43	0.10	67.17
b6h	2.89	371	78.62	4.55	-0.02	-6.44	386.24	60.47	0.10	69.25
b23h	2.54	444	92.81	5.37	-0.03	-9.25	400.32	62.67	0.11	73.79
b29h	2.53	496	93.99	5.44	-0.05	-15.10	391.32	61.26	0.11	74.72
b46h	2.4	600	97.30	5.63	0.08	23.15	385.24	60.31	0.11	76.17
b53h	2.38	532	94.91	5.49	-0.02	-6.67	384.22	60.15	0.11	76.96
b70h	2.35	568	103.40	5.98	0.03	7.59	380.73	59.61	0.12	78.99
b77h	2.34	591	98.37	5.69	-0.04	-10.12	373.36	58.45	0.11	76.81
b94h	2.37	605	122.27	7.07	-0.04	-10.22	446.61	69.92	0.12	79.85

## Annexe 4:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>30%Inoc.</b>										
totaux	5.08		3.56		3296.06		593.80		33.06	
a0h	0.26	5.28	1.00	29.60	1231.36	39.23	80.49	14.23	19.13	60.77
a6h	0.24	4.90	1.24	36.53	1084.61	34.55	80.32	14.20	18.33	58.22
a23h	0.30	6.14	1.96	57.72	805.97	25.68	85.95	15.20	18.71	59.42
a29h	0.38	7.81	2.05	60.47	722.10	23.00	91.64	16.20	19.89	63.18
a46h	0.47	9.73	2.54	75.00	589.98	18.79	92.95	16.44	19.35	61.48
a53h	0.48	9.91	2.54	74.95	583.62	18.59	97.79	17.29	20.07	63.75
a70h	0.53	11.02	2.53	74.76	566.84	18.06	96.73	17.10	19.87	63.11
a77h	0.54	11.12	2.34	69.16	524.96	16.72	93.96	16.61	18.94	60.17
a94h	0.58	11.95	2.70	79.75	542.75	17.29	101.22	17.90	19.34	61.42
b0h	0.29	6.03	1.03	30.34	1175.97	37.46	82.11	14.52	20.59	65.40
b6h	0.24	5.04	1.50	44.24	1146.17	36.51	80.69	14.27	19.79	62.85
b23h	0.36	7.37	2.14	63.11	733.52	23.37	92.87	16.42	18.32	58.19
b29h	0.37	7.67	2.14	63.01	653.59	20.82	89.59	15.84	18.72	59.47
b46h	0.47	9.64	2.53	74.76	568.80	18.12	92.99	16.44	18.75	59.55
b53h	0.47	9.81	2.31	68.15	535.35	17.05	89.16	15.77	18.17	57.71
b70h	0.53	10.92	2.42	71.48	522.78	16.65	92.50	16.36	18.27	58.03
b77h	0.54	11.11	2.30	67.76	514.71	16.40	94.36	16.69	18.34	58.25
b94h	0.58	12.07	2.69	79.47	520.50	16.58	97.33	17.21	19.02	60.43

## Annexe 4:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (%)								
<b>30%Inoc.</b>											
totaux	2.90		65.47		8.02		1533.89		83.34		209.61
a0h	0.84	30.26	0.07	0.11	2.74	35.90	1343.72	91.98	70.16	88.39	76.01
a6h	0.80	29.03	0.03	0.04	1.94	25.38	1151.43	78.82	69.12	87.08	77.51
a23h	0.85	30.93	1.58	2.53	1.32	17.26	1267.10	86.74	76.56	96.45	77.47
a29h	0.91	33.02	2.45	3.93	1.11	14.49	1171.24	80.18	77.81	98.03	79.50
a46h	0.96	34.63	3.95	6.33	0.91	11.93	1208.16	82.70	76.78	96.73	75.10
a53h	0.97	35.12	4.27	6.85	0.86	11.27	1217.52	83.34	76.25	96.07	77.88
a70h	1.03	37.40	4.67	7.49	0.78	10.28	1215.30	83.19	76.34	96.18	77.20
a77h	0.99	35.70	4.13	6.62	0.73	9.54	1104.13	75.58	73.94	93.15	75.51
a94h	1.05	37.89	4.51	7.24	0.54	7.07	1217.81	83.36	80.43	101.33	77.08
b0h	0.86	31.18	0.17	0.28	2.92	38.28	1246.15	85.30	71.16	89.65	77.36
b6h	0.87	31.56	0.35	0.55	1.96	25.65	1238.97	84.81	72.26	91.03	73.34
b23h	0.87	31.47	2.00	3.21	1.16	15.13	1215.78	83.22	74.19	93.47	76.71
b29h	0.92	33.41	2.91	4.67	1.05	13.79	1175.94	80.50	72.34	91.13	79.97
b46h	0.93	33.73	4.27	6.85	0.83	10.88	1221.59	83.62	76.41	96.27	76.57
b53h	0.96	34.70	3.96	6.35	0.74	9.68	1145.84	78.44	75.97	95.71	75.87
b70h	0.95	34.45	4.20	6.73	0.70	9.14	1122.45	76.84	75.23	94.78	78.09
b77h	0.99	35.94	4.12	6.61	0.62	8.06	1141.01	78.11	75.45	95.06	76.37
b94h	1.03	37.44	4.73	7.59	0.48	6.33	1233.11	84.41	77.33	97.43	77.34

Annexe 5: Effet de l'influence de la quantité de substrat ajoutée sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd#12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3179		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)
<b>5% FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>										
Totaux			1549.04		0.42		648.25		0.14	
a0h	3.44	282.00	38.9	2.64	0.02	5.72	305.6	49.51	0.07	50.65
a10h	3.06	357.00	62.6	4.24	0.03	7.20	338.2	54.77	0.09	67.62
a22h	2.87	411.00	76.8	5.21	-0.01	-2.26	352.0	57.01	0.09	71.13
a29h	2.69	435.00	80.7	5.47	-0.02	-4.33	347.5	56.29	0.09	69.06
a46h	2.58	559.00	99.9	6.77	0.03	7.01	381.7	61.82	0.11	81.92
a53h	2.62	562.00	102.3	6.94	0.00	1.06	377.5	61.14	0.11	84.35
a70h	2.55	572.00	110.1	7.46	-0.04	-9.41	392.2	63.53	0.11	81.61
a77h	2.55	581.00	97.4	6.60	-0.03	-7.80	344.6	55.82	0.10	76.00
a94h	2.55	573.00	106.8	7.24	-0.03	-6.32	371.0	60.09	0.10	77.13
b0h	3.46	281.00	37.3	2.53	0.05	12.50	296.9	48.09	0.06	48.00
b10h	3.14	345.00	48.6	3.30	0.01	1.57	306.6	49.67	0.08	59.05
b22h	2.91	405.00	68.1	4.62	0.01	1.48	325.3	52.69	0.09	66.26
b29h	2.73	431.00	73.3	4.97	0.01	1.38	328.1	53.14	0.09	68.96
b46h	2.58	560.00	87.0	5.90	0.02	4.15	342.2	55.43	0.10	73.68
b53h	2.65	563.00	88.1	5.97	-0.02	-5.63	338.8	54.87	0.10	73.76
b70h	2.57	576.00	97.6	6.62	0.01	1.34	358.3	58.04	0.10	74.94
b77h	2.55	582.00	95.8	6.49	-0.03	-6.55	343.3	55.60	0.10	78.38
b94h	2.59	584.00	103.1	6.99	0.02	3.78	355.3	57.54	0.11	81.87
<b>10% FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>										
Totaux			1557.79		0.50		675.52		0.14	
a0h	3.42	281.00	39.8	2.68	0.02	4.04	295.9	45.99	0.06	48.69
a10h	3.09	343.00	51.4	3.46	-0.02	-3.45	308.6	47.97	0.08	62.37
a22h	2.91	391.00	72.2	4.87	0.03	6.71	336.9	52.36	0.09	65.83
a29h	2.71	412.00	77.4	5.21	0.01	1.10	326.6	50.76	0.09	68.37
a46h	2.50	559.00	90.0	6.07	-0.01	-3.10	342.2	53.19	0.10	73.82
a53h	2.53	570.00	92.5	6.23	-0.04	-8.67	334.1	51.92	0.10	73.53
a70h	2.45	585.00	101.9	6.87	-0.03	-6.90	343.1	53.33	0.10	77.48
a77h	2.43	577.00	117.9	7.95	-0.03	-5.92	342.2	53.19	0.10	76.86
a94h	2.45	588.00	105.8	7.13	-0.04	-7.41	346.5	53.85	0.10	80.38
b0h	3.42	276.00	42.5	2.87	0.05	10.04	304.3	47.31	0.07	52.50
b10h	3.09	339.00	51.3	3.46	-0.03	-7.37	300.9	46.78	0.08	59.77
b22h	2.89	389.00	79.6	5.37	0.05	10.00	336.3	52.27	0.11	82.51
b29h	2.71	411.00	79.4	5.35	0.03	7.14	338.6	52.63	0.10	74.92
b46h	2.48	561.00	92.8	6.25	-0.02	-4.35	355.4	55.23	0.10	75.07
a53h	2.51	576.00	98.6	6.64	0.00	0.12	355.3	55.22	0.10	79.41
b70h	2.43	586.00	101.9	6.87	-0.04	-7.92	355.3	55.23	0.10	76.77
b77h	2.43	581.00	110.1	7.42	-0.02	-4.08	380.2	59.10	0.11	84.75
b94h	2.47	594.00	111.9	7.54	-0.04	-7.84	389.4	60.53	0.11	84.13

## Annexe 5:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)								
<b>5% FeSO4.7H2O</b>										
Totaux	4.84		3.00		2241.45		588.96		25.98	
a0h	0.09	2.00	0.15	5.17	618.5	28.97	61.8	11.02	15.18	61.37
a10h	0.09	1.91	0.94	32.79	459.2	21.51	71.6	12.76	15.68	63.39
a22h	0.11	2.30	1.57	54.89	267.2	12.52	81.5	14.53	15.90	64.29
a29h	0.13	2.90	1.72	60.21	199.5	9.35	80.2	14.29	15.42	62.34
a46h	0.24	5.23	2.26	79.06	142.0	6.65	91.3	16.29	16.51	66.73
a53h	0.26	5.59	2.37	83.18	148.0	6.93	91.7	16.34	17.47	70.61
a70h	0.31	6.65	2.45	86.00	123.4	5.78	94.9	16.92	16.91	68.35
a77h	0.26	5.55	2.15	75.53	81.8	3.83	83.3	14.86	15.34	62.01
a94h	0.30	6.57	2.34	82.11	91.6	4.29	90.2	16.09	16.36	66.11
b0h	0.08	1.81	0.14	5.05	582.1	27.27	59.4	10.60	14.34	57.95
b10h	0.06	1.30	0.59	20.57	453.2	21.23	66.8	11.91	14.78	59.73
b22h	0.08	1.78	1.26	44.18	280.5	13.14	76.2	13.58	15.17	61.33
b29h	0.10	2.28	1.52	53.11	209.0	9.79	77.1	13.75	14.94	60.37
b46h	0.19	4.13	1.99	69.79	102.1	4.78	83.0	14.79	15.34	62.02
b53h	0.20	4.38	2.05	71.72	92.4	4.33	80.7	14.39	14.74	59.60
b70h	0.25	5.52	2.22	77.76	88.3	4.14	86.0	15.33	15.99	64.62
b77h	0.26	5.73	2.18	76.51	83.8	3.93	85.6	15.26	15.52	62.72
b94h	0.30	6.49	2.24	78.42	83.8	3.92	90.2	16.09	16.38	66.21
<b>10% FeSO4.7H2O</b>										
Totaux	4.78		3.00		2500.20		564.22		26.76	
a0h	0.08	1.78	0.17	5.85	823.8	34.60	61.1	11.38	15.90	62.38
a10h	0.05	1.01	0.59	20.52	698.2	29.32	66.1	12.30	15.97	62.66
a22h	0.11	2.43	1.28	44.94	528.1	22.18	75.8	14.10	16.18	63.50
a29h	0.12	2.65	1.51	52.75	450.8	18.93	76.6	14.25	16.32	64.03
a46h	0.18	3.88	2.00	70.23	248.5	10.44	78.7	14.64	15.55	61.03
a53h	0.32	7.06	2.06	72.12	219.7	9.23	80.9	15.06	16.28	63.88
a70h	0.32	7.00	2.23	77.98	224.3	9.42	86.9	16.18	17.34	68.05
a77h	0.37	8.13	2.24	78.39	249.4	10.47	91.1	16.96	17.47	68.54
a94h	0.36	7.88	2.29	80.09	207.0	8.69	87.9	16.35	17.49	68.62
b0h	0.10	2.21	0.22	7.86	868.7	36.48	62.1	11.56	16.27	63.82
b10h	0.04	0.98	0.56	19.71	750.1	31.50	67.7	12.61	16.60	65.13
b22h	0.12	2.57	1.43	50.20	589.1	24.74	77.3	14.39	17.23	67.60
b29h	0.13	2.86	1.59	55.56	490.8	20.61	79.2	14.74	16.79	65.88
b46h	0.21	4.69	2.10	73.46	273.3	11.48	84.9	15.81	16.66	65.37
a53h	0.26	5.68	2.20	77.20	252.0	10.58	86.8	16.16	17.16	67.32
b70h	0.30	6.64	2.23	78.32	224.5	9.43	85.1	15.84	17.11	67.15
b77h	0.35	7.58	2.42	84.66	247.2	10.38	98.0	18.24	18.13	71.12
b94h	0.38	8.44	2.34	81.90	237.1	9.96	97.2	18.08	18.08	70.95

Annexe 5:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>5% FeSO4.7H2O</b>											
Totaux	2.60		61.29		8.06		964.17		80.24		269.56
a0h	0.46	18.49	-0.16	-0.28	1.14	14.83	725.1	78.96	59.00	77.20	59.2
a10h	0.49	19.68	0.68	1.17	1.74	22.62	725.9	79.05	66.93	87.57	55.8
a22h	0.52	20.98	0.15	0.25	1.67	21.79	706.3	76.92	68.44	89.55	55.6
a29h	0.51	20.54	0.02	0.03	1.72	22.38	683.2	74.40	67.60	88.46	57.6
a46h	0.59	23.98	1.39	2.38	2.27	29.55	689.7	75.11	72.49	94.85	57.7
a53h	0.63	25.36	1.20	2.06	1.99	25.97	761.7	82.95	74.66	97.69	59.1
a70h	0.67	26.94	1.10	1.89	2.10	27.38	729.3	79.43	74.42	97.38	54.4
a77h	0.60	24.37	0.27	0.46	1.67	21.72	660.2	71.90	66.25	86.69	53.6
a94h	0.65	26.33	0.43	0.74	1.72	22.37	725.7	79.03	72.37	94.69	68.2
b0h	0.44	17.91	-0.25	-0.43	1.04	13.61	700.7	76.31	57.08	74.69	59.0
b10h	0.45	18.11	-0.11	-0.19	1.33	17.32	694.3	75.62	61.74	80.78	57.2
b22h	0.47	19.06	-0.09	-0.15	1.69	22.07	670.1	72.98	66.50	87.02	54.6
b29h	0.48	19.23	0.10	0.18	1.76	22.94	655.1	71.35	65.13	85.22	56.7
b46h	0.53	21.57	0.25	0.44	1.92	25.04	645.5	70.29	66.30	86.76	56.3
b53h	0.56	22.50	0.35	0.60	1.80	23.46	635.0	69.15	65.31	85.46	57.7
b70h	0.61	24.69	0.41	0.70	1.77	23.07	672.8	73.27	68.52	89.66	52.5
b77h	0.60	24.24	0.27	0.47	1.71	22.28	665.1	72.43	68.31	89.39	51.8
b94h	0.66	26.79	0.33	0.56	1.64	21.33	670.7	73.04	67.01	87.68	56.3
<b>10% FeSO4.7H2O</b>											
Totaux	2.57		61.28		7.68		1113.76		80.39		214.43
a0h	0.51	20.99	-0.23	-0.39	1.19	16.30	853.1	80.43	58.99	77.05	56.5
a10h	0.51	20.95	-0.33	-0.56	1.42	19.46	819.8	77.28	62.12	81.14	54.8
a22h	0.55	22.42	0.45	0.77	1.72	23.53	816.8	77.01	67.77	88.51	54.4
a29h	0.55	22.50	0.03	0.05	1.62	22.10	803.3	75.73	65.69	85.79	56.5
a46h	0.60	24.31	0.73	1.25	1.82	24.95	785.1	74.01	68.52	89.49	57.2
a53h	0.68	27.57	0.90	1.55	1.74	23.82	753.8	71.06	65.93	86.10	60.3
a70h	0.68	27.70	1.09	1.87	1.61	22.02	794.0	74.85	67.73	88.45	53.7
a77h	0.72	29.35	1.59	2.73	1.63	22.31	790.6	74.53	68.77	89.82	54.6
a94h	0.72	29.51	0.95	1.63	1.51	20.64	797.5	75.18	71.14	92.92	53.8
b0h	0.52	21.05	-0.21	-0.35	1.19	16.26	872.8	82.28	59.99	78.35	54.4
b10h	0.53	21.66	-0.37	-0.64	1.38	18.88	836.2	78.84	61.93	80.88	55.4
b22h	0.60	24.53	0.06	0.10	1.68	23.02	835.5	78.77	67.69	88.41	56.3
b29h	0.58	23.54	0.06	0.10	1.72	23.46	825.6	77.83	66.65	87.05	56.2
b46h	0.62	25.39	0.96	1.64	1.80	24.63	813.9	76.73	70.73	92.38	56.5
a53h	0.66	26.97	1.01	1.74	1.69	23.11	806.2	76.00	71.31	93.13	56.8
b70h	0.68	27.95	1.00	1.71	1.60	21.94	800.0	75.42	68.64	89.65	55.2
b77h	0.75	30.66	1.10	1.88	1.71	23.38	851.6	80.28	75.87	99.09	55.2
b94h	0.79	32.28	1.19	2.05	1.67	22.79	880.9	83.04	75.06	98.03	56.8

Annexe 5: Effet de l'influence de la quantité de substrat ajoutée sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd#12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3179		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)
<b>20%FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>										
Totaux			1220.46		0.44		639.53		0.14	
0h	3.36	272.00	46.6	4.01	0.03	6.73	328.5	53.94	0.07	53.59
10h	2.96	347.00	64.6	5.56	-0.00	-0.76	333.1	54.68	0.09	64.07
22h	2.79	386.00	82.0	7.05	-0.06	-14.67	364.1	59.78	0.10	69.40
29h	2.64	401.00	79.4	6.83	0.03	7.53	360.6	59.21	0.10	70.59
46h	2.43	492.00	97.7	8.40	-0.01	-1.20	352.9	57.95	0.12	85.97
48,5h*	1.62	543.00	114.4	9.84	0.05	11.19	361.4	59.34	0.10	72.07
53h	1.68	541.00	119.6	10.29	0.09	20.86	372.6	61.18	0.11	76.97
70h	1.66	544.00	140.4	12.08	0.12	29.65	375.7	61.69	0.11	78.73
77h	1.67	540.00	136.6	11.75	0.10	24.96	357.9	58.76	0.11	79.27
94h	1.67	-	144.1	12.40	0.08	18.46	364.6	59.87	0.11	79.67
<b>30%FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>										
Totaux			1533.27		0.42		636.05		0.14	
a0h	3.34	271.00	46.6	3.19	0.09	21.72	311.1	51.35	0.07	49.14
a10h	3.03	332.00	61.1	4.19	0.03	8.60	331.3	54.69	0.09	67.32
a22h	2.77	379.00	78.9	5.40	0.03	6.32	349.1	57.62	0.09	71.76
a29h	2.64	391.00	81.6	5.58	-0.07	-18.55	338.3	55.85	0.10	72.22
a46h	2.43	462.00	89.0	6.09	0.01	2.98	349.4	57.68	0.10	73.53
a53h	2.41	548.00	93.8	6.42	-0.02	-5.35	355.8	58.73	0.10	72.78
a70h	2.28	594.00	116.0	7.94	0.06	14.56	372.0	61.41	0.13	101.32
a77h	2.28	591.00	111.1	7.61	-0.00	-0.74	368.9	60.89	0.11	81.17
a94h	2.29	603.00	106.9	7.32	-0.01	-3.44	365.9	60.40	0.10	75.63
b0h	3.37	266.00	48.7	3.34	0.08	20.23	312.2	51.54	0.07	53.47
b10h	2.92	342.00	68.3	4.68	0.06	14.14	339.4	56.03	0.09	71.36
b22h	2.76	382.00	72.1	4.93	-0.03	-7.49	318.5	52.57	0.09	64.28
b29h	2.64	393.00	82.5	5.65	-0.05	-13.67	348.6	57.55	0.09	71.51
b46h	2.43	462.00	99.9	6.84	-0.02	-4.74	372.7	61.53	0.11	82.34
b53h	2.41	542.00	99.5	6.82	-0.00	-0.79	378.2	62.43	0.11	79.93
b70h	2.28	594.00	116.27	7.96	0.01	3.58	367.02	60.59	0.12	88.31
b77h	2.28	594.00	218.87	14.99	1.02	256.19	181.87	30.02	1.00	755.90
b94h	2.29	604.00	131.61	9.01	0.02	6.21	388.44	64.12	0.12	89.09
<b>0%FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>										
totaux			1102.62		0.30		493.58		0.13	
0h	3.49	293.00	121.32	11.55	0.03	10.75	377.20	80.24	0.13	100.00
10h	3.16	380.00	60.39	5.75	-0.02	-6.97	347.76	73.98	0.10	81.13
22h	3.11	468.00	69.43	6.61	0.00	1.30	381.60	81.18	0.11	92.21
29h	3.03	463.00	68.31	6.51	-0.04	-14.67	364.03	77.44	0.11	89.00
46h	2.96	521.00	78.78	7.50	-0.01	-4.21	370.74	78.87	0.11	95.81
53h	2.97	553.00	78.81	7.50	0.02	6.75	378.69	80.56	0.12	96.77
70h	2.90	568.00	85.46	8.14	0.01	3.34	383.65	81.61	0.12	97.83
77h	2.84	545.00	90.26	8.60	0.03	9.58	401.65	85.44	0.12	100.00
94h	2.90	-	87.41	8.32	-0.05	-16.12	378.06	80.42	0.12	100.00
<b>5%FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>										
essai2										
Totaux			2026.16		-0.35		651.13		0.14	
0h	3.68	239.00	31.34	1.62	-0.15	45.05	222.73	35.92	0.01	8.62
3h	3.91	262.00	25.27	1.31	-0.18	55.07	254.36	41.02	0.01	4.82
9h	3.60	276.00	31.52	1.63	-0.13	37.59	267.63	43.16	0.08	60.22
21h	3.07	356.00	53.60	2.78	-0.04	11.41	296.49	47.81	0.10	73.01
28h	3.05	376.00	55.44	2.87	-0.04	12.66	312.82	50.44	0.10	73.67
45h	2.71	486.00	71.47	3.70	-0.03	9.71	340.35	54.88	0.23	170.49
48h*	1.78	545.00	104.86	5.43	-0.01	3.45	348.13	56.14	0.15	111.76
52h*	1.85	542.00	112.11	5.81	-0.06	16.72	342.34	55.20	0.12	90.56
69h*	1.86	536.00	126.86	6.57	-0.14	41.30	358.71	57.85	0.12	91.69
76h*	1.86	534.00	126.89	6.58	-0.11	33.74	359.92	58.04	0.11	85.47
97h*	1.90	526.00	140.96	7.30	-0.13	40.20	375.82	60.60	0.12	92.19

\*acid. a 46 h

## Annexe 5:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol	Moyenne	%Sol	Moyenne	%Sol	Moyenne	%Sol	Moyenne	%Sol
	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
<b>20%FeSO4.7H2O</b>										
Totaux	4.52		2.86		3004.79		497.31		28.13	
0h	0.15	3.49	0.33	12.16	1539.6	53.80	65.0	13.73	19.79	73.90
10h	0.12	2.73	0.99	36.52	1389.0	48.54	70.1	14.79	20.20	75.40
22h	0.16	3.72	1.53	56.12	1230.3	42.99	83.3	17.59	21.39	79.84
29h	0.20	4.64	1.62	59.38	1154.8	40.35	83.4	17.61	20.54	76.67
46h	0.29	6.70	1.99	73.01	770.2	26.92	88.7	18.73	19.60	73.18
48,5h*	0.75	17.41	2.13	78.09	1512.6	52.86	89.9	18.98	19.46	72.67
53h	0.93	21.70	2.23	82.08	1727.9	60.38	93.8	19.81	19.94	74.44
70h	1.08	25.05	2.41	88.49	1843.1	64.41	101.6	21.46	20.71	77.33
77h	1.07	24.84	2.30	84.48	1740.8	60.83	97.9	20.68	19.66	73.40
94h	1.12	25.97	2.37	86.90	1772.3	61.93	102.4	21.62	20.00	74.65
<b>30%FeSO4.7H2O</b>										
Totaux	4.75		3.11		3365.50		526.28		32.32	
a0h	0.17	3.76	0.24	8.23	1881.0	58.68	68.0	13.57	20.67	67.17
a10h	0.21	4.64	0.72	24.46	1819.4	56.76	70.8	14.13	21.54	69.99
a22h	0.18	3.97	1.39	47.04	1619.8	50.54	79.6	15.88	22.47	72.99
a29h	0.20	4.47	1.55	52.20	1532.8	47.82	76.0	15.17	21.74	70.63
a46h	0.27	5.87	1.80	60.96	1174.3	36.64	82.1	16.38	21.35	69.36
a53h	0.33	7.22	1.94	65.54	1008.7	31.47	89.5	17.86	21.58	70.12
a70h	0.49	10.89	2.41	81.55	976.0	30.45	96.6	19.27	23.22	75.43
a77h	0.44	9.70	2.27	76.56	902.7	28.16	90.4	18.03	21.95	71.32
a94h	0.51	11.26	2.24	75.59	878.4	27.41	90.9	18.14	22.10	71.81
b0h	0.17	3.66	0.33	11.09	1880.9	58.68	66.9	13.34	21.67	70.40
b10h	0.15	3.22	0.97	32.87	1838.0	57.34	72.3	14.42	21.96	71.36
b22h	0.21	4.74	1.34	45.16	1514.1	47.24	72.4	14.45	19.84	64.46
b29h	0.24	5.20	1.62	54.79	1519.4	47.40	82.1	16.38	22.03	71.57
b46h	0.33	7.34	2.00	67.66	1282.1	40.00	92.7	18.50	23.31	75.74
b53h	0.36	7.87	2.16	72.94	1076.7	33.59	88.9	17.73	22.54	73.22
b70h	0.41	9.07	2.52	85.19	945.32	29.49	91.82	18.32	23.17	75.28
b77h	1.94	42.98	5.12	172.80	176.69	5.51	110.87	22.12	5.32	17.27
b94h	0.53	11.62	2.72	91.74	934.22	29.15	96.12	19.18	23.72	77.07
<b>0%FeSO4.7H2O</b>										
totaux	4.15		2.25		2696.58		455.17		25.13	
0h	0.43	10.97	2.58	100.00	931.96	36.29	94.65	21.83	23.12	96.62
10h	0.04	0.93	1.13	52.73	164.32	6.40	77.81	17.95	14.89	62.21
22h	0.05	1.37	1.66	77.61	38.92	1.52	89.15	20.56	14.91	62.31
29h	0.05	1.35	1.58	73.72	13.79	0.54	89.99	20.76	14.41	60.19
46h	0.10	2.53	1.82	84.77	18.30	0.71	95.20	21.96	15.58	65.10
53h	0.11	2.83	1.83	85.54	15.65	0.61	95.47	22.02	15.17	63.37
70h	0.12	3.01	2.04	95.17	19.68	0.77	97.29	22.44	15.40	64.36
77h	0.14	3.51	2.14	99.89	30.35	1.18	94.64	21.83	14.84	61.99
94h	0.15	3.82	2.08	97.01	31.38	1.22	99.79	23.02	15.43	64.48
<b>5%FeSO4.7H2O</b>										
essai2										
Totaux	5.45		3.26		1905.74		536.67		25.49	
0h	0.01	0.26	-0.02	-0.62	15.17	0.84	1.55	0.30	0.46	1.89
3h	0.00	0.09	0.13	4.06	6.34	0.35	0.94	0.18	0.10	0.43
9h	0.05	0.93	0.17	5.58	458.00	25.23	60.47	11.83	12.96	53.38
21h	0.05	1.05	0.90	29.06	283.29	15.61	67.17	13.14	13.48	55.51
28h	0.05	0.90	1.02	32.94	197.69	10.89	75.43	14.76	13.55	55.82
45h	0.09	1.82	1.57	50.57	52.29	2.88	83.55	16.35	13.82	56.92
48h*	0.52	9.94	1.99	64.05	453.09	24.96	86.68	16.96	13.77	56.73
52h*	0.61	11.83	2.04	65.56	525.23	28.94	89.35	17.48	14.09	58.05
69h*	0.76	14.73	2.19	70.58	589.47	32.48	97.87	19.15	14.98	61.70
76h*	0.78	15.02	2.20	70.79	585.39	32.25	95.62	18.71	14.57	60.00
97h*	0.85	16.43	2.33	74.96	612.92	33.77	102.75	20.10	15.07	62.06

\*acid. a 46 h

## Annexe 5:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>20%FeSO4.7H2O</b>											
Totaux	2.56		58.11		5.30		1462.46		82.10		217.17
0h	0.73	30.01	-0.12	-0.22	1.67	33.18	1253.7	90.01	64.65	82.68	58.6
10h	0.74	30.18	-0.41	-0.75	1.63	32.39	1251.2	89.83	68.07	87.06	59.2
22h	0.81	33.04	0.05	0.10	1.75	34.69	1238.3	88.90	72.80	93.10	60.7
29h	0.79	32.27	0.03	0.05	1.74	34.42	1217.9	87.44	71.08	90.91	61.6
46h	0.80	32.75	1.87	3.38	1.55	30.77	1120.5	80.45	70.07	89.61	64.8
48,5h*	0.83	33.85	19.00	34.33	3.00	59.38	1176.4	84.46	68.61	87.75	89.4
53h	0.85	34.97	23.63	42.69	3.01	59.73	1229.6	88.28	70.35	89.96	89.0
70h	0.90	37.08	26.29	47.49	3.08	61.10	1257.6	90.29	71.75	91.75	86.0
77h	0.87	35.46	24.37	44.03	2.89	57.30	1219.5	87.56	68.92	88.14	85.6
94h	0.88	36.24	25.18	45.49	2.93	58.10	1203.6	86.41	70.45	90.09	83.7
<b>30%FeSO4.7H2O</b>											
Totaux	2.75		58.32		9.12		1664.32		81.77		221.39
a0h	0.81	31.06	0.01	0.02	1.61	18.57	1451.6	91.58	64.02	82.20	62.4
a10h	0.85	32.40	0.01	0.02	1.70	19.63	1498.3	94.53	67.63	86.85	60.7
a22h	0.90	34.48	0.13	0.24	1.66	19.09	1503.0	94.82	73.64	94.56	60.4
a29h	0.85	32.46	0.20	0.35	1.56	18.00	1421.4	89.68	70.96	91.12	62.5
a46h	0.89	34.15	1.70	3.07	1.34	15.46	1385.5	87.41	70.67	90.75	62.1
a53h	0.91	34.85	2.82	5.08	1.30	14.97	1342.6	84.70	71.87	92.28	63.2
a70h	1.04	39.70	4.67	8.41	1.48	17.08	1362.1	85.93	75.08	96.41	66.2
a77h	0.99	37.88	4.84	8.72	1.20	13.87	1359.7	85.78	73.45	94.32	62.3
a94h	1.00	38.14	5.05	9.09	1.18	13.61	1362.5	85.96	73.62	94.54	61.8
b0h	0.81	31.05	-0.02	-0.03	1.50	17.29	1475.9	93.11	64.71	83.10	60.2
b10h	0.87	33.18	-0.41	-0.74	1.78	20.49	1552.9	97.97	73.02	93.76	61.2
b22h	0.83	31.65	-0.10	-0.19	1.40	16.15	1346.8	84.97	66.41	85.27	62.3
b29h	0.88	33.50	0.18	0.32	1.60	18.42	1455.0	91.79	72.03	92.49	66.3
b46h	0.98	37.33	2.01	3.61	1.41	16.20	1466.7	92.53	77.76	99.84	63.0
b53h	0.93	35.69	3.22	5.79	1.42	16.34	1401.5	88.42	74.16	95.22	66.1
b70h	0.99	37.69	4.80	8.64	1.27	14.68	1354.00	85.42	74.06	95.10	65.95
b77h	0.98	37.31	4.21	7.59	2.00	23.03	96.09	6.06	5.46	7.01	158.29
b94h	1.04	39.64	5.82	10.47	1.15	13.26	1401.21	88.40	77.70	99.78	67.58
<b>0%FeSO4.7H2O</b>											
totaux	2.37		46.89		8.34		1204.15		68.12		209.69
0h	0.98	43.72	4.89	10.96	1.25	15.75	1398.27	100.00	75.34	116.13	62.25
10h	0.47	20.78	0.02	0.05	1.54	19.36	591.84	51.61	68.58	105.71	59.25
22h	0.49	21.56	0.05	0.11	1.78	22.37	576.37	50.26	69.39	106.95	58.83
29h	0.47	21.07	0.08	0.18	1.90	23.97	546.99	47.70	67.00	103.27	64.50
46h	0.56	24.69	0.18	0.41	2.11	26.51	561.69	48.98	67.44	103.95	64.63
53h	0.55	24.62	0.15	0.35	1.99	25.02	585.75	51.08	67.73	104.40	67.08
70h	0.60	26.84	0.19	0.43	2.23	28.08	598.08	52.15	70.58	108.79	63.30
77h	0.60	26.65	0.41	0.92	2.21	27.76	607.76	53.00	71.02	109.47	62.71
94h	0.63	27.84	0.43	0.97	2.32	29.19	599.84	52.31	72.87	112.32	66.53
<b>5%FeSO4.7H2O</b>											
essai2											
Totaux	2.38		53.13		9.16		456.93		76.15		13.95
0h	0.00	0.11	-0.54	-1.06	0.49	5.63	523.51	120.30	32.43	44.72	1.93
3h	0.01	0.40	-0.82	-1.61	-0.03	-0.29	547.92	125.91	45.75	63.08	1.08
9h	0.39	17.14	-0.60	-1.19	0.86	9.85	548.91	126.14	56.89	78.44	0.60
21h	0.42	18.60	-0.18	-0.36	1.99	22.76	528.26	121.39	65.64	90.50	1.72
28h	0.43	19.17	-0.24	-0.48	2.02	23.16	490.20	112.65	65.65	90.52	-0.21
45h	0.50	22.08	0.06	0.11	2.88	33.03	519.85	119.46	69.35	95.63	5.94
48h*	0.52	22.80	7.85	15.52	5.97	68.45	518.48	119.14	64.24	88.58	21.92
52h*	0.56	24.68	8.82	17.44	6.01	68.94	534.96	122.93	66.03	91.05	21.56
69h*	0.61	27.08	9.20	18.18	6.29	72.06	573.47	131.78	69.70	96.11	21.44
76h*	0.62	27.28	8.67	17.14	6.00	68.82	557.68	128.15	66.33	91.47	21.89
97h*	0.64	28.02	9.03	17.85	6.25	71.65	578.31	132.89	71.41	98.46	22.20

\*acid. a 46 h

## Annexe 6:

Effet de l'ajout de différentes quantités d'azote (mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/10.5g séd sec)  
sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments  
du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>0 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>										
Totaux			2045.50		0.48		667.11		0.16	
0h	3.22	292	61.19	3.14	0.02	5.35	310.61	48.89	0.05	36.01
5h	3.10	322	77.12	3.96	0.01	1.74	332.58	52.35	0.09	59.72
22h	2.73	376	93.93	4.82	-0.04	-7.86	365.97	57.60	0.10	64.34
32h	2.60	404	101.01	5.19	-0.01	-1.09	371.95	58.54	0.11	69.92
51h	2.36	540	113.18	5.81	-0.05	-10.02	387.19	60.94	0.11	71.19
59h	2.33	580	111.62	5.73	-0.03	-6.24	373.77	58.83	0.11	70.37
74h	2.34	589	116.17	5.96	-0.05	-11.38	371.35	58.45	0.11	71.07
81h	2.34	595	117.77	6.05	-0.03	-5.91	363.56	57.22	0.11	75.07
<b>20 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>										
Totaux			2006.52		0.42		637.88		0.50	
a0h	3.24	290	53.95	2.82	0.03	6.31	286.88	47.22	0.05	10.47
a5h	3.34	301	56.41	2.95	-0.01	-2.78	303.04	49.88	0.07	14.68
a22h	2.75	375	79.65	4.17	-0.02	-5.12	324.94	53.49	0.09	18.67
a32h	2.6	403	86.44	4.52	-0.06	-15.63	335.35	55.20	0.10	20.08
a51h	2.38	541	87.57	4.58	-0.03	-8.51	326.39	53.73	0.10	20.32
a59h	2.33	583	104.02	5.44	-0.01	-1.86	352.54	58.03	0.10	19.85
a74h	2.34	593	102.57	5.37	-0.02	-4.58	338.51	55.72	0.11	22.69
a81h	2.34	600	120.15	6.29	-0.02	-4.20	376.19	61.92	0.11	22.79
a96h	2.29	623	117.92	6.17	-0.03	-7.29	357.52	58.85	0.11	22.37
b5h	3.43	298	52.66	2.76	-0.02	-4.00	269.00	44.28	0.07	14.11
b22h	2.71	381	75.98	3.98	-0.01	-2.75	323.91	53.32	0.09	19.24
b32h	2.59	407	90.51	4.74	0.01	1.76	351.98	57.94	0.09	18.65
b51h	2.36	569	99.76	5.22	-0.05	-11.73	356.25	58.64	0.10	20.36
b59h	2.33	584	101.50	5.31	-0.01	-2.98	343.74	56.58	0.10	21.58
b74h	2.34	595	108.52	5.68	-0.03	-6.37	355.48	58.52	0.10	21.16
b81h	2.34	601	109.10	5.71	0.02	3.83	342.77	56.42	0.10	21.58
b96h	2.3	624	115.03	6.02	-0.00	-0.13	353.22	58.14	0.10	21.55

## Annexe 6:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>0 mg NH4+</b>										
Totaux	5.25		3.60		2953.13		569.29		31.29	
0h	0.30	5.91	0.11	3.08	1422.27	50.57	63.14	11.65	20.08	67.38
5h	0.14	2.77	0.74	21.45	1403.97	49.92	71.20	13.13	21.80	73.16
22h	0.17	3.31	1.61	46.83	1130.49	40.19	86.47	15.95	21.83	73.24
32h	0.20	4.07	1.82	53.08	957.36	34.04	91.58	16.89	20.96	70.31
51h	0.30	5.91	2.29	66.67	647.38	23.02	101.01	18.63	21.86	73.34
59h	0.32	6.43	2.24	65.29	569.79	20.26	98.89	18.24	20.71	69.48
74h	0.37	7.32	2.34	68.28	520.73	18.51	97.56	17.99	20.59	69.09
81h	0.42	8.34	2.30	67.13	519.41	18.47	100.14	18.47	20.46	68.64
<b>20 mg NH4+</b>										
Totaux	4.94		3.48		2902.30		547.44		31.23	
a0h	0.26	5.58	0.06	1.75	1374.39	49.72	60.92	11.68	18.66	62.75
a5h	0.13	2.75	0.27	8.08	1374.96	49.74	67.29	12.91	19.84	66.70
a22h	0.12	2.62	1.25	37.65	1021.24	36.95	74.31	14.25	18.39	61.84
a32h	0.17	3.55	1.54	46.37	909.65	32.91	84.41	16.19	18.24	61.32
a51h	0.24	5.07	1.76	52.93	581.58	21.04	88.29	16.93	18.60	62.55
a59h	0.30	6.36	1.95	58.73	556.74	20.14	94.00	18.03	19.56	65.76
a74h	0.37	7.94	1.97	59.47	521.63	18.87	97.68	18.74	20.06	67.44
a81h	0.41	8.72	2.32	70.08	534.56	19.34	98.83	18.95	20.77	69.83
a96h	0.45	9.63	2.20	66.29	513.63	18.58	94.95	18.21	20.63	69.37
b5h	0.17	3.60	0.29	8.83	1184.13	42.84	59.42	11.40	16.50	55.49
b22h	0.12	2.54	1.22	36.81	1054.99	38.17	78.67	15.09	19.72	66.32
b32h	0.19	4.00	1.69	50.99	877.78	31.76	86.52	16.60	18.48	62.14
b51h	0.28	5.92	1.95	58.81	579.36	20.96	89.31	17.13	19.27	64.81
b59h	0.31	6.63	2.05	61.78	539.74	19.53	91.71	17.59	19.09	64.20
b74h	0.39	8.26	2.11	63.50	533.09	19.29	93.53	17.94	19.54	65.69
b81h	0.41	8.82	2.09	63.07	512.96	18.56	94.84	18.19	19.63	66.00
b96h	0.45	9.58	2.10	63.36	519.48	18.79	99.46	19.08	19.89	66.88

## Annexe 6:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>0 mg NH4+</b>										
Totaux	2.81		47.74		10.53		1463.33		85.25	
0h	0.67	25.05	-0.59	-1.30	1.12	11.12	1310.50	94.03	56.65	69.78
5h	0.73	27.36	-0.57	-1.25	1.27	12.66	1381.72	99.14	74.26	91.46
22h	0.76	28.33	-0.06	-0.14	1.29	12.88	1292.76	92.76	74.97	92.33
32h	0.75	27.87	0.05	0.10	1.03	10.27	1268.73	91.04	73.83	90.93
51h	0.81	30.30	2.13	4.68	0.94	9.33	1259.89	90.40	78.72	96.95
59h	0.82	30.70	2.61	5.74	0.80	8.01	1171.15	84.03	74.39	91.62
74h	0.85	31.82	3.18	7.00	0.69	6.86	1181.92	84.81	73.73	90.81
81h	0.88	32.81	3.34	7.34	0.66	6.59	1170.40	83.98	74.68	91.97
<b>20 mg NH4+</b>										
Totaux	2.72		58.77		5.12		1495.87		86.63	
a0h	0.65	25.03	-0.59	-1.06	1.21	24.93	1284.01	90.13	56.09	67.98
a5h	0.67	26.04	-0.31	-0.56	1.03	21.07	1291.42	90.65	66.18	80.21
a22h	0.71	27.46	-0.19	-0.35	1.27	26.05	1210.58	84.97	65.48	79.37
a32h	0.72	27.64	0.09	0.17	1.20	24.64	1239.54	87.01	68.93	83.55
a51h	0.73	28.09	1.88	3.36	1.07	21.86	1149.94	80.72	68.83	83.43
a59h	0.74	28.41	2.60	4.64	1.03	21.11	1141.98	80.16	70.45	85.39
a74h	0.84	32.52	3.20	5.71	1.13	23.18	1102.16	77.36	74.14	89.87
a81h	0.90	34.67	3.75	6.70	0.92	18.83	1260.90	88.51	74.21	89.94
a96h	0.87	33.45	3.66	6.53	0.72	14.74	1169.72	82.11	73.46	89.04
b5h	0.61	23.74	-0.21	-0.38	0.86	17.64	1158.20	81.30	57.64	69.86
b22h	0.72	27.92	0.01	0.02	1.35	27.67	1199.24	84.18	66.47	80.57
b32h	0.68	26.39	0.40	0.71	1.30	26.72	1226.00	86.06	69.31	84.01
b51h	0.73	28.25	2.27	4.05	1.09	22.37	1164.05	81.71	65.20	79.03
b59h	0.76	29.54	2.88	5.14	1.11	22.79	1136.78	79.79	67.08	81.30
b74h	0.86	33.05	3.60	6.42	1.19	24.39	1204.00	84.51	71.37	86.51
b81h	0.84	32.44	3.67	6.56	1.05	21.58	1180.40	82.86	72.90	88.36
b96h	0.87	33.52	3.83	6.84	1.04	21.26	1200.12	84.24	69.03	83.67

## Annexe 6:

Effet de l'ajout de différentes quantités d'azote (mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/10.5g séd sec) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>50 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>			1927.89		0.45		674.05		0.15	
Totaux										
a0h	3.24	290	54.65	2.98	-0.01	-2.80	288.85	45.00	0.05	34.27
a5h	3.45	298	48.52	2.64	0.01	3.24	254.61	39.66	0.07	50.45
a22h	2.69	384	77.58	4.23	-0.06	-13.28	305.77	47.63	0.10	69.60
a32h	2.59	407	77.11	4.20	-0.01	-2.80	301.28	46.93	0.09	62.72
a51h	2.38	573	101.71	5.54	-0.01	-1.89	358.43	55.83	0.10	72.02
a59h	2.33	584	91.97	5.01	-0.06	-13.28	337.90	52.64	0.10	70.04
a74h	2.34	595	101.49	5.53	-0.07	-15.83	339.96	52.96	0.10	69.83
a81h	2.34	600	95.87	5.22	0.01	3.15	324.33	50.52	0.10	69.64
a96h	2.3	625	110.93	6.04	-0.03	-6.80	356.47	55.53	0.11	79.70
b0h	3.24	295	48.95	2.67	0.06	12.90	283.83	44.21	0.05	33.59
b5h	3.47	296	49.26	2.68	0.01	2.42	264.86	41.26	0.06	45.17
b22h	2.73	380	68.65	3.74	-0.05	-11.36	286.20	44.58	0.08	55.62
b32h	2.6	406	79.66	4.34	-0.03	-7.08	314.33	48.96	0.08	59.21
b51h	2.38	571	85.35	4.65	-0.07	-15.46	315.68	49.17	0.09	64.98
b59h	2.33	585	86.24	4.70	-0.04	-8.88	297.76	46.38	0.09	61.46
b74h	2.34	595	81.54	4.44	-0.04	-10.10	272.80	42.50	0.10	69.45
b81h	2.34	601	105.55	5.75	-0.06	-14.35	339.49	52.88	0.10	69.89
b96h	2.3	626	116.81	6.36	-0.00	-0.79	369.62	57.58	0.10	72.70
<b>100 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>			2136.67		0.51		693.83		0.16	
Totaux										
a0h	3.25	290	46.99	2.31	0.05	10.02	268.74	40.67	0.05	30.29
a5h	3.29	319	68.43	3.36	-0.05	-9.37	314.73	47.63	0.08	53.78
a22h	2.75	382	79.69	3.92	-0.07	-14.31	324.09	49.04	0.09	56.29
a32h	2.62	410	87.05	4.28	-0.06	-12.81	354.03	53.58	0.10	62.40
a51h	2.41	572	94.71	4.65	-0.07	-15.18	351.71	53.22	0.09	61.10
a59h	2.38	583	94.16	4.63	-0.05	-11.13	337.46	51.07	0.10	64.58
a74h	2.4	595	105.81	5.20	-0.02	-5.11	360.46	54.55	0.10	68.27
a81h	2.38	600	108.62	5.34	-0.05	-9.57	374.56	56.68	0.12	78.58
a96h	2.35	625	125.26	6.16	-0.04	-7.53	399.08	60.39	0.11	74.40
b0h	3.34	288	47.48	2.33	0.04	7.73	267.89	40.54	0.05	31.07
b5h	3.26	321	65.43	3.22	-0.02	-3.71	300.67	45.50	0.09	56.16
b22h	2.75	384	82.65	4.06	0.01	2.62	332.42	50.31	0.09	59.86
b32h	2.62	412	86.34	4.24	0.01	2.43	322.58	48.82	0.10	62.61
b51h	2.41	572	97.07	4.77	-0.04	-7.50	345.25	52.25	0.10	68.39
b59h	2.36	583	99.98	4.91	-0.03	-6.64	347.31	52.56	0.10	63.60
b74h	2.38	594	107.64	5.29	-0.03	-5.64	356.47	53.95	0.10	65.90
b81h	2.36	598	90.92	4.47	-0.05	-9.63	283.01	42.83	0.08	53.05

## Annexe 6:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>50 mg NH4+</b>										
Totaux	5.41		3.57		3030.70		571.52		32.38	
a0h	0.24	4.71	0.08	2.32	1305.01	45.21	57.91	10.64	17.97	58.28
a5h	0.11	2.06	0.27	8.00	1177.20	40.78	59.11	10.86	16.86	54.67
a22h	0.15	2.82	1.16	34.16	1033.16	35.79	73.56	13.51	18.63	60.42
a32h	0.19	3.62	1.44	42.37	888.85	30.79	83.09	15.27	18.54	60.12
a51h	0.26	4.99	1.98	58.10	550.97	19.09	91.19	16.75	18.26	59.24
a59h	0.31	5.97	1.85	54.25	524.34	18.17	87.85	16.14	18.26	59.22
a74h	0.36	7.05	1.87	54.86	494.11	17.12	89.04	16.36	18.33	59.45
a81h	0.36	7.07	1.92	56.50	495.70	17.17	88.18	16.20	18.10	58.71
a96h	0.44	8.60	2.15	63.11	529.16	18.33	95.79	17.60	20.20	65.52
b0h	0.22	4.27	0.04	1.15	1255.81	43.51	57.99	10.65	16.81	54.52
b5h	0.17	3.23	0.23	6.89	1146.66	39.73	57.60	10.58	16.25	52.71
b22h	0.14	2.63	1.01	29.65	996.68	34.53	72.43	13.31	17.60	57.09
b32h	0.17	3.25	1.35	39.82	810.13	28.07	77.42	14.22	17.60	57.07
b51h	0.23	4.49	1.59	46.69	544.80	18.87	81.61	14.99	17.20	55.80
b59h	0.25	4.80	1.60	46.90	481.95	16.70	77.91	14.31	16.61	53.88
b74h	0.37	7.11	1.97	57.99	524.98	18.19	89.17	16.38	18.75	60.82
b81h	0.38	7.33	1.97	57.79	509.35	17.65	87.59	16.09	18.07	58.61
b96h	0.44	8.52	2.13	62.69	544.44	18.86	94.29	17.32	19.91	64.57
<b>100 mg NH4+</b>										
Totaux	5.55		3.90		3060.70		613.52		32.59	
a0h	0.24	4.45	0.04	1.00	1200.90	41.20	55.92	9.57	16.85	54.29
a5h	0.10	1.89	0.66	17.77	1147.91	39.38	60.88	10.42	17.87	57.57
a22h	0.12	2.28	1.32	35.70	849.72	29.15	76.90	13.16	16.67	53.72
a32h	0.17	3.23	1.66	44.60	739.36	25.36	88.63	15.17	17.35	55.91
a51h	0.25	4.69	1.99	53.60	414.67	14.23	90.62	15.51	15.79	50.86
a59h	0.34	6.43	1.95	52.64	415.67	14.26	101.43	17.36	18.14	58.44
a74h	0.37	6.92	2.11	56.85	434.26	14.90	100.46	17.19	18.18	58.56
a81h	0.40	7.63	2.22	59.89	440.81	15.12	100.58	17.21	18.95	61.06
a96h	0.44	8.37	2.36	63.49	477.99	16.40	104.69	17.92	19.96	64.29
b0h	0.22	4.21	0.04	0.99	1262.00	43.29	58.09	9.94	17.39	56.02
b5h	0.12	2.19	0.69	18.58	1183.50	40.60	62.88	10.76	17.87	57.57
b22h	0.16	3.04	1.44	38.89	902.47	30.96	81.24	13.90	17.56	56.59
b32h	0.20	3.87	1.54	41.53	732.24	25.12	90.89	15.56	17.10	55.08
b51h	0.27	5.14	1.98	53.46	480.01	16.47	92.63	15.85	17.73	57.11
b59h	0.30	5.59	2.05	55.20	445.26	15.28	92.76	15.88	16.16	52.07
b74h	0.37	7.04	2.09	56.41	434.69	14.91	100.80	17.25	18.55	59.77
b81h	0.09	1.70	1.70	45.73	345.04	11.84	28.71	4.91	13.77	44.36

## Annexe 6:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>50 mg NH4+</b>											
Totaux	2.90		61.12		10.68		1554.80		88.62		77.44
a0h	0.63	22.66	-0.04	-0.07	1.27	12.47	1294.51	87.42	52.05	61.67	68.88
a5h	0.60	21.59	-0.27	-0.46	0.97	9.55	1217.63	82.23	57.65	68.31	68.70
a22h	0.68	24.42	0.07	0.13	1.28	12.55	1188.26	80.25	62.27	73.77	70.93
a32h	0.71	25.71	0.32	0.56	1.06	10.47	1177.04	79.49	61.29	72.62	70.36
a51h	0.73	26.41	2.35	4.04	1.20	11.76	1202.61	81.22	68.59	81.27	70.69
a59h	0.76	27.47	2.89	4.97	1.10	10.83	1076.69	72.71	64.68	76.64	73.26
a74h	0.77	28.00	3.32	5.71	0.98	9.60	1089.30	73.56	64.41	76.31	74.46
a81h	0.82	29.78	3.45	5.93	1.02	10.07	1109.44	74.92	68.95	81.69	72.38
a96h	0.90	32.53	3.81	6.54	0.98	9.61	1265.82	85.48	67.94	80.49	73.38
b0h	0.61	22.01	-0.28	-0.49	1.20	11.84	1194.15	80.64	47.76	56.58	77.10
b5h	0.58	20.93	-0.40	-0.69	0.99	9.70	1128.47	76.21	53.42	63.29	71.92
b22h	0.65	23.66	-0.17	-0.29	1.26	12.40	1119.28	75.59	55.74	66.04	71.00
b32h	0.64	23.31	0.35	0.59	1.13	11.07	1178.53	79.59	60.61	71.81	70.13
b51h	0.68	24.67	2.07	3.55	1.09	10.74	1065.66	71.97	61.37	72.71	70.71
b59h	0.68	24.51	2.73	4.68	1.04	10.20	1069.62	72.23	61.57	72.95	73.07
b74h	0.80	28.90	3.63	6.24	1.06	10.38	1204.57	81.35	67.90	80.44	71.77
b81h	0.81	29.21	3.74	6.43	0.98	9.66	1190.69	80.41	64.15	76.00	72.57
b96h	0.89	32.16	4.56	7.83	0.98	9.67	1295.54	87.49	75.79	89.80	72.66
<b>100 mg NH4+</b>											
Totaux	3.03		66.49		10.78		1619.00		89.19		75.85
a0h	0.55	19.24	-0.11	-0.18	1.21	11.80	1310.45	84.99	49.25	57.98	71.53
a5h	0.64	22.12	-0.64	-1.01	1.33	12.94	1381.62	89.60	64.98	76.49	66.64
a22h	0.65	22.43	-0.22	-0.35	1.16	11.28	1244.70	80.72	62.57	73.66	70.16
a32h	0.70	24.14	0.35	0.56	1.06	10.35	1181.48	76.62	64.83	76.33	70.05
a51h	0.66	22.81	2.23	3.52	0.91	8.88	1143.15	74.14	62.89	74.03	72.51
a59h	0.72	24.89	2.66	4.20	0.89	8.67	1111.47	72.08	62.34	73.39	73.87
a74h	0.81	28.13	3.14	4.96	0.88	8.58	1183.25	76.74	69.89	82.28	70.67
a81h	0.85	29.54	3.40	5.36	0.83	8.05	1222.95	79.31	68.78	80.97	72.79
a96h	0.93	32.27	3.68	5.82	0.83	8.13	1310.17	84.97	75.28	88.62	75.21
b0h	0.58	19.94	-0.58	-0.92	1.22	11.92	1254.94	81.39	50.14	59.02	71.46
b5h	0.67	23.23	-0.20	-0.32	1.36	13.23	1398.94	90.73	65.20	76.75	71.69
b22h	0.67	23.40	-0.00	-0.00	1.14	11.11	1326.55	86.03	63.75	75.04	71.07
b32h	0.68	23.54	0.46	0.72	1.07	10.45	1208.12	78.35	64.98	76.50	71.98
b51h	0.71	24.60	2.08	3.28	0.93	9.06	1145.17	74.27	67.46	79.41	71.82
b59h	0.73	25.16	2.94	4.65	0.95	9.26	1193.59	77.41	66.54	78.34	73.63
b74h	0.80	27.66	3.09	4.89	0.90	8.74	1241.05	80.49	69.95	82.35	74.16
b81h	0.69	23.77	2.62	4.14	0.65	6.31	937.50	60.80	54.67	64.36	73.17

Annexe 7: Effet de l'ajout de différentes quantités de phosphore (mg PO<sub>4</sub>-3/12g séd. sec) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12, souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	Al3092			As1890		Ca3158		Cd2288	
		POR (mV)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
					(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
<b>0 mg PO<sub>4</sub>-3</b>										
Totaux			1877.03		0.42		590.26		0.13	
0h	3.37	279	57.50	3.22	0.05	12.02	339.96	60.47	0.07	55.30
18h	2.96	348	74.98	4.19	0.08	18.95	375.70	66.83	0.10	79.02
24h	2.98	353	76.73	4.29	0.04	8.77	355.91	63.31	0.13	103.58
41h	2.71	408	103.08	5.77	0.01	2.82	392.79	69.87	0.11	87.21
48h	2.63	428	110.43	6.18	0.04	9.93	405.22	72.08	0.12	90.74
65h	2.44	584	113.85	6.37	0.03	8.34	389.61	69.31	0.14	106.59
89h	2.38	606	131.93	7.38	0.01	3.21	411.21	73.15	0.13	100.12
96h	2.39	610	120.09	6.72	0.03	7.49	374.66	66.65	0.14	109.77
<b>10 mg PO<sub>4</sub>-3</b>										
Totaux			1777.01		0.38		589.69		0.15	
a0h	3.37	270	51.43	3.04	0.04	11.73	314.53	56.00	0.07	45.15
a18h	3.08	341	59.06	3.49	0.07	18.26	337.96	60.18	0.09	60.92
a24h	3.12	344	65.31	3.86	0.04	10.92	352.43	62.75	0.10	69.07
a41h	2.81	390	83.00	4.90	0.01	2.48	364.36	64.88	0.10	71.70
a48h	2.7	413	94.08	5.56	0.03	9.54	388.62	69.20	0.11	76.58
a65h	2.44	575	100.18	5.92	0.04	10.78	370.97	66.06	0.11	74.45
a89h	2.4	610	115.79	6.84	0.05	13.21	404.54	72.03	0.11	78.81
a96h	2.41	612	117.90	6.97	-0.01	-2.00	392.33	69.86	0.14	95.70
b0h	3.35	271	48.83	2.89	0.07	18.93	338.30	60.24	0.07	46.17
b18h	3.03	342	59.70	3.53	0.00	1.14	358.87	63.90	0.09	60.71
b24h	3.09	343	64.39	3.80	0.02	5.86	363.75	64.77	0.09	60.81
b41h	2.78	396	79.77	4.71	0.09	23.98	377.00	67.13	0.09	65.75
b48h	2.67	417	89.25	5.27	0.07	20.12	381.13	67.86	0.10	71.91
b65h	2.44	579	98.77	5.84	0.06	16.35	400.31	71.28	0.11	78.22
b89h	2.4	614	107.69	6.36	0.01	1.91	397.07	70.70	0.12	80.02
b96h	2.39	617	112.00	6.62	0.03	8.87	404.38	72.00	0.12	86.25

## Annexe 7:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>0 mg PO4-3</b>										
Totaux	4.63		3.08		2664.70		518.67		27.99	
0h	0.19	4.37	0.11	3.83	1347.55	53.10	69.16	14.00	20.29	76.12
18h	0.10	2.16	0.72	24.61	1221.56	48.13	81.90	16.58	21.54	80.82
24h	0.15	3.46	0.98	33.31	1122.81	44.24	79.15	16.02	19.92	74.74
41h	0.17	3.96	1.91	65.28	923.24	36.38	94.40	19.11	21.60	81.03
48h	0.21	4.68	2.13	72.69	831.00	32.74	98.03	19.84	21.87	82.05
65h	0.29	6.57	2.36	80.70	526.74	20.76	95.86	19.41	20.91	78.47
89h	0.42	9.41	2.71	92.56	512.42	20.19	103.22	20.90	22.24	83.46
96h	1.74	39.44	2.41	82.18	500.46	19.72	93.32	18.89	20.13	75.52
<b>10 mg PO4-3</b>										
Totaux	4.68		3.09		2746.14		520.87		29.39	
a0h	0.16	3.57	0.09	3.20	1282.91	49.05	65.64	13.23	18.96	67.73
a18h	0.07	1.49	0.47	16.05	1172.35	44.83	75.29	15.18	19.63	70.11
a24h	0.08	1.75	0.70	23.71	1123.06	42.94	80.63	16.25	19.94	71.22
a41h	0.12	2.58	1.33	45.19	938.36	35.88	89.99	18.14	20.03	71.53
a48h	0.17	3.85	1.74	58.95	840.04	32.12	94.85	19.12	20.57	73.49
a65h	0.24	5.49	2.11	71.59	508.92	19.46	93.65	18.88	19.75	70.57
a89h	0.39	8.72	2.40	81.30	478.70	18.30	101.13	20.39	20.66	73.79
a96h	0.44	9.79	2.34	79.53	547.95	20.95	97.47	19.65	19.54	69.82
b0h	0.17	3.76	0.08	2.75	1286.32	49.18	64.88	13.08	18.74	66.95
b18h	0.14	3.16	0.48	16.21	1162.99	44.47	79.16	15.96	19.22	68.66
b24h	0.12	2.67	0.75	25.34	1119.86	42.82	82.14	16.56	19.69	70.35
b41h	0.12	2.72	1.22	41.54	932.32	35.65	90.60	18.26	19.65	70.19
b48h	0.17	3.79	1.57	53.12	858.77	32.84	91.82	18.51	19.80	70.72
b65h	0.26	5.75	1.92	65.27	579.38	22.15	95.24	19.20	20.92	74.73
b89h	0.36	8.03	2.06	69.80	507.36	19.40	93.59	18.87	20.07	71.69
b96h	0.41	9.18	2.10	71.35	531.63	20.33	102.56	20.68	21.05	75.18

## Annexe 7:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138	
	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
<b>0 mg PO4-3</b>										
Totaux	2.51		57.00		5.69		1277.13		78.89	
0h	0.90	37.46	-0.03	-0.06	1.40	25.76	1287.79	105.88	65.05	86.57
18h	0.82	34.27	-0.43	-0.79	1.32	24.33	1316.40	108.23	76.73	102.12
24h	0.77	32.33	-0.04	-0.08	1.47	27.05	1189.29	97.78	72.02	95.85
41h	0.84	35.15	0.15	0.28	1.47	27.02	1281.78	105.38	80.98	107.78
48h	0.88	36.85	0.75	1.38	1.47	27.17	1269.37	104.36	82.62	109.96
65h	0.90	37.63	2.19	4.03	1.37	25.20	1143.92	94.05	77.83	103.59
89h	1.03	42.89	3.42	6.29	1.28	23.55	1246.36	102.47	84.68	112.71
96h	0.95	39.78	3.73	6.88	1.27	23.44	1121.94	92.24	76.29	101.53
<b>10 mg PO4-3</b>										
Totaux	2.55		62.21		6.78		1370.37		81.18	
a0h	0.76	31.28	0.12	0.21	1.33	20.54	1253.47	96.04	61.52	79.58
a18h	0.84	34.58	-0.16	-0.27	1.20	18.56	1209.68	92.69	69.62	90.06
a24h	0.79	32.54	-0.05	-0.08	1.29	20.02	1210.76	92.77	71.55	92.55
a41h	0.82	33.64	-0.09	-0.15	1.33	20.56	1190.31	91.20	74.48	96.33
a48h	0.85	35.24	0.59	1.00	1.39	21.57	1208.12	92.57	77.57	100.34
a65h	0.87	35.82	2.32	3.92	1.25	19.27	1080.92	82.82	73.00	94.43
a89h	0.96	39.49	3.64	6.14	1.06	16.37	1140.39	87.38	77.55	100.32
a96h	0.99	40.98	4.79	8.08	1.21	18.80	1078.61	82.64	73.62	95.23
b0h	0.85	34.93	-0.46	-0.78	1.44	22.22	1198.66	91.84	59.32	76.73
b18h	0.82	33.70	0.10	0.18	1.25	19.39	1191.85	91.32	68.35	88.41
b24h	0.81	33.57	-0.19	-0.31	1.42	21.92	1166.24	89.36	70.17	90.76
b41h	0.83	34.30	-0.09	-0.15	1.39	21.49	1162.92	89.11	69.21	89.52
b48h	0.84	34.77	0.53	0.89	1.31	20.21	1204.01	92.25	72.09	93.25
b65h	0.93	38.57	2.61	4.41	1.39	21.54	1157.77	88.71	76.44	98.87
b89h	0.97	40.16	3.60	6.08	1.16	17.95	1141.92	87.50	76.18	98.53
b96h	1.06	43.89	4.16	7.02	1.11	17.19	1182.72	90.62	78.68	101.77

Annexe 7: Effet de l'ajout de différentes quantités de phosphore (mg PO<sub>4</sub>-3/12g séd. sec) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12, souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288		
		Moyenne (mV)	%Sol. (mg/L) (%)	Moyenne (mg/L) (%)	%Sol. (mg/L) (%)	Moyenne (mg/L) (%)	%Sol. (mg/L) (%)	Moyenne (mg/L) (%)	%Sol. (mg/L) (%)	
<b>20 mg PO<sub>4</sub>-3</b>										
Totaux			1760.95		0.44		594.67		0.13	
a0h	3.35	258	49.77	2.97	0.12	29.49	353.37	62.40	0.07	52.18
a18h	3.08	342	56.14	3.35	0.05	11.01	364.57	64.37	0.09	67.35
a24h	3.09	346	62.60	3.73	0.06	15.36	372.07	65.70	0.09	70.37
a41h	2.78	394	74.93	4.47	0.01	3.29	363.46	64.18	0.10	80.05
a48h	2.68	414	85.25	5.08	0.01	3.16	403.82	71.30	0.11	85.22
a65h	2.44	578	98.19	5.85	0.01	3.08	417.55	73.73	0.11	89.09
a89h	2.4	613	109.73	6.54	-0.04	-8.71	346.48	61.18	0.11	82.93
a96h	2.36	618	109.07	6.50	-0.01	-2.06	335.78	59.29	0.11	86.42
b0h	3.38	268	48.82	2.91	0.02	5.69	303.79	53.64	0.06	49.06
b18h	3.09	338	54.71	3.26	-0.02	-5.87	309.11	54.58	0.08	58.95
b24h	3.16	340	60.92	3.63	-0.02	-4.58	319.35	56.39	0.08	63.54
b41h	2.88	381	74.91	4.47	-0.01	-2.10	333.10	58.82	0.10	78.34
b48h	2.75	401	83.78	5.00	0.01	3.13	336.83	59.47	0.09	70.03
b65h	2.46	529	97.49	5.81	-0.03	-8.35	354.08	62.52	0.10	79.70
b89h	2.42	611	112.50	6.71	-0.03	-6.93	371.90	65.67	0.11	84.84
b96h	2.41	614	118.07	7.04	-0.05	-11.77	374.94	66.20	0.12	94.77
<b>40 mg PO<sub>4</sub>-3</b>										
Totaux			2252.04		0.42		655.86		0.17	
a0h	3.37	259	45.00	2.10	0.09	21.45	288.73	46.23	0.06	34.88
a18h	3.03	342	54.06	2.52	-0.06	-15.31	323.01	51.71	0.07	45.27
a24h	3.17	342	59.83	2.79	-0.01	-3.19	323.01	51.71	0.08	48.89
a41h	2.81	394	82.64	3.85	-0.03	-6.65	355.27	56.88	0.14	85.38
a48h	2.7	416	90.72	4.23	-0.03	-6.39	365.65	58.54	0.10	59.59
a65h	2.46	578	113.04	5.27	-0.06	-13.99	373.28	59.76	0.11	68.40
a89h	2.43	611	127.04	5.92	-0.07	-16.56	393.72	63.03	0.12	72.92
a96h	2.44	615	118.82	5.54	-0.06	-14.29	369.29	59.12	0.13	79.94
b0h	3.34	252	43.25	2.02	0.05	12.52	285.31	45.68	0.06	38.16
b18h	3.06	342	49.43	2.30	-0.02	-4.41	315.54	50.52	0.08	46.96
b24h	3.16	340	54.31	2.53	-0.05	-12.49	309.56	49.56	0.08	46.27
b41h	2.83	393	73.45	3.42	-0.02	-4.33	348.67	55.82	0.10	59.45
b48h	2.72	414	89.52	4.17	-0.01	-2.31	365.21	58.47	0.11	65.13

## Annexe 16a:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>pH=2.8 essai1</b>											
Totaux	2.29		51.57		10.29		128.11		75.39		-20.75
0h	0.43	19.89	4.72	9.61	3.41	34.82	24.54	20.12	51.77	72.11	-3.21
5h	0.46	21.08	1.20	2.44	3.68	37.53	27.39	22.45	63.70	88.73	-7.91
22h	0.51	23.52	-0.63	-1.29	4.17	42.55	28.27	23.17	71.41	99.46	-10.94
29h	0.51	23.19	-0.65	-1.33	4.25	43.42	27.12	22.23	69.88	97.33	-12.30
48h	0.55	25.27	-0.81	-1.66	5.29	53.97	28.56	23.41	74.95	104.40	-13.51
53h	0.53	24.04	-0.73	-1.49	5.39	54.95	26.38	21.62	71.40	99.45	-13.69
79h	0.57	25.90	-0.59	-1.21	6.54	66.74	25.57	20.96	73.12	101.84	-13.12
95h	0.63	28.82	-0.35	-0.71	7.57	77.20	25.56	20.95	77.44	107.86	-13.79
118h	0.63	28.69	-0.10	-0.21	8.02	81.81	24.17	19.81	75.85	105.64	-8.83
<b>pH=2.8 essai2</b>											
Totaux	2.36		52.90		10.73		126.53		76.47		-25.36
0h	0.45	20.15	0.50	0.99	4.04	39.49	21.77	18.07	54.32	74.58	0.00
5h	0.46	20.47	0.00	0.00	4.41	43.14	49.15	40.79	61.48	84.41	0.00
22h	0.48	21.38	0.00	0.00	4.98	48.67	19.73	16.37	64.10	88.01	0.00
27h	0.50	22.27	0.00	0.00	5.64	55.16	18.96	15.73	65.54	89.99	0.00
48h	0.53	23.48	0.00	0.00	6.90	67.47	16.52	13.71	68.33	93.82	0.00
70h	0.53	23.53	0.00	0.00	7.55	73.86	11.89	9.87	66.17	90.85	0.00
77h	0.58	25.80	0.00	0.00	7.86	76.84	14.66	12.17	67.12	92.16	0.00
98h	0.64	28.25	0.00	0.00	9.53	93.20	12.84	10.66	72.42	99.43	0.00
119h	0.65	28.78	0.10	0.20	9.15	89.48	20.76	17.23	70.10	96.25	0.00
152h	0.69	30.71	0.09	0.17	9.97	97.48	31.25	25.93	72.82	99.98	0.00
<b>pH=4</b>											
Totaux	2.74		63.56		11.74		138.00		91.00		0.00
0h	0.59	22.78	-0.82	-1.36	4.50	40.29	19.26	14.65	59.78	68.97	23.93
17h	0.62	23.79	-0.97	-1.60	2.88	25.74	22.85	17.39	81.36	93.87	15.66
24h	0.63	24.00	-1.00	-1.65	2.70	24.15	22.72	17.28	81.21	93.71	14.25
48h	0.68	26.06	-0.64	-1.05	3.59	32.15	28.30	21.54	95.92	110.68	12.44
72h	0.71	27.10	-0.93	-1.54	4.32	38.61	27.92	21.24	99.83	115.19	11.38
100h	0.64	24.71	-0.75	-1.24	5.83	52.16	34.91	26.56	90.18	104.05	12.03
115h	0.70	26.78	-0.42	-0.70	7.68	68.67	49.60	37.74	90.85	104.83	14.07
163h	0.80	30.72	-0.12	-0.20	11.23	100.48	15.45	11.76	97.65	112.68	13.99

Annexe 16b: Effet du pH de départ sur la solubilisation des métaux du canal Lachine  
avec 2% Fe (FeCl<sub>2</sub>) comme substrat (sed#12 et souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>  
acid. HCl).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>pH=4</b>			2003.00		0.00		640.00		0.15	
Totaux										
a.0h	2.86	368	24.27	1.27	-0.49	0.00	300.12	49.24	0.05	35.39
a.19h	3.71	244	18.11	0.95	-0.53	0.00	292.81	48.04	0.06	45.04
a.48h	3.54	281	25.31	1.33	-0.37	0.00	278.35	45.67	0.06	43.14
a.69h	3.29	329	41.03	2.15	-0.46	0.00	326.32	53.54	0.10	72.87
a.94h	2.77	397	53.73	2.82	-0.41	0.00	348.93	57.25	0.11	81.13
a.118h	2.56	449	73.90	3.87	-0.36	0.00	345.62	56.70	0.12	81.90
a.143h	2.4	480	82.14	4.31	-0.27	0.00	343.90	56.42	0.11	78.88
a.164h	2.36	482	81.62	4.28	-0.26	0.00	332.41	54.54	0.11	79.35
b.0h	2.9	376	22.72	1.19	-0.54	0.00	315.90	51.83	0.06	39.59
b.19h	3.69	236	17.40	0.91	-0.57	0.00	329.63	54.08	0.08	59.21
b.48h	3.63	274	22.83	1.20	-0.52	0.00	310.78	50.99	0.10	67.64
b.69h	3.46	306	33.05	1.73	-0.41	0.00	323.30	53.04	0.09	66.23
b.94h	2.98	370	58.35	3.06	-0.40	0.00	338.11	55.47	0.11	75.64
b.118h	2.65	435	69.53	3.65	-0.41	0.00	352.03	57.76	0.11	79.55
b.143h	2.35	493	83.41	4.37	-0.30	0.00	357.62	58.67	0.12	86.31
b.164h	2.29	512	78.96	4.14	-0.23	0.00	324.89	53.30	0.11	79.09
<b>pH=2</b>			1899.4		-0.57		607.45		0.17	
Totaux										
0h	2.07	357	78.39	4.33	-0.23	42.14	309.78	53.55	0.08	47.72
3h	2.27	357	79.64	4.40	-0.20	36.98	340.96	58.94	0.09	53.06
9h	2.33	353	84.61	4.68	-0.18	34.00	349.91	60.48	0.11	65.46
21h	2.37	387	89.00	4.92	-0.22	40.27	364.76	63.05	0.10	64.67
28h	2.49	401	92.81	5.13	-0.18	32.83	366.93	63.42	0.11	65.50
48h	2.37	435	97.47	5.39	-0.20	35.93	369.59	63.88	0.12	71.65
52h	2.44	443	103.11	5.70	-0.17	31.84	400.88	69.29	0.13	77.61
69h	2.41	462	115.72	6.40	-0.26	48.77	397.91	68.78	0.12	73.72
76h	2.32	469	117.57	6.50	-0.24	44.63	399.01	68.97	0.12	74.46
97h	2.26	485	124.97	6.91	-0.28	52.23	412.82	71.36	0.13	79.57
153h	2.13	585	138.77	7.67	-0.18	33.95	420.47	72.68	0.12	72.35

Annexe16b:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>pH=4</b>										
Totaux	7.80		3.42		2501.00		587.60		31.70	
a.0h	0.20	2.72	0.02	0.54	802.33	33.68	69.22	12.37	15.72	52.06
a.19h	0.09	1.21	0.15	4.47	718.65	30.17	71.28	12.74	14.70	48.69
a.48h	0.08	1.14	0.54	16.48	617.11	25.91	68.71	12.28	13.75	45.55
a.69h	0.08	1.10	1.13	34.71	663.53	27.86	80.89	14.45	15.98	52.93
a.94h	0.12	1.63	1.60	48.94	644.50	27.06	87.15	15.57	16.99	56.26
a.118h	0.23	3.05	2.22	68.23	522.51	21.94	87.16	15.57	17.17	56.87
a.143h	0.35	4.70	2.36	72.45	444.95	18.68	86.39	15.44	17.04	56.44
a.164h	0.34	4.64	2.24	68.76	397.66	16.70	82.38	14.72	16.12	53.38
b.0h	0.16	2.20	-0.00	-0.09	830.10	34.85	73.92	13.21	16.41	54.35
b.19h	0.10	1.37	0.11	3.30	795.57	33.40	80.87	14.45	16.46	54.52
b.48h	0.07	0.99	0.44	13.38	694.21	29.15	76.97	13.75	15.19	50.31
b.69h	0.09	1.28	0.84	25.78	669.36	28.10	79.52	14.21	15.63	51.77
b.94h	0.15	1.99	1.78	54.60	595.21	24.99	82.78	14.79	16.46	54.52
b.118h	0.20	2.70	2.11	64.83	543.22	22.81	88.20	15.76	17.15	56.82
b.143h	0.33	4.45	2.42	74.30	412.00	17.30	90.77	16.22	17.44	57.75
b.164h	0.34	4.63	2.21	67.69	312.84	13.13	80.52	14.39	15.53	51.45
<b>pH=2</b>										
Totaux	5.95		2.98		2128.66		526.37		28.06	
0h	1.02	17.96	0.14	4.88	828.09	40.85	70.41	14.05	16.13	60.35
3h	0.98	17.36	0.40	14.11	808.63	39.89	83.67	16.69	15.92	59.56
9h	0.96	16.93	0.82	28.95	809.38	39.92	89.83	17.92	16.03	59.98
21h	0.96	16.98	1.28	45.17	794.94	39.21	91.53	18.26	16.42	61.45
28h	0.94	16.53	1.53	53.87	764.66	37.72	90.07	17.97	16.24	60.77
48h	1.00	17.59	1.89	66.57	750.24	37.01	94.84	18.92	17.05	63.80
52h	1.00	17.60	2.05	72.10	736.29	36.32	97.27	19.40	17.13	64.09
69h	1.02	17.93	2.45	86.25	704.74	34.76	92.80	18.51	17.78	66.52
76h	1.07	18.83	2.48	87.27	713.34	35.19	95.50	19.05	18.31	68.53
97h	1.10	19.34	2.63	92.54	669.88	33.04	95.68	19.09	18.61	69.62
153h	1.15	20.27	2.83	99.71	444.49	21.93	97.76	19.50	18.41	68.88

Annexe16b:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>pH=4</b>										
Totaux	2.93		62.17		12.68		136.90		92.37	
a.0h	0.39	13.86	-1.31	-2.22	2.02	16.75	15.80	12.12	56.34	64.04
a.19h	0.37	13.34	-1.08	-1.82	1.53	12.71	16.28	12.49	55.66	63.27
a.48h	0.39	13.85	-0.97	-1.64	1.85	15.28	15.47	11.86	53.56	60.88
a.69h	0.42	15.05	-1.10	-1.85	2.84	23.48	18.36	14.08	63.13	71.76
a.94h	0.46	16.59	-1.02	-1.72	3.79	31.39	23.42	17.96	68.95	78.38
a.118h	0.48	17.11	-0.69	-1.17	5.70	47.24	19.42	14.89	69.21	78.68
a.143h	0.50	17.89	-0.57	-0.97	6.26	51.83	282.03	216.31	68.95	78.38
a.164h	0.50	18.06	-0.57	-0.97	6.35	52.55	15.73	12.07	66.03	75.06
b.0h	0.39	14.04	-1.33	-2.25	2.05	16.98	16.63	12.76	58.85	66.90
b.19h	0.42	14.89	-1.27	-2.14	1.54	12.77	17.95	13.77	62.72	71.30
b.48h	0.41	14.81	-1.06	-1.79	1.82	15.08	16.75	12.85	59.88	68.07
b.69h	0.41	14.87	-1.04	-1.75	2.32	19.25	18.82	14.44	62.26	70.77
b.94h	0.45	16.18	-0.93	-1.57	4.41	36.50	19.01	14.58	65.87	74.88
b.118h	0.49	17.49	-0.80	-1.36	5.28	43.73	22.29	17.09	68.96	78.39
b.143h	0.51	18.42	-0.55	-0.93	6.74	55.83	463.91	355.81	71.28	81.02
b.164h	0.46	16.49	-0.43	-0.73	6.32	52.33	10.47	8.03	64.42	73.22
<b>pH=2</b>										
Totaux	2.26		49.86		9.57		140.51		78.75	5.51
0h	0.45	20.76	2.10	4.41	5.50	60.40	26.57	19.86	55.89	74.52
3h	0.47	21.98	0.75	1.57	5.59	61.30	29.23	21.84	60.97	81.30
9h	0.50	23.28	-0.86	-1.81	5.68	62.37	35.92	26.84	64.18	85.57
21h	0.53	24.78	-1.05	-2.21	6.03	66.15	34.01	25.42	67.87	90.49
28h	0.54	25.30	-0.94	-1.98	6.09	66.86	34.31	25.64	66.90	89.20
48h	0.71	32.94	-1.02	-2.16	6.72	73.70	33.88	25.32	68.44	91.25
52h	0.60	27.77	-0.78	-1.64	7.12	78.14	44.76	33.45	73.19	97.58
69h	0.57	26.55	-1.17	-2.46	6.40	70.18	39.75	29.70	72.42	96.57
76h	0.59	27.46	-0.97	-2.04	6.63	72.72	43.46	32.48	73.70	98.27
97h	0.62	28.97	-0.85	-1.79	7.09	77.79	51.49	38.48	75.65	100.87
153h	0.67	30.95	-0.07	-0.14	7.38	81.02	53.84	40.24	73.88	98.51

Annexe 17: Effet de la température sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>, acid.HCl).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>6 C</b>										
Totaux			1954.72		-0.13		657.86		0.12	
0h	2.41	365	75.84	4.07	0.00	0.00	462.70	73.85	0.07	62.47
5h	2.72	297	74.57	4.01	0.00	0.00	439.50	70.15	0.08	69.62
22h	2.8	325	76.91	4.13	0.00	0.00	424.40	67.74	0.09	79.46
27h	2.89	338	75.86	4.07	0.00	0.00	411.70	65.71	0.09	76.43
48h	2.78	367	84.79	4.55	0.00	0.00	445.30	71.07	0.11	94.67
70h	2.9	392	86.40	4.64	0.00	0.00	436.70	69.70	0.10	87.36
77h	2.76	402	89.60	4.81	0.00	0.00	427.00	68.15	0.10	82.82
98h	2.75	411	92.25	4.96	0.00	0.00	440.10	70.24	0.11	89.13
119h	2.75	424	82.52	4.43	0.00	0.00	380.20	60.68	0.09	73.74
152h	2.73	431	90.85	4.88	0.00	0.00	413.60	66.01	0.11	88.28
165h	2.64	441	85.45	4.59	0.00	0.00	391.20	62.44	0.10	80.47
<b>21 C</b>										
Totaux(a)			1857.47		-0.20		636.53		0.14	
a0h	2.41	365	61.58	3.48	0.00	0.00	381.70	62.96	0.07	54.45
a5h	2.63	314	66.14	3.74	0.00	0.00	408.90	67.45	0.08	62.55
a22h	2.68	369	75.28	4.26	0.00	0.00	409.20	67.50	0.09	71.02
a27h	2.68	394	80.75	4.56	0.00	0.00	413.40	68.19	0.10	74.61
a48h	2.46	452	92.04	5.20	0.00	0.00	428.40	70.67	0.11	82.78
a70h	2.41	498	96.24	5.44	0.00	0.00	418.50	69.03	0.10	78.81
a77h	2.28	513	97.84	5.53	0.00	0.00	426.90	70.42	0.11	80.87
a98h	2.19	579	111.20	6.29	0.00	0.00	467.60	77.13	0.12	90.96
a119h	2.14	588	109.00	6.16	0.00	0.00	445.50	73.49	0.11	83.70
a152h	2.05	611	116.50	6.59	0.00	0.00	462.80	76.34	0.11	85.69
Totaux(b)			1909.79		-0.27		613.83		0.13	
b.0h	2.31	342	86.04	4.73	-0.08	0.00	365.59	62.54	0.04	28.27
b.5h	2.66	288	72.71	4.00	-0.09	0.00	399.99	68.42	0.08	65.29
b.22h	2.97	318	79.42	4.37	-0.17	0.00	418.23	71.54	0.11	87.04
b.29h	2.88	331	81.83	4.50	-0.13	0.00	404.19	69.14	0.11	89.20
b.48h	2.79	386	98.69	5.43	-0.13	0.00	434.96	74.40	0.12	92.99
b.53h	2.76	402	95.77	5.27	-0.13	0.00	413.43	70.72	0.11	91.75
b.79h	2.45	463	108.89	5.99	-0.08	0.00	425.77	72.83	0.12	94.74
b.95h	2.27	497	118.68	6.52	-0.11	0.00	448.69	76.75	0.13	103.61
b.118h	2.21	582	122.77	6.75	-0.09	0.00	437.75	74.88	0.13	102.21
<b>10 C</b>										
Totaux			1992.09		-0.28		621.80		0.14	
a.0h	2.31	342	90.19	4.75	-0.14	0.00	369.63	62.42	0.04	31.64
a.5h	2.75	285	79.72	4.20	-0.13	0.00	389.60	65.79	0.08	61.88
a.22h	3.05	289	75.93	4.00	-0.14	0.00	384.40	64.91	0.10	74.92
a.29h	2.92	295	78.75	4.15	-0.11	0.00	388.22	65.56	0.10	73.70
a.48h	3.03	318	82.97	4.37	-0.11	0.00	406.73	68.68	0.10	80.05
a.53h	3.08	324	84.52	4.45	-0.08	0.00	407.61	68.83	0.10	80.90
a.79h	3.01	354	89.11	4.70	-0.12	0.00	401.45	67.79	0.11	83.46
a.95h	2.85	370	97.87	5.16	-0.10	0.00	440.27	74.35	0.12	89.32
a.118h	2.83	403	99.21	5.23	-0.11	0.00	428.69	72.39	0.11	83.86

## Annexe 17:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>6 C</b>										
Totaux	5.48		3.01		1788.34		530.06		26.10	
0h	0.88	16.88	0.08	2.74	673.80	39.56	95.44	18.91	16.98	68.31
5h	0.80	15.40	0.31	10.66	633.20	37.18	90.64	17.95	16.08	64.69
22h	0.75	14.46	0.69	24.02	591.50	34.73	878.58	174.04	15.85	63.76
27h	0.74	14.15	0.83	29.07	564.50	33.14	86.15	17.07	15.05	60.55
48h	0.79	15.15	1.24	43.14	598.00	35.11	94.95	18.81	16.76	67.42
70h	0.74	14.13	1.39	48.69	539.00	31.65	93.10	18.44	15.95	64.17
77h	0.80	15.30	1.54	53.65	533.50	31.32	90.87	18.00	15.86	63.80
98h	0.80	15.32	1.68	58.71	528.20	31.01	92.80	18.38	16.34	65.73
119h	0.69	13.27	1.60	55.74	436.90	25.65	79.63	15.77	14.03	56.44
152h	0.76	14.57	1.82	63.50	461.70	27.11	88.52	17.53	15.50	62.36
165h	0.69	13.23	1.75	61.23	422.40	24.80	82.81	16.40	14.52	58.41
<b>21 C</b>										
Totaux(a)	4.29		2.94		1786.59		539.14		26.00	
a0h	0.72	17.67	0.07	2.40	560.70	32.95	80.15	15.61	14.05	56.73
a5h	0.71	17.39	0.31	11.02	581.10	34.15	84.72	16.50	14.89	60.13
a22h	0.67	16.50	1.15	41.02	536.10	31.51	85.10	16.57	14.91	60.21
a27h	0.68	16.61	1.45	51.88	512.30	30.11	87.33	17.01	15.02	60.65
a48h	0.71	17.26	1.94	69.30	456.10	26.81	89.77	17.48	15.63	63.11
a70h	0.71	17.46	2.08	74.16	346.20	20.35	87.63	17.07	15.16	61.22
a77h	0.74	17.99	2.13	75.91	322.20	18.94	90.48	17.62	15.33	61.90
a98h	0.83	20.31	2.40	85.55	264.70	15.56	97.17	18.92	16.63	67.15
a119h	0.82	19.96	2.34	83.62	234.20	13.76	93.60	18.23	15.94	64.37
a152h	0.88	21.47	2.46	87.97	231.40	13.60	97.84	19.05	16.48	66.55
Totaux(b)	5.24		2.96		1773.77		518.65		25.52	
b.0h	0.84	16.86	-0.01	-0.19	609.83	36.10	70.10	14.19	15.38	63.27
b.5h	0.77	15.42	0.11	3.86	633.28	37.49	86.01	17.41	15.87	65.30
b.22h	0.71	14.14	0.71	25.08	641.78	37.99	93.57	18.94	16.74	68.86
b.29h	0.64	12.90	0.98	34.84	602.09	35.64	88.94	18.01	16.14	66.40
b.48h	0.63	12.66	1.77	62.77	574.73	34.02	95.21	19.28	17.15	70.55
b.53h	0.63	12.53	1.82	64.41	540.55	32.00	91.61	18.55	16.58	68.21
b.79h	0.68	13.71	2.29	81.04	461.62	27.33	93.19	18.87	16.87	69.41
b.95h	0.75	15.06	2.49	88.34	398.00	23.56	98.34	19.91	17.81	73.28
b.118h	0.79	15.83	2.60	92.12	279.28	16.53	96.47	19.53	17.32	71.28
<b>10 C</b>										
Totaux	5.75		3.03		1829.97		546.27		26.21	
a.0h	0.86	15.73	0.10	3.39	616.40	35.37	71.30	13.71	15.62	62.59
a.5h	0.77	14.15	0.05	1.64	621.76	35.68	83.78	16.10	15.71	62.92
a.22h	0.72	13.09	0.33	11.51	589.41	33.82	82.53	15.86	15.47	61.98
a.29h	0.68	12.35	0.49	17.02	596.14	34.21	84.71	16.28	15.73	63.03
a.48h	0.75	13.62	0.80	27.61	579.19	33.23	87.24	16.77	15.80	63.29
a.53h	0.68	12.39	0.92	32.07	577.63	33.14	88.95	17.10	16.15	64.69
a.79h	0.68	12.36	1.24	43.06	544.59	31.25	87.70	16.86	16.01	64.15
a.95h	0.73	13.26	1.53	53.14	572.36	32.84	93.81	18.03	17.21	68.95
a.118h	0.66	12.11	1.74	60.33	517.36	29.68	92.80	17.84	16.77	67.17

## Annexe 17:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>6 C</b>											
Totaux	2.36		53.15		10.80		128.00		77.59		-19.80
0h	0.50	22.20	0.24	0.47	4.75	46.15	24.49	20.09	63.94	86.53	0.36
5h	0.51	22.80	0.00	0.00	4.39	42.66	31.81	26.09	66.44	89.91	0.32
22h	0.49	21.82	0.00	0.00	4.44	43.16	33.76	27.69	66.78	90.37	0.00
27h	0.48	21.39	0.00	0.00	4.53	43.99	30.21	24.78	65.06	88.04	0.00
48h	0.55	24.27	0.00	0.00	5.22	50.73	59.19	48.55	73.59	99.59	0.00
70h	0.59	26.13	0.00	0.00	5.21	50.67	55.52	45.54	67.97	91.98	0.00
77h	0.53	23.35	0.00	0.00	5.52	53.63	30.22	24.79	69.56	94.13	0.00
98h	0.54	24.18	0.00	0.00	5.77	56.11	37.37	30.65	71.39	96.61	0.00
119h	0.46	20.43	0.00	0.00	4.86	47.20	29.21	23.96	62.58	84.69	0.00
152h	0.52	22.97	0.10	0.19	5.44	52.86	29.95	24.57	67.88	91.86	0.00
165h	0.48	21.26	0.00	0.00	5.29	51.45	33.46	27.45	63.51	85.94	0.00
<b>21 C</b>											
Totaux(a)	2.36		52.90		10.73		126.53		76.47		-25.36
a0h	0.45	20.15	0.50	0.99	4.04	39.49	21.77	18.07	54.32	74.58	0.00
a5h	0.46	20.47	0.00	0.00	4.41	43.14	49.15	40.79	61.48	84.41	0.00
a22h	0.48	21.38	0.00	0.00	4.98	48.67	19.73	16.37	64.10	88.01	0.00
a27h	0.50	22.27	0.00	0.00	5.64	55.16	18.96	15.73	65.54	89.99	0.00
a48h	0.53	23.48	0.00	0.00	6.90	67.47	16.52	13.71	68.33	93.82	0.00
a70h	0.53	23.53	0.00	0.00	7.55	73.86	11.89	9.87	66.17	90.85	0.00
a77h	0.58	25.80	0.00	0.00	7.86	76.84	14.66	12.17	67.12	92.16	0.00
a98h	0.64	28.25	0.00	0.00	9.53	93.20	12.84	10.66	72.42	99.43	0.00
a119h	0.65	28.78	0.10	0.20	9.15	89.48	20.76	17.23	70.10	96.25	0.00
a152h	0.69	30.71	0.09	0.17	9.97	97.48	31.25	25.93	72.82	99.98	0.00
Totaux(b)	2.29		51.57		10.29		128.11		75.39		-20.75
b.0h	0.43	19.89	4.72	9.61	3.41	34.82	24.54	20.12	51.77	72.11	-3.21
b.5h	0.46	21.08	1.20	2.44	3.68	37.53	27.39	22.45	63.70	88.73	-7.91
b.22h	0.51	23.52	-0.63	-1.29	4.17	42.55	28.27	23.17	71.41	99.46	-10.94
b.29h	0.51	23.19	-0.65	-1.33	4.25	43.42	27.12	22.23	69.88	97.33	-12.30
b.48h	0.55	25.27	-0.81	-1.66	5.29	53.97	28.56	23.41	74.95	104.40	-13.51
b.53h	0.53	24.04	-0.73	-1.49	5.39	54.95	26.38	21.62	71.40	99.45	-13.69
b.79h	0.57	25.90	-0.59	-1.21	6.54	66.74	25.57	20.96	73.12	101.84	-13.12
b.95h	0.63	28.82	-0.35	-0.71	7.57	77.20	25.56	20.95	77.44	107.86	-13.79
b.118h	0.63	28.69	-0.10	-0.21	8.02	81.81	24.17	19.81	75.85	105.64	-8.83
<b>10 C</b>											
Totaux	2.40		53.86		10.64		133.24		76.64		-18.86
a.0h	0.44	19.02	4.58	8.93	3.33	32.89	24.49	19.30	52.44	71.85	11.02
a.5h	0.46	20.19	1.08	2.10	3.22	31.81	34.43	27.14	63.64	87.19	-1.14
a.22h	0.45	19.68	-0.45	-0.87	3.28	32.35	33.77	26.61	65.34	89.52	-8.69
a.29h	0.47	20.54	-0.71	-1.39	3.15	31.11	36.10	28.45	68.29	93.55	-8.30
a.48h	0.50	21.71	-0.88	-1.71	3.59	35.47	37.14	29.27	68.17	93.39	-9.61
a.53h	0.48	21.09	-0.87	-1.69	3.67	36.17	44.64	35.18	69.59	95.34	-10.57
a.79h	0.49	21.50	-0.97	-1.89	3.73	36.82	45.79	36.09	68.86	94.34	-7.88
a.95h	0.54	23.50	-0.79	-1.55	4.25	41.94	40.88	32.21	75.40	103.30	-11.42
a.118h	0.54	23.37	-0.83	-1.63	4.28	42.23	59.33	46.76	73.23	100.32	-10.39

Annexe 18: Effet du % de solides totaux sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>, acid.HCl)

Echantillon	pH	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288		
		Moyenne (mV)	%Sol. (mg/L)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	
<b>3%ST</b>										
Totaux			2054.00		0.00		597.00		0.09	
0h	2.89	310	46.90	2.40	-0.61	0.00	462.04	81.26	0.01	12.93
17h	3.5	238	29.23	1.49	-0.61	0.00	489.15	86.03	0.03	30.80
24h	3.54	260	27.63	1.41	-0.58	0.00	473.64	83.30	0.03	34.14
48h	3.58	279	40.41	2.07	-0.67	0.00	558.93	98.30	0.13	150.62
72h	3.41	313	52.29	2.67	-0.60	0.00	589.43	103.67	0.14	163.43
100h	2.89	382	66.69	3.41	-0.40	0.00	540.87	95.13	0.12	147.75
115h	2.56	437	79.03	4.04	-0.38	0.00	554.39	97.51	0.14	163.58
163h	2.3	538	103.55	5.29	-0.19	0.00	596.66	104.94	0.15	179.38
<b>5%ST</b>										
Totaux			3340.00		0.00		974.80		0.20	
0h	3.01	280	33.85	1.06	-0.78	0.00	461.20	49.68	0.05	25.59
17h	3.85	199	14.14	0.44	-0.69	0.00	480.68	51.78	0.07	36.69
24h	3.83	214	13.77	0.43	-0.76	0.00	503.49	54.23	0.10	50.70
48h	3.83	242	17.81	0.56	-0.60	0.00	481.54	51.87	0.12	60.30
72h	3.73	252	23.94	0.75	-0.58	0.00	557.27	60.03	0.16	79.91
100h	3.57	284	34.14	1.07	-0.60	0.00	589.87	63.54	0.16	84.52
115h	3.44	295	45.58	1.43	-0.59	0.00	584.98	63.01	0.17	85.63
163h	2.41	477	130.47	4.10	-0.11	0.00	701.26	75.54	0.20	101.39
<b>7%ST</b>										
Totaux			4222.00		0.00		1336.80		0.31	
0h	3.13	260	36.35	0.90	-1.16	0.00	640.45	50.30	0.06	20.38
17h	3.98	190	13.15	0.33	-1.13	0.00	658.52	51.72	0.09	30.54
24h	3.93	202	11.82	0.29	-1.14	0.00	688.55	54.08	0.12	39.80
48h	3.79	232	19.04	0.47	-1.04	0.00	718.39	56.43	0.17	56.99
72h	3.83	235	23.07	0.57	-1.06	0.00	882.54	69.32	0.23	78.25
100h	3.64	254	27.72	0.69	-0.88	0.00	889.40	69.86	0.24	79.85
115h	3.55	263	35.96	0.89	-0.82	0.00	965.11	75.80	0.25	84.80
163h	2.44	451	135.38	3.37	-0.39	0.00	1072.35	84.23	0.28	95.88
<b>10%ST</b>										
Totaux			5860.00		0.00		1893.00		0.44	
0h	3.26	236	24.07	0.43	-1.48	0.00	766.80	42.53	0.05	10.83
17h	3.91	191	9.69	0.17	-1.45	0.00	768.78	42.64	0.09	22.22
24h	3.97	190	8.83	0.16	-1.56	0.00	789.32	43.78	0.12	29.12
48h	3.83	223	16.79	0.30	-1.50	0.00	790.65	43.86	0.18	42.77
72h	3.88	228	19.23	0.34	-1.35	0.00	887.55	49.23	0.28	67.00
100h	3.69	236	22.74	0.41	-1.15	0.00	986.31	54.71	0.32	76.13
115h	0.75	235	21.50	0.39	-1.03	0.00	1055.65	58.55	0.33	79.58
163h	3.56	267	42.23	0.76	-0.79	0.00	1241.11	68.84	0.38	90.66
<b>15%ST</b>										
Totaux			8360.00		0.00		2679.60		0.67	
0h	3.21	215	22.95	0.29	-2.33	0.00	1054.01	41.30	0.03	5.18
17h	3.95	175	9.34	0.12	-2.19	0.00	1067.29	41.82	0.15	24.07
24h	3.83	196	13.01	0.16	-2.16	0.00	1068.37	41.86	0.22	34.41
48h	3.76	221	25.05	0.31	-1.94	0.00	1234.77	48.38	0.34	54.24
72h	3.92	212	18.36	0.23	-1.69	0.00	1375.90	53.91	0.45	71.28
100h	3.83	209	12.54	0.16	-1.32	0.00	1699.24	66.58	0.49	76.47
115h	3.9	202	10.86	0.14	-1.13	0.00	1922.22	75.32	0.54	84.74
163h	3.88	224	14.54	0.18	-0.66	0.00	2256.46	88.42	0.57	89.38
<b>25%ST</b>										
Totaux			6012.00		0.00		3154.80		0.84	
0h	3.24	220	15.28	0.27	-3.27	0.00	1281.58	42.65	0.05	6.51
17h	3.93	158	13.44	0.23	-3.18	0.00	1380.51	45.95	0.22	27.31
24h	3.88	178	14.34	0.25	-3.17	0.00	1473.42	49.04	0.28	35.13
48h	3.64	217	23.47	0.41	-2.64	0.00	1527.79	50.85	0.44	55.41
72h	4.03	184	11.89	0.21	-2.03	0.00	2323.80	77.34	0.69	86.31
100h	3.9	197	8.08	0.14	-1.18	0.00	2614.66	87.02	0.71	89.00
115h	3.98	192	6.56	0.11	-0.78	0.00	2949.99	98.18	0.75	94.29
163h	4.19	208	3.32	0.06	-0.08	0.00	3231.79	107.56	0.76	95.38

Annexe 18:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>3%ST</b>										
Totaux	7.38		3.30		2108.00		574.20		28.56	
0h	1.13	16.02	-0.00	-0.06	944.62	47.05	79.75	14.58	20.72	76.19
17h	0.21	3.01	0.06	1.92	895.40	44.60	92.44	16.90	20.22	74.33
24h	0.15	2.16	0.14	4.39	850.18	42.35	90.59	16.57	19.78	72.71
48h	0.13	1.86	0.61	19.39	880.09	43.84	105.75	19.34	22.64	83.23
72h	0.11	1.62	1.11	35.41	805.93	40.14	109.51	20.03	23.18	85.21
100h	0.16	2.22	1.63	51.84	609.41	30.35	100.36	18.35	20.82	76.55
115h	0.23	3.23	1.92	61.20	471.76	23.50	100.20	18.32	21.03	77.33
163h	0.48	6.83	2.44	77.74	211.44	10.53	107.86	19.72	22.59	83.04
<b>5%ST</b>										
Totaux	10.82		5.42		3184.00		933.00		45.14	
0h	0.50	4.82	-0.01	-0.27	1072.28	35.36	105.03	11.82	24.00	55.82
17h	0.13	1.31	-0.02	-0.38	1010.72	33.33	110.98	12.49	23.62	54.95
24h	0.15	1.43	-0.01	-0.10	1018.19	33.58	114.09	12.84	24.22	56.33
48h	0.14	1.35	0.22	4.33	855.91	28.23	108.45	12.20	22.01	51.19
72h	0.11	1.05	0.50	9.63	861.32	28.40	124.31	13.99	24.58	57.16
100h	0.11	1.03	0.92	17.75	812.54	26.80	129.41	14.56	25.04	58.24
115h	0.07	0.70	1.43	27.67	749.52	24.72	129.67	14.59	24.95	58.03
163h	0.32	3.13	3.94	76.36	217.32	7.17	149.46	16.82	27.44	63.82
<b>7%ST</b>										
Totaux	14.66		8.00		4200.00		1157.60		62.60	
0h	0.62	4.47	-0.05	-0.67	1550.37	38.76	137.35	12.46	33.89	56.85
17h	0.24	1.69	-0.05	-0.60	1462.62	36.57	143.94	13.06	32.72	54.88
24h	0.26	1.86	-0.04	-0.49	1462.34	36.56	149.50	13.56	33.24	55.76
48h	0.21	1.54	0.19	2.55	1340.29	33.51	154.08	13.98	33.42	56.05
72h	0.22	1.59	0.38	4.93	1317.57	32.94	177.62	16.11	37.06	62.17
100h	0.19	1.36	0.64	8.44	1156.92	28.92	179.34	16.27	36.04	60.45
115h	0.20	1.42	1.00	13.12	1140.37	28.51	193.76	17.58	37.75	63.32
163h	0.28	2.02	4.73	62.09	503.87	12.60	222.54	20.19	40.00	67.10
<b>10%ST</b>										
Totaux	20.99		11.69		6164.00		1525.60		86.96	
0h	0.43	2.13	-0.07	-0.63	2085.43	35.52	141.93	9.77	44.63	53.88
17h	0.33	1.66	-0.05	-0.45	2012.54	34.28	151.50	10.43	43.93	53.05
24h	0.35	1.74	-0.05	-0.44	2001.54	34.10	153.25	10.55	44.74	54.03
48h	0.29	1.44	0.20	1.77	1711.31	29.15	155.55	10.71	42.64	51.49
72h	0.27	1.34	0.26	2.36	1576.63	26.86	176.52	12.15	44.78	54.07
100h	0.23	1.16	0.44	3.94	1413.54	24.08	202.90	13.96	46.44	56.08
115h	0.24	1.18	0.50	4.53	1291.78	22.00	223.15	15.36	46.66	56.34
163h	0.10	0.52	1.43	12.81	1013.88	17.27	294.32	20.26	50.26	60.68
<b>15%ST</b>										
Totaux	30.03		17.32		8468.00		2295.00		129.40	
0h	0.60	2.09	-0.14	-0.83	2869.68	35.58	166.37	7.61	64.62	52.43
17h	0.47	1.65	-0.08	-0.49	2683.77	33.28	173.20	7.92	63.34	51.40
24h	0.47	1.66	-0.10	-0.58	2596.96	32.20	176.56	8.08	63.87	51.82
48h	0.42	1.48	0.22	1.32	2448.61	30.36	205.70	9.41	67.32	54.62
72h	0.36	1.25	0.12	0.70	2056.17	25.50	235.04	10.75	67.09	54.44
100h	0.27	0.95	0.08	0.47	1608.43	19.94	296.22	13.55	69.64	56.51
115h	0.25	0.87	0.10	0.59	1450.83	17.99	359.76	16.46	75.36	61.15
163h	0.08	0.27	0.30	1.85	853.66	10.59	478.12	21.87	78.68	63.85
<b>25%ST</b>										
Totaux	36.78		22.21		11010		1692.00		156.36	
0h	0.77	2.18	-0.16	-0.76	3901.86	37.21	214.92	13.34	86.79	58.28
17h	0.71	2.02	-0.13	-0.62	3781.90	36.07	226.25	14.04	93.11	62.53
24h	0.70	2.00	-0.19	-0.92	3715.95	35.44	233.36	14.48	95.48	64.12
48h	0.54	1.55	0.04	0.20	3081.41	29.39	240.53	14.93	89.92	60.38
72h	0.42	1.19	-0.04	-0.20	2403.66	22.92	345.38	21.43	103.05	69.20
100h	0.26	0.73	-0.00	-0.01	1437.65	13.71	467.70	29.02	102.41	68.77
115h	0.18	0.52	0.01	0.04	1064.28	10.15	575.53	35.72	108.48	72.85
163h	0.03	0.08	0.10	0.48	233.16	2.22	728.29	45.20	108.71	73.00

## Annexe 7:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>20 mg PO4-3</b>										
Totaux	4.60		2.95		2697.85		495.45		29.13	
a0h	0.18	4.07	0.06	2.08	1343.31	52.28	71.30	15.11	19.21	69.22
a18h	0.08	1.72	0.44	15.82	1173.14	45.66	81.16	17.20	19.09	68.80
a24h	0.09	2.09	0.68	24.35	1140.80	44.40	85.58	18.14	19.15	69.02
a41h	0.13	2.94	1.20	42.62	1006.11	39.16	95.57	20.25	20.80	74.97
a48h	0.17	3.90	1.45	51.72	934.43	36.37	96.71	20.50	20.60	74.25
a65h	0.27	6.09	1.91	68.08	598.30	23.29	103.59	21.95	21.02	75.75
a89h	0.33	7.48	2.11	75.06	459.92	17.90	88.70	18.80	19.58	70.56
a96h	0.34	7.69	2.06	73.23	457.07	17.79	88.74	18.81	19.33	69.66
b0h	0.15	3.50	0.08	2.78	1224.39	47.65	66.57	14.11	18.23	65.71
b18h	0.05	1.23	0.41	14.70	1096.86	42.69	73.91	15.66	18.35	66.12
b24h	0.06	1.42	0.63	22.52	1050.45	40.88	78.95	16.73	18.49	66.62
b41h	0.08	1.87	1.10	39.25	930.47	36.21	83.15	17.62	19.04	68.64
b48h	0.11	2.56	1.43	50.98	801.62	31.20	79.41	16.83	17.80	64.14
b65h	0.22	5.12	2.01	71.65	536.04	20.86	94.31	19.99	20.00	72.06
b89h	0.33	7.57	2.27	80.72	458.72	17.85	96.63	20.48	19.38	69.86
b96h	0.36	8.24	2.28	81.24	456.55	17.77	94.92	20.12	19.86	71.57
<b>40 mg PO4-3</b>										
Totaux	5.92		3.63		2954.72		619.97		31.17	
a0h	0.14	2.52	0.07	2.09	1225.15	43.54	66.70	11.30	18.08	60.91
a18h	0.11	1.90	0.45	13.13	1024.63	36.41	76.23	12.91	16.88	56.85
a24h	0.05	0.95	0.66	19.21	944.94	33.58	80.88	13.70	17.13	57.71
a41h	0.09	1.59	1.40	40.52	784.14	27.87	94.61	16.02	18.22	61.39
a48h	0.14	2.45	1.76	51.07	622.48	22.12	93.98	15.92	16.83	56.70
a65h	0.25	4.43	2.51	72.60	403.89	14.35	101.37	17.17	19.26	64.89
a89h	0.39	6.87	2.70	78.09	377.57	13.42	108.15	18.32	19.70	66.37
a96h	0.43	7.58	2.56	74.00	380.33	13.52	108.74	18.42	20.25	68.19
b0h	0.13	2.24	0.08	2.43	1156.52	41.10	63.25	10.71	16.70	56.24
b18h	0.06	0.98	0.45	13.08	992.10	35.26	74.46	12.61	16.69	56.21
b24h	0.04	0.74	0.60	17.31	868.92	30.88	74.57	12.63	16.09	54.21
b41h	0.09	1.52	1.32	38.07	720.58	25.61	91.41	15.48	17.71	59.66
b48h	0.12	2.13	1.63	47.08	586.40	20.84	89.50	15.16	17.20	57.95

## Annexe 7:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>20 mg PO4-3</b>										
Totaux	2.50		63.01		9.13		1405.55		81.22	
a0h	0.84	35.28	-0.43	-0.72	1.59	18.27	1228.62	91.78	64.51	83.39
a18h	0.96	40.40	-0.22	-0.37	1.38	15.82	1224.63	91.48	67.51	87.28
a24h	0.86	35.86	-0.35	-0.58	1.48	17.02	1182.47	88.34	69.16	89.42
a41h	0.92	38.46	0.10	0.16	1.53	17.59	1231.63	92.01	75.58	97.71
a48h	0.93	38.80	0.64	1.07	1.41	16.25	1223.13	91.37	75.06	97.04
a65h	0.97	40.80	3.08	5.14	1.24	14.22	1198.90	89.56	77.50	100.20
a89h	0.81	34.09	2.96	4.93	0.61	7.01	1008.72	75.36	72.81	94.13
a96h	0.83	34.86	2.92	4.86	0.56	6.40	1016.84	75.96	70.91	91.68
b0h	0.72	30.39	-0.02	-0.03	1.09	12.49	1141.43	85.27	60.02	77.60
b18h	0.74	31.12	-0.02	-0.04	0.89	10.22	1120.33	83.69	63.06	81.52
b24h	0.69	28.95	-0.23	-0.39	0.96	10.98	1117.23	83.46	67.62	87.42
b41h	0.72	29.97	-0.08	-0.14	0.94	10.82	1096.20	81.89	69.78	90.21
b48h	0.74	30.96	0.14	0.23	0.95	10.91	1078.95	80.60	68.39	88.41
b65h	0.81	33.95	2.10	3.49	0.82	9.41	1073.45	80.19	76.50	98.90
b89h	0.88	36.83	3.24	5.40	0.70	8.01	1067.06	79.71	75.54	97.66
b96h	0.92	38.65	3.35	5.58	0.60	6.85	1102.07	82.33	76.72	99.18
<b>40 mg PO4-3</b>										
Totaux	2.95		80.48		10.96		1394.60		83.05	
a0h	0.74	26.28	-0.10	-0.13	1.04	9.93	1153.10	86.82	59.56	75.30
a18h	0.72	25.47	-0.31	-0.41	1.02	9.76	1093.42	82.32	63.62	80.44
a24h	0.69	24.48	-0.21	-0.27	1.03	9.82	1086.75	81.82	64.47	81.51
a41h	0.75	26.84	0.05	0.07	1.10	10.55	1093.24	82.31	72.56	91.74
a48h	0.71	25.38	0.52	0.68	1.00	9.56	1052.16	79.22	68.83	87.02
a65h	0.80	28.47	2.39	3.12	0.78	7.52	1015.11	76.43	73.77	93.26
a89h	0.93	33.17	3.11	4.06	0.53	5.07	1069.98	80.56	80.11	101.28
a96h	0.99	35.33	3.04	3.97	0.44	4.24	1046.30	78.78	80.19	101.38
b0h	0.69	24.37	-0.36	-0.46	1.02	9.80	1169.84	88.08	56.17	71.02
b18h	0.70	24.78	-0.22	-0.29	1.01	9.65	1039.45	78.26	61.70	78.01
b24h	0.64	22.90	-0.25	-0.32	0.96	9.23	976.41	73.51	58.01	73.34
b41h	0.68	24.27	0.09	0.11	1.07	10.27	1036.28	78.02	66.33	83.86
b48h	0.70	24.93	0.24	0.32	1.11	10.68	965.10	72.66	72.03	91.07

Annexe 8a:

Effet du pourcentage de solides totaux (ST) sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (acidification après 97 heures séd#12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>5%ST</b>			3017.19		-0.77		1009.03		0.23	
Totaux										
a0h	3.48	295	62.23	2.17	-0.45	0.00	515.13	53.60	0.07	33.56
a5h	3.86	244	52.59	1.83	-0.58	0.00	568.17	59.12	0.11	47.77
a21h	3.63	296	69.91	2.43	-0.51	0.00	581.26	60.49	0.15	69.14
a28h	3.29	318	86.58	3.01	-0.54	0.00	621.37	64.66	0.19	83.73
a45h	2.94	375	121.35	4.22	-0.22	0.00	645.91	67.21	0.21	96.21
a52h	2.86	384	137.24	4.78	-0.24	0.00	697.63	72.60	0.21	94.81
a69h	2.63	500	156.98	5.46	-0.04	0.00	729.76	75.94	0.23	105.51
a76h	2.6	550	195.20	6.79	-0.01	0.00	718.01	74.72	0.22	100.12
a93h	2.6	566	174.34	6.07	-0.01	0.00	711.49	74.04	0.68	308.80
a97h*	1.83	563	231.45	8.05	-0.40	0.00	788.00	82.00	0.24	110.51
a101h*	1.76	550	243.10	8.46	-0.44	0.00	802.28	83.49	0.24	110.77
b0h	3.48	295	51.95	1.81	-0.54	0.00	493.62	51.37	0.05	23.55
b5h	4.03	246	45.24	1.57	-0.52	0.00	436.57	45.43	0.04	19.62
b21h	3.47	314	50.10	1.74	-0.53	0.00	468.97	48.80	0.10	45.03
b28h	3.42	307	62.51	2.18	-0.47	0.00	556.23	57.88	0.14	62.02
b45h	2.97	370	100.26	3.49	-0.35	0.00	586.40	61.02	0.18	79.77
b52h	2.93	374	117.74	4.10	-0.14	0.00	621.06	64.63	0.17	78.98
b69h	2.67	473	153.64	5.35	-0.13	0.00	708.06	73.68	0.20	88.94
b76h	2.63	549	131.51	4.58	0.01	0.00	607.28	63.19	0.21	96.58
b93h	2.63	563	150.62	5.24	-0.03	0.00	629.81	65.54	0.20	88.24
b97h*	1.83	564	210.49	7.33	-0.42	0.00	721.18	75.05	0.20	90.60
b101h*	1.75	551	243.09	8.46	-0.33	0.00	789.93	82.20	0.23	102.40
<b>7%ST</b>			2957.79		-1.02		1170.67		0.34	
Totaux										
a0h	3.27	294	48.15	1.71	-0.66	0.00	462.51	41.48	0.06	18.54
a5h	3.97	233	44.05	1.56	-0.61	0.00	477.24	42.80	0.06	18.82
a21h	3.73	256	51.40	1.82	-0.57	0.00	522.89	46.90	0.14	43.68
a28h	3.26	321	83.22	2.95	-0.57	0.00	548.09	49.16	0.17	54.39
a45h	3.01	364	131.21	4.66	-0.35	0.00	680.26	61.01	0.23	72.40
a52h	3.02	362	136.16	4.83	-0.26	0.00	727.22	65.23	0.23	72.59
a69h	2.79	458	151.55	5.38	-0.07	0.00	783.16	70.24	0.24	73.72
a76h	2.72	540	152.61	5.42	-0.05	0.00	716.21	64.24	0.23	72.54
a93h	2.72	559	179.98	6.39	-0.01	0.00	816.81	73.26	0.26	82.85
a97h*	1.83	556	257.41	9.14	-0.44	0.00	911.71	81.77	0.28	86.06
a101h*	1.73	546	299.08	10.62	-0.54	0.00	949.29	85.14	0.30	94.32
b0h	3.27	294	49.46	1.76	-0.75	0.00	499.59	44.81	0.05	15.05
b5h	3.93	233	43.55	1.55	-0.62	0.00	511.30	45.86	0.10	29.83
b21h	3.56	272	60.76	2.16	-0.65	0.00	568.41	50.98	0.14	44.56
b28h	3.52	302	68.95	2.45	-0.65	0.00	546.82	49.05	0.17	53.45
b45h	2.99	366	114.62	4.07	-0.28	0.00	558.11	50.06	0.21	64.55
b52h	3.03	358	133.13	4.73	-0.29	0.00	644.32	57.79	0.21	65.44
b69h	2.84	425	152.80	5.42	-0.12	0.00	726.33	65.15	0.25	77.69
b76h	2.74	531	157.27	5.58	-0.01	0.00	717.26	64.33	0.25	78.86
b93h	2.73	555	169.26	6.01	-0.01	0.00	706.53	63.37	0.23	71.87
b97h*	1.82	561	256.92	9.12	-0.32	0.00	797.85	71.56	0.27	83.75
b101h*	1.76	545	275.56	9.78	-0.32	0.00	825.96	74.08	0.28	88.68

\*acid.a pH1.75

## Annexe 8a:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>5%ST</b>										
Totaux	9.76		5.05		3590.72		907.18		46.66	
a0h	0.25	2.70	-0.04	-0.87	1487.04	43.48	89.06	10.31	30.20	67.95
a5h	0.12	1.25	0.01	0.27	1706.80	49.91	100.20	11.60	33.50	75.39
a21h	0.06	0.67	0.52	10.78	1371.20	40.10	115.41	13.36	32.89	74.02
a28h	0.03	0.31	0.93	19.30	1413.03	41.32	126.93	14.69	35.36	79.57
a45h	0.12	1.31	2.45	50.93	747.08	21.85	141.21	16.34	32.17	72.39
a52h	0.14	1.48	3.07	63.86	629.17	18.40	158.01	18.29	33.35	75.05
a69h	0.28	3.06	3.88	80.58	258.57	7.56	174.39	20.18	32.74	73.68
a76h	0.51	5.45	3.96	82.32	231.10	6.76	181.90	21.05	31.93	71.85
a93h	0.47	5.04	4.07	84.51	162.26	4.74	172.58	19.97	30.92	69.58
a97h*	1.40	15.09	4.81	99.92	1156.61	33.82	191.60	22.18	34.55	77.74
a101h*	1.66	17.89	4.85	100.67	1187.74	34.73	190.86	22.09	33.13	74.56
b0h	0.19	2.07	-0.03	-0.64	1415.79	41.40	86.72	10.04	27.44	61.76
b5h	0.13	1.37	0.03	0.65	1238.18	36.21	80.27	9.29	24.50	55.13
b21h	0.06	0.64	0.38	7.95	1088.57	31.83	87.41	10.12	24.45	55.01
b28h	0.05	0.55	0.57	11.93	1059.76	30.99	101.55	11.75	27.22	61.26
b45h	0.08	0.88	2.01	41.81	633.22	18.52	119.65	13.85	26.91	60.56
b52h	0.10	1.10	2.64	54.78	498.67	14.58	129.32	14.97	26.94	60.62
b69h	0.23	2.48	3.79	78.74	197.84	5.79	163.75	18.95	28.70	64.58
b76h	0.27	2.86	3.58	74.46	128.91	3.77	148.86	17.23	26.59	59.83
b93h	0.37	3.99	3.69	76.70	100.09	2.93	151.93	17.59	26.28	59.14
b97h*	1.41	15.21	4.58	95.19	1065.88	31.17	162.09	18.76	28.41	63.93
b101h*	1.66	17.81	5.09	105.71	1168.93	34.18	175.01	20.26	30.44	68.50
<b>7%ST</b>										
Totaux	13.00		7.09		4595.44		987.53		61.18	
a0h	0.18	1.42	-0.06	-0.82	1635.38	37.37	67.13	7.14	30.75	52.77
a5h	0.09	0.75	-0.00	-0.01	1599.45	36.55	74.01	7.87	30.86	52.95
a21h	0.03	0.28	0.20	2.94	1447.03	33.06	92.23	9.81	32.45	55.69
a28h	0.07	0.57	1.05	15.60	1166.43	26.65	101.78	10.82	32.34	55.50
a45h	0.11	0.87	2.61	38.66	748.95	17.11	153.88	16.36	36.62	62.85
a52h	0.09	0.72	2.73	40.45	544.55	12.44	163.58	17.39	34.82	59.76
a69h	0.18	1.49	3.68	54.48	156.11	3.57	197.81	21.03	35.82	61.46
a76h	0.22	1.75	3.71	54.88	87.11	1.99	195.82	20.82	33.48	57.45
a93h	0.35	2.85	4.13	61.12	72.32	1.65	216.92	23.06	36.42	62.50
a97h*	1.76	14.18	5.34	79.11	1333.97	30.48	240.82	25.61	38.34	65.79
a101h*	2.03	16.39	6.05	89.57	1412.84	32.28	243.40	25.88	41.41	71.06
b0h	0.18	1.45	-0.02	-0.26	1708.31	39.03	74.09	7.88	32.43	55.65
b5h	0.29	2.31	-0.03	-0.38	1766.74	40.37	82.66	8.79	33.29	57.13
b21h	0.06	0.51	0.37	5.52	1603.77	36.64	100.75	10.71	35.66	61.20
b28h	0.03	0.23	0.51	7.61	1599.39	36.54	104.77	11.14	36.75	63.07
b45h	0.14	1.13	2.24	33.17	712.12	16.27	130.34	13.86	33.51	57.51
b52h	0.12	0.93	2.59	38.41	564.96	12.91	152.06	16.17	34.61	59.40
b69h	0.17	1.37	3.42	50.70	222.12	5.08	220.27	23.42	38.96	66.85
b76h	0.19	1.56	3.83	56.75	74.28	1.70	186.56	19.84	32.94	56.54
b93h	0.30	2.44	4.02	59.47	55.46	1.27	225.18	23.94	36.59	62.80
b97h*	1.47	11.85	5.40	79.91	1039.80	23.76	220.75	23.47	36.63	62.87
b101h*	1.73	13.98	5.77	85.51	1139.88	26.04	232.14	24.68	38.82	66.63

\*acid.a pH1.75

Annexe 8a:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)										
<b>5%ST</b>												
Totaux	4.59		100.59		16.81		1503.83		149.57		18.88	
a0h	0.92	21.06	-2.20	-2.30	1.58	9.84	1456.73	101.71	102.13	71.70	-5.53	
a5h	1.01	23.09	-2.97	-3.10	1.24	7.76	1623.00	113.32	121.79	85.50	-15.79	
a21h	1.03	23.50	-2.47	-2.58	1.90	11.89	1505.85	105.14	136.11	95.56	-17.01	
a28h	1.10	25.15	-2.30	-2.40	2.52	15.71	1594.22	111.31	144.69	101.57	-16.23	
a45h	1.05	24.02	-1.33	-1.39	3.53	22.07	1350.05	94.26	141.06	99.03	-16.53	
a52h	1.13	25.73	-0.88	-0.92	3.73	23.30	1405.53	98.14	146.94	103.15	-15.47	
a69h	1.16	26.56	0.24	0.25	3.85	24.07	1338.33	93.44	146.79	103.05	-13.67	
a76h	1.24	28.29	2.21	2.30	3.95	24.69	1265.68	88.37	140.69	98.77	-6.98	
a93h	1.31	30.04	0.62	0.64	3.59	22.40	1289.83	90.06	142.81	100.26	-10.64	
a97h*	1.58	36.19	27.22	28.42	8.09	50.51	1433.68	100.10	149.17	104.72	21.95	
a101h*	1.53	34.93	27.46	28.66	8.91	55.63	1417.41	98.97	143.54	100.77	27.70	
b0h	0.92	21.08	-2.51	-2.62	1.77	11.07	1337.72	93.40	97.00	68.10	2.70	
b5h	0.78	17.94	-1.99	-2.07	1.59	9.91	1187.23	82.89	98.71	69.29	-6.82	
b21h	0.79	18.11	-1.75	-1.83	2.05	12.81	1212.74	84.68	107.34	75.35	-7.29	
b28h	0.89	20.40	-1.79	-1.87	1.98	12.37	1260.68	88.02	118.91	83.48	-11.14	
b45h	0.86	19.74	-0.95	-0.99	3.18	19.88	1162.65	81.18	117.08	82.19	-9.21	
b52h	0.91	20.74	-0.68	-0.71	3.27	20.43	1176.84	82.17	124.13	87.14	-10.39	
b69h	1.07	24.48	0.12	0.13	3.95	24.66	1210.36	84.51	136.68	95.95	-9.16	
b76h	1.02	23.23	0.31	0.33	3.32	20.73	1071.02	74.78	121.30	85.16	-7.59	
b93h	1.16	26.61	0.31	0.32	2.97	18.57	1058.45	73.90	122.64	86.09	-6.48	
b97h*	1.28	29.20	28.53	29.79	8.39	52.40	1215.86	84.89	124.64	87.50	5.34	
b101h*	1.47	33.61	28.68	29.94	9.03	56.40	1323.95	92.44	139.05	97.62	15.33	
<b>7%ST</b>												
Totaux	6.28		140.85		21.78		1796.68		200.28		451.12	
a0h	0.91	15.26	-2.71	-2.02	1.47	7.08	1403.31	82.01	109.64	57.48	-1.83	
a5h	0.93	15.48	-2.62	-1.95	1.54	7.42	1455.42	85.06	122.36	64.15	-10.42	
a21h	0.97	16.28	-2.24	-1.67	1.68	8.10	1482.39	86.63	140.69	73.76	-9.46	
a28h	1.02	16.98	-1.93	-1.44	3.13	15.07	1401.64	81.91	148.98	78.11	-5.23	
a45h	1.25	20.90	-1.05	-0.78	3.38	16.28	1405.25	82.12	166.98	87.54	-6.99	
a52h	1.15	19.25	-0.96	-0.72	3.16	15.23	1359.39	79.44	168.78	88.48	-5.04	
a69h	1.25	20.83	-0.12	-0.09	3.62	17.47	1295.93	75.74	166.42	87.25	-5.69	
a76h	1.27	21.26	0.07	0.05	3.25	15.66	1217.85	71.17	152.28	79.83	-1.49	
a93h	1.52	25.44	0.15	0.11	3.36	16.19	1310.40	76.58	170.01	89.13	2.54	
a97h*	1.68	28.01	34.26	25.54	10.34	49.83	1530.30	89.43	171.68	90.01	26.28	
a101h*	1.82	30.37	33.58	25.04	10.48	50.53	1561.77	91.27	180.26	94.50	22.04	
b0h	0.99	16.62	-2.85	-2.13	1.74	8.40	1503.11	87.84	118.51	62.13	-3.66	
b5h	1.02	17.09	-2.52	-1.88	1.60	7.74	1514.88	88.53	131.75	69.07	-6.97	
b21h	1.09	18.14	-2.85	-2.13	2.32	11.19	1565.19	91.47	148.87	78.05	-4.21	
b28h	1.08	18.05	-2.94	-2.19	2.21	10.65	1609.42	94.06	160.61	84.20	-3.12	
b45h	1.03	17.28	-1.20	-0.90	2.96	14.27	1296.35	75.76	154.19	80.84	-7.13	
b52h	1.06	17.80	-1.01	-0.75	2.96	14.26	1280.44	74.83	162.90	85.40	-5.52	
b69h	1.24	20.66	-0.26	-0.19	3.50	16.85	1351.57	78.99	181.52	95.16	-6.66	
b76h	1.10	18.33	0.07	0.06	3.50	16.86	1277.77	74.67	166.20	87.13	-0.29	
b93h	1.34	22.46	0.31	0.23	3.01	14.50	1244.95	72.76	169.37	88.79	-0.86	
b97h*	1.53	25.52	22.36	16.67	8.83	42.59	1398.01	81.70	160.09	83.93	24.35	
b101h*	1.67	27.83	22.63	16.87	9.40	45.30	1471.99	86.02	179.04	93.86	21.53	

\*acid.a pH1.75

Annexe 8a: Effet du % de solides totaux (ST) sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (acidification après 97 heures) (sed#12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>10%ST</b>										
Totaux			4170.83		-1.08		1426.24		0.31	
a0h	3.28	268	40.62	1.02	-0.83	0.00	658.34	48.47	0.02	6.93
a5h	4.08	194	31.84	0.80	-0.99	0.00	670.32	49.35	0.02	8.48
a21h	3.93	297	75.65	1.90	-0.82	0.00	690.47	50.83	0.13	44.18
a28h	3.4	324	96.05	2.42	-0.68	0.00	681.61	50.18	0.21	72.93
a45h	3.03	347	148.05	3.73	-0.48	0.00	730.51	53.78	0.27	91.40
a52h	3.14	336	118.05	2.97	-0.26	0.00	610.57	44.95	0.23	79.61
a69h	2.99	381	137.14	3.45	-0.06	0.00	601.87	44.31	0.25	84.57
a76h	2.84	435	146.56	3.69	-0.10	0.00	571.92	42.11	0.29	97.70
a93h	2.73	547	187.13	4.71	-0.12	0.00	575.58	42.37	0.30	103.59
a97h*	1.83	553	278.50	7.01	-0.36	0.00	1016.82	74.86	0.31	106.49
a101h*	1.76	538	303.74	7.65	-0.45	0.00	1078.65	79.41	0.34	117.97
b0h	3.28	268	35.43	0.89	-1.05	0.00	612.48	45.09	0.02	8.17
b5h	4.19	195	29.30	0.74	-1.08	0.00	676.22	49.78	0.01	5.07
b21h	3.86	264	58.22	1.47	-1.03	0.00	690.73	50.85	0.10	35.11
b28h	3.79	255	59.44	1.50	-0.77	0.00	672.58	49.52	0.19	64.44
b45h	2.94	353	147.90	3.72	-0.54	0.00	707.99	52.12	0.27	92.43
b52h	3.02	344	182.36	4.59	-0.63	0.00	754.54	55.55	0.34	114.78
b69h	2.97	371	181.89	4.58	-0.33	0.00	659.00	48.52	0.34	115.27
b76h	2.91	400	218.57	5.50	-0.18	0.00	671.07	49.40	0.37	125.92
b93h	2.77	544	270.64	6.81	-0.05	0.00	669.08	49.26	0.39	132.36
b97h*	1.78	550	339.68	8.55	-0.43	0.00	990.07	72.89	0.38	130.75
b101h*	1.76	543	379.20	9.55	-0.62	0.00	1093.78	80.52	0.42	142.34
<b>15%ST</b>										
Totaux			9217.92		-3.45		2788.87		0.69	
a0h	4.02		13.36	0.15	-2.36	0.00	608.89	22.92	0.03	4.49
a5h	4.51	170	22.63	0.26	-2.43	0.00	759.98	28.61	0.03	4.80
a21h	4.08	209	98.51	1.12	-2.74	0.00	648.15	24.40	0.16	24.30
a28h	3.63	246	144.73	1.65	-2.27	0.00	644.83	24.28	0.29	44.03
a45h	2.99	330	269.71	3.07	-1.63	0.00	595.90	22.44	0.41	62.28
a52h	2.93	329	276.84	3.15	-1.62	0.00	566.63	21.33	0.42	62.86
a69h	2.91	343	309.19	3.52	-1.21	0.00	557.30	20.98	0.43	65.30
a76h	2.84	359	333.92	3.80	-1.05	0.00	568.79	21.41	0.46	69.69
a93h	2.42	551	419.20	4.78	-0.52	0.00	628.25	23.65	0.54	81.20
a97h*	1.78	548	486.20	5.54	-1.21	0.00	934.64	35.19	0.54	82.51
b0h	4.02		12.36	0.14	-2.43	0.00	627.69	23.63	0.03	4.35
b5h	4.41	166	16.98	0.19	-2.51	0.00	668.59	25.17	0.05	7.08
b21h	4.14	225	37.31	0.42	-1.97	0.00	481.07	18.11	0.10	15.39
b28h	3.88	179	88.96	1.01	-2.75	0.00	661.64	24.91	0.19	29.06
b45h	3.65	312	196.81	2.24	-1.84	0.00	548.65	20.66	0.31	46.90
b52h	3.03	325	222.43	2.53	-1.76	0.00	549.26	20.68	0.36	54.55
b69h	2.96	331	287.44	3.27	-1.51	0.00	572.10	21.54	0.43	65.32
b76h	2.99	331	312.23	3.56	-1.35	0.00	565.25	21.28	0.48	73.43
b93h	2.62	402	408.09	4.65	-0.82	0.00	606.08	22.82	0.53	80.24
b97h*	1.78	468	403.25	4.59	-1.06	0.00	687.22	25.87	0.50	76.01
b101h*	1.73	481	576.44	6.57	-1.43	0.00	963.75	36.28	0.65	97.92

\*acid.a pH1.75

Annexe 8a:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>10%ST</b>										
Totaux	15.48		7.23		4327.92		1274.01		62.49	
a0h	0.12	0.79	-0.11	-1.61	2594.49	62.95	98.58	8.12	44.39	74.59
a5h	0.07	0.45	-0.11	-1.61	2584.66	62.71	108.60	8.95	44.79	75.26
a21h	0.07	0.47	0.71	10.34	2236.85	54.27	117.60	9.69	44.95	75.52
a28h	0.07	0.46	1.02	14.88	1856.88	45.05	130.89	10.79	44.69	75.09
a45h	0.10	0.65	2.58	37.38	966.31	23.44	183.94	15.16	42.26	71.00
a52h	0.07	0.45	2.06	29.97	648.77	15.74	170.72	14.07	34.36	57.74
a69h	0.08	0.53	2.81	40.72	303.41	7.36	226.64	18.68	35.94	60.39
a76h	0.14	0.93	3.07	44.62	186.17	4.52	254.88	21.01	40.83	68.61
a93h	0.26	1.78	4.37	63.45	54.85	1.33	281.34	23.19	40.44	67.94
a97h*	1.54	10.44	5.89	85.43	1223.85	29.69	260.42	21.46	40.63	68.26
a101h*	1.99	13.49	6.35	92.21	1386.12	33.63	300.95	24.80	44.95	75.52
b0h	0.13	0.88	-0.10	-1.49	2623.29	63.64	97.16	8.01	44.85	75.36
b5h	0.05	0.37	-0.14	-2.06	2526.03	61.28	97.01	7.99	39.84	66.94
b21h	0.08	0.56	0.21	3.00	2398.81	58.20	115.68	9.53	47.50	79.81
b28h	0.04	0.30	0.29	4.14	2217.01	53.79	120.15	9.90	46.19	77.61
b45h	0.16	1.11	2.57	37.24	1412.11	34.26	159.20	13.12	46.38	77.92
b52h	0.14	0.93	3.19	46.34	1149.96	27.90	194.52	16.03	49.90	83.84
b69h	0.12	0.81	3.77	54.68	586.28	14.22	254.58	20.98	51.28	86.16
b76h	0.15	1.01	4.84	70.21	338.77	8.22	286.96	23.65	52.04	87.43
b93h	0.32	2.17	6.69	97.12	58.92	1.43	371.59	30.63	59.09	99.29
b97h*	1.62	11.01	7.77	112.83	1231.71	29.88	313.83	25.86	48.16	80.92
b101h*	2.44	16.57	8.67	125.80	1620.03	39.30	397.75	32.78	62.66	105.27
<b>15%ST</b>										
Totaux	29.49		15.17		12854.70		2823.90		149.18	
a0h	0.05	0.17	-0.19	-1.35	4460.91	36.44	91.91	3.42	56.72	39.93
a5h	0.09	0.31	-0.27	-1.88	5413.10	44.22	127.37	4.74	75.37	53.05
a21h	0.12	0.41	-0.13	-0.93	5403.95	44.14	147.75	5.49	81.05	57.05
a28h	0.10	0.36	0.62	4.26	4985.75	40.72	164.22	6.11	83.42	58.71
a45h	0.33	1.18	3.62	25.03	3657.80	29.88	206.39	7.67	79.92	56.26
a52h	0.30	1.06	3.72	25.73	3336.03	27.25	221.81	8.25	76.30	53.71
a69h	0.26	0.94	4.90	33.95	2594.49	21.19	295.81	11.00	78.09	54.97
a76h	0.30	1.08	5.84	40.45	2483.31	20.28	329.20	12.24	82.43	58.02
a93h	0.86	3.05	9.55	66.11	1117.22	9.13	493.17	18.34	90.60	63.77
a97h*	2.21	7.88	10.74	74.39	2807.58	22.93	466.40	17.34	82.48	58.05
b0h	0.10	0.34	-0.24	-1.69	4397.54	35.92	95.00	3.53	56.29	39.62
b5h	0.07	0.26	-0.20	-1.40	4766.50	38.93	111.27	4.14	60.76	42.77
b21h	0.06	0.22	-0.09	-0.62	4780.08	39.04	116.98	4.35	69.63	49.01
b28h	0.11	0.40	-0.18	-1.27	5264.86	43.00	159.81	5.94	85.86	60.43
b45h	0.24	0.87	2.32	16.07	4219.05	34.46	173.78	6.46	77.81	54.77
b52h	0.19	0.68	2.44	16.86	3708.46	30.29	176.05	6.55	72.39	50.95
b69h	0.26	0.92	3.98	27.55	3380.91	27.62	271.56	10.10	84.11	59.20
b76h	0.23	0.83	4.65	32.16	3060.47	25.00	288.13	10.71	83.53	58.79
b93h	0.47	1.68	7.83	54.21	1971.65	16.10	391.83	14.57	80.38	56.57
b97h*	1.64	5.85	8.78	60.81	2708.36	22.12	434.45	16.15	70.18	49.40
b101h*	2.61	9.29	12.75	88.28	3329.83	27.20	546.62	20.32	92.16	64.87

\*acid a pH1.75

Annexe 8a:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>10%ST</b>											
Totaux	6.40		148.56		30.43		303.19		218.46		226.56
a0h	1.28	21.02	-4.15	-2.93	1.13	3.89	2101.63	727.84	114.83	55.19	0.63
a5h	1.32	21.66	-4.57	-3.23	1.14	3.92	2248.67	778.76	140.61	67.58	2.89
a21h	1.34	21.96	-3.90	-2.76	3.72	12.84	2139.11	740.81	175.65	84.42	4.77
a28h	1.37	22.47	-3.23	-2.29	4.37	15.07	1923.29	666.07	194.66	93.56	8.13
a45h	1.44	23.66	-1.62	-1.14	3.31	11.43	1718.97	595.31	203.09	97.61	9.07
a52h	1.15	18.94	-1.12	-0.79	2.58	8.90	1363.81	472.32	169.94	81.68	10.30
a69h	1.28	21.02	-0.52	-0.37	2.80	9.65	1260.33	436.48	180.66	86.83	9.81
a76h	1.46	23.91	-0.01	-0.00	3.17	10.94	1184.84	410.33	192.42	92.48	10.25
a93h	1.64	26.85	0.16	0.11	3.13	10.81	1283.10	444.36	198.70	95.50	8.30
a97h*	1.73	28.41	29.56	20.89	10.17	35.08	1646.63	570.26	186.82	89.79	33.66
a101h*	2.01	32.98	30.54	21.59	11.48	39.59	1800.22	623.45	206.28	99.14	38.35
b0h	1.33	21.84	-4.03	-2.85	1.00	3.45	1981.64	686.28	123.27	59.25	5.48
b5h	1.28	21.00	-4.43	-3.13	1.00	3.46	2173.00	752.55	129.51	62.25	5.78
b21h	1.31	21.47	-3.87	-2.73	2.72	9.39	2079.59	720.20	170.56	81.97	-2.13
b28h	1.40	22.95	-3.71	-2.62	2.88	9.95	2083.70	721.63	187.37	90.06	0.80
b45h	1.54	25.31	-1.92	-1.36	3.67	12.67	1870.69	647.86	224.63	107.96	0.01
b52h	1.60	26.25	-1.55	-1.10	3.27	11.28	1974.05	683.65	250.63	120.46	0.37
b69h	1.65	26.99	-0.81	-0.57	2.80	9.66	1626.94	563.44	238.68	114.72	-6.32
b76h	1.72	28.19	-0.44	-0.31	2.73	9.42	1668.27	577.75	248.53	119.45	-6.17
b93h	2.07	34.02	0.14	0.10	2.86	9.85	1660.55	575.08	271.29	130.39	-4.29
b97h*	2.01	33.03	26.84	18.97	8.74	30.16	1845.19	639.03	227.71	109.44	27.42
b101h*	2.39	39.17	30.54	21.59	9.88	34.08	2050.37	710.08	259.45	124.70	30.83
<b>15%ST</b>											
Totaux	14.70		314.98		49.70		5401.99		444.08		-1.42
a0h	1.82	12.99	-7.16	-2.39	0.22	0.46	3232.38	62.83	86.27	20.40	-2.97
a5h	2.29	16.34	-8.82	-2.94	0.61	1.28	3244.47	63.06	121.70	28.78	-1.67
a21h	2.53	18.06	-8.92	-2.97	3.15	6.65	3244.59	63.07	216.13	51.10	-1.95
a28h	2.72	19.41	-8.45	-2.82	3.81	8.05	3246.68	63.11	311.34	73.62	0.06
a45h	2.74	19.57	-5.41	-1.80	3.88	8.19	3248.82	63.15	343.83	81.30	-3.24
a52h	2.81	20.10	-4.97	-1.66	3.42	7.22	3242.92	63.03	339.92	80.37	-0.16
a69h	2.89	20.61	-3.42	-1.14	2.44	5.15	3107.79	60.41	341.37	80.72	-2.37
a76h	2.94	20.99	-2.96	-0.99	2.51	5.30	3073.95	59.75	340.11	80.42	0.53
a93h	3.54	25.28	4.93	1.64	2.70	5.71	2780.70	54.05	390.62	92.36	6.15
a97h*	3.39	24.19	45.00	15.00	6.86	14.49	3105.55	60.36	351.33	83.07	40.61
b0h	1.79	12.79	-9.63	-3.21	0.26	0.56	3254.73	63.26	80.31	18.99	3.36
b5h	1.96	13.96	-9.49	-3.16	0.60	1.27	3285.52	63.86	103.04	24.36	0.52
b21h	2.09	14.96	-7.80	-2.60	2.82	5.97	2770.73	53.86	154.05	36.43	-1.35
b28h	2.68	19.15	-10.65	-3.55	3.34	7.05	3538.50	68.78	246.31	58.24	-4.73
b45h	2.62	18.72	-5.55	-1.85	4.22	8.92	3248.33	63.14	295.05	69.76	808.13
b52h	2.59	18.49	-5.19	-1.73	4.04	8.54	3247.54	63.12	311.23	73.59	317.04
b69h	3.01	21.48	-5.03	-1.68	3.34	7.06	3231.75	62.82	347.10	82.07	147.27
b76h	3.00	21.41	-3.54	-1.18	2.99	6.31	3214.81	62.49	358.71	84.81	88.27
b93h	3.15	22.50	-1.17	-0.39	3.00	6.33	3004.02	58.39	380.79	90.04	40.88
b97h*	2.90	20.70	27.78	9.26	6.55	13.84	2705.53	52.59	309.82	73.25	52.40
b101h*	3.58	25.56	46.59	15.53	6.90	14.59	3317.41	64.48	375.56	88.80	54.99

\*acid.a pH1 75

Annexe 8b: Effet du pourcentage de solides totaux (ST) sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (acidification a pH1.75 après 48 heures) (séd12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	Al3092			As1890		Ca3158		Cd2288	
		POR (mV)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)						
<b>5%ST</b>										
Totaux			3265.53		-1.67		1027.19		0.24	
0h	2.97	263	105.96	3.41	-0.33	0.00	599.34	61.26	0.16	70.27
22h	3.05	373	113.57	3.65	-0.23	0.00	664.16	67.89	0.18	79.58
46h	2.7	530	136.80	4.40	-0.01	0.00	641.77	65.60	0.18	79.03
47h*	1.74	555	170.27	5.47	-0.18	0.00	663.92	67.87	0.20	86.26
52h*	1.78	551	178.18	5.73	-0.26	0.00	634.93	64.90	0.19	82.04
69h*	1.66	570	217.18	6.98	-0.59	0.00	674.68	68.97	0.20	86.80
76h*	1.81	565	242.74	7.80	-0.66	0.00	695.25	71.07	0.21	90.15
94h*	1.86	565	250.19	8.04	-0.52	0.00	680.76	69.59	0.21	93.12
<b>7%ST</b>										
Totaux			4228.67		-2.37		1292.94		0.32	
0h	3.47	283	42.02	1.04	-0.55	0.00	637.81	51.80	0.17	55.67
22h	3.53	324	51.14	1.27	-0.27	0.00	743.74	60.40	0.20	65.05
46h	3.38	355	66.78	1.66	-0.26	0.00	792.87	64.39	0.21	67.23
47h*	1.76	462	180.21	4.47	-0.40	0.00	844.38	68.57	0.26	83.86
52h*	1.78	462	199.53	4.95	-0.33	0.00	865.68	70.30	0.27	87.07
69h*	1.78	514	257.51	6.39	-0.52	0.00	921.91	74.87	0.28	90.52
76h*	1.79	525	261.15	6.48	-0.54	0.00	892.53	72.48	0.28	89.07
94h*	1.91	544	310.36	7.71	-0.83	0.00	947.45	76.94	0.30	96.27
<b>10%ST</b>										
Totaux			6713.25		-2.92		2080.42		0.47	
0h	3.46	287	68.22	1.07	-0.83	0.00	821.29	41.45	0.29	65.72
22h	3.33	319	84.39	1.32	-0.69	0.00	712.46	35.96	0.29	64.98
46h	3.09	301	128.56	2.01	-0.30	0.00	661.68	33.40	0.32	71.15
47h*	1.68	460	259.57	4.06	-0.65	0.00	854.57	43.13	0.36	80.65
52h*	1.68	458	291.27	4.56	-0.50	0.00	839.02	42.35	0.37	83.67
69h*	1.78	499	381.14	5.96	-0.80	0.00	1086.59	54.84	0.41	92.67
76h*	1.81	504	372.40	5.82	-0.87	0.00	1037.75	52.38	0.38	85.45
94h*	1.95	531	416.95	6.52	-0.88	0.00	1066.40	53.82	0.40	89.47
<b>15%ST</b>										
Totaux			7680.54		-4.22		2337.54		0.69	
0h	3.63	264	56.40	0.77	-1.14	0.00	632.61	28.42	0.36	55.39
22h	3.33	311	100.99	1.38	-0.96	0.00	572.23	25.70	0.38	58.74
46h	3.2	339	148.82	2.03	-0.42	0.00	559.74	25.14	0.40	61.33
47h*	1.79	454	336.88	4.61	-0.73	0.00	832.23	37.38	0.51	77.86
52h*	1.71	430	343.83	4.70	-0.72	0.00	885.54	39.78	0.51	78.19
69h*	1.85	478	491.41	6.72	-0.95	0.00	1129.84	50.75	0.61	94.12
76h*	1.85	482	496.52	6.79	-0.92	0.00	1159.29	52.07	0.58	88.37
94h*	2.03	515	545.83	7.46	-0.75	0.00	1243.48	55.86	0.61	92.88
<b>25%ST</b>										
Totaux			13590.0		-6.85		4193.32		0.98	
0h	3.81	231	31.80	0.25	-2.12	0.00	641.01	16.05	0.38	40.21
22h	3.47	282	107.02	0.83	-1.37	0.00	501.76	12.56	0.46	49.41
46h	3.44	294	133.80	1.03	-0.84	0.00	578.08	14.47	0.60	64.14
47h*	1.83	449	461.85	3.57	-1.22	0.00	950.14	23.79	0.78	83.42
52h*	1.73	384	536.75	4.15	-1.18	0.00	1151.31	28.83	0.93	99.30
69h*	1.95	450	665.08	5.14	-1.11	0.00	1335.50	33.44	1.03	109.32
76h*	1.74	455	650.39	5.03	-1.30	0.00	1298.24	32.51	0.86	91.46
94h*	2.03	459	779.58	6.02	-1.39	0.00	1538.52	38.52	0.96	102.82

\*acid.a pH1.75

Annexe 8b:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>5%ST</b>										
Totaux	7.69		5.65		3427.13		981.43		45.58	
0h	-0.20	-2.78	1.87	34.71	553.98	16.97	143.56	15.36	27.26	62.79
22h	-0.36	-4.93	2.39	44.48	413.95	12.68	160.72	17.19	29.83	68.72
46h	-0.27	-3.71	3.10	57.62	89.89	2.75	153.61	16.43	28.13	64.80
47h*	0.12	1.64	3.69	68.47	474.02	14.52	157.01	16.80	28.97	66.74
52h*	0.42	5.67	3.64	67.61	583.82	17.89	155.75	16.66	28.03	64.56
69h*	0.91	12.49	4.19	77.80	922.00	28.25	160.53	17.17	28.85	66.46
76h*	1.22	16.68	4.51	83.84	1076.87	32.99	171.97	18.40	30.18	69.52
94h*	1.38	18.80	4.49	83.50	1119.78	34.31	172.04	18.41	30.04	69.19
<b>7%ST</b>										
Totaux	13.22		7.39		4450.59		1323.66		61.50	
0h	-0.42	-3.32	0.61	8.62	732.01	17.27	146.41	11.61	33.12	56.55
22h	-0.45	-3.59	0.78	11.03	632.40	14.92	172.88	13.71	36.49	62.29
46h	-0.43	-3.45	1.17	16.63	418.18	9.87	195.20	15.48	37.17	63.46
47h*	0.24	1.93	3.87	54.96	742.55	17.52	212.20	16.83	38.80	66.24
52h*	0.50	4.01	4.46	63.41	734.05	17.32	222.16	17.62	39.25	67.01
69h*	1.14	9.02	5.43	77.23	994.50	23.46	226.78	17.99	39.29	67.07
76h*	1.31	10.37	5.39	76.63	1068.56	25.21	218.21	17.31	38.00	64.87
94h*	1.76	14.01	6.08	86.46	1226.04	28.93	240.76	19.10	40.92	69.85
<b>10%ST</b>										
Totaux	19.45		10.90		6939.42		2007.51		94.60	
0h	-0.43	-2.34	1.34	12.94	1116.28	16.89	241.33	12.62	52.78	58.58
22h	-0.46	-2.49	1.50	14.47	895.19	13.55	251.71	13.17	51.84	57.54
46h	-0.46	-2.46	2.49	23.98	514.24	7.78	286.24	14.97	55.40	61.50
47h*	0.42	2.29	5.64	54.32	951.45	14.40	304.86	15.95	55.17	61.24
52h*	0.68	3.68	6.48	62.42	902.33	13.65	314.76	16.46	55.80	61.93
69h*	1.65	8.89	7.87	75.88	1309.20	19.81	331.30	17.33	57.49	63.81
76h*	2.15	11.61	7.82	75.33	1290.93	19.53	300.06	15.69	50.91	56.51
94h*	2.68	14.47	8.49	81.80	1424.03	21.55	328.38	17.18	55.49	61.59
<b>15%ST</b>										
Totaux	26.17		15.08		9117.76		1897.92		117.65	
0h	0.25	0.99	1.05	7.31	1553.92	17.89	311.04	17.21	68.36	61.01
22h	0.17	0.69	1.48	10.30	1186.80	13.67	343.14	18.98	71.91	64.18
46h	0.09	0.37	2.67	18.60	668.35	7.70	373.64	20.67	73.67	65.75
47h*	1.09	4.37	7.94	55.26	1181.74	13.61	426.49	23.59	79.28	70.76
52h*	1.10	4.43	8.10	56.37	929.00	10.70	418.47	23.15	74.96	66.90
69h*	2.07	8.32	11.56	80.48	1254.44	14.45	517.19	28.61	84.11	75.06
76h*	2.33	9.36	11.26	78.39	1328.09	15.29	479.68	26.54	79.21	70.70
94h*	2.78	11.13	12.33	85.87	1194.95	13.76	512.92	28.38	82.45	73.58
<b>25%ST</b>										
Totaux	37.57		24.92		13910.5		3918.27		199.11	
0h	0.39	1.08	0.19	0.81	2616.04	19.75	374.25	10.03	105.32	55.54
22h	0.29	0.80	1.14	4.82	1792.70	13.53	395.11	10.59	106.14	55.97
46h	0.18	0.51	1.94	8.19	1159.09	8.75	526.77	14.12	121.18	63.90
47h*	1.66	4.63	11.59	48.84	1764.58	13.32	573.70	15.37	116.81	61.60
52h*	1.58	4.41	13.11	55.23	1487.76	11.23	732.64	19.63	121.41	64.02
69h*	1.70	4.76	16.31	68.72	1695.48	12.80	833.70	22.34	134.99	71.19
76h*	2.82	7.90	15.79	66.54	1791.96	13.53	712.66	19.10	113.52	59.87
94h*	3.51	9.81	18.11	76.33	1777.69	13.42	824.66	22.10	125.86	66.37

\*acid.a pH1.75

Annexe 8b:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>5%ST</b>											
Totaux	4.77		109.02		20.44		1353.33		148.55		5.67
0h	0.85	18.74	-0.30	-0.28	2.66	13.67	1117.40	86.69	128.51	90.83	-0.69
22h	0.98	21.57	-0.92	-0.89	2.10	10.77	1198.69	93.00	144.88	102.41	-3.95
46h	0.94	20.63	-0.12	-0.12	2.15	11.02	1101.10	85.43	136.76	96.66	-4.97
47h*	1.04	22.97	6.30	6.07	4.68	24.02	1122.14	87.06	138.40	97.82	9.30
52h*	1.07	23.62	8.11	7.81	4.57	23.48	1070.65	83.07	135.66	95.89	7.25
69h*	1.12	24.74	17.48	16.84	5.41	27.77	1184.26	91.88	137.96	97.51	16.52
76h*	1.20	26.46	22.52	21.69	5.82	29.89	1257.76	97.58	148.82	105.18	20.55
94h*	1.25	27.51	22.33	21.51	5.60	28.79	1226.77	95.18	145.87	103.10	17.84
<b>7%ST</b>											
Totaux	6.25		140.02		26.71		1461.40		194.41		294.38
0h	0.88	14.83	-1.32	-0.99	0.97	3.82	1191.67	85.62	138.88	75.01	-2.90
22h	1.02	17.15	-1.31	-0.98	1.22	4.78	1243.78	89.36	157.86	85.26	-3.29
46h	1.03	17.38	-1.05	-0.79	1.29	5.09	1254.21	90.11	166.09	89.71	-4.14
47h*	1.28	21.46	3.45	2.59	8.33	32.76	1203.07	86.44	177.27	95.74	15.89
52h*	1.32	22.19	3.07	2.30	6.64	26.10	1146.91	82.40	179.74	97.08	7.49
69h*	1.41	23.71	13.17	9.88	7.66	30.11	1244.98	89.45	185.64	100.26	18.09
76h*	1.42	23.95	17.16	12.87	8.41	33.08	1221.98	87.80	183.86	99.30	23.62
94h*	1.61	27.11	21.41	16.05	8.46	33.28	1321.38	94.94	194.05	104.81	21.24
<b>10%ST</b>											
Totaux	9.34		216.21		39.34		2298.18		295.16		20.16
0h	1.46	16.44	-1.76	-0.85	2.48	6.61	1467.59	67.05	229.96	81.81	-1.24
22h	1.53	17.16	-1.59	-0.77	2.12	5.66	1471.61	67.24	234.79	83.52	0.31
46h	1.62	18.20	-1.07	-0.52	2.61	6.97	1438.51	65.72	247.94	88.20	-1.20
47h*	1.82	20.48	5.28	2.56	8.40	22.42	1461.59	66.78	255.86	91.02	20.30
52h*	1.86	20.87	4.14	2.01	6.51	17.39	1437.60	65.68	257.20	91.50	10.10
69h*	2.10	23.67	17.95	8.71	8.82	23.55	1469.22	67.13	273.80	97.40	22.94
76h*	1.95	21.94	21.71	10.54	7.98	21.30	1444.16	65.98	249.68	88.82	30.62
94h*	2.16	24.31	26.11	12.68	7.84	20.92	1442.24	65.89	263.85	93.86	27.13
<b>15%ST</b>											
Totaux	13.07		299.27		53.53		3061.77		388.60		-1.38
0h	1.88	15.11	-2.27	-0.79	1.89	3.70	1439.95	49.38	307.25	83.02	6.94
22h	1.99	16.03	-1.64	-0.57	2.15	4.21	1441.89	49.45	323.30	87.36	4.63
46h	2.11	16.98	-0.95	-0.33	2.54	4.98	1442.40	49.47	335.81	90.73	3.31
47h*	2.45	19.68	5.24	1.84	8.26	16.19	1444.08	49.52	364.19	98.40	25.17
52h*	2.44	19.57	0.61	0.21	6.04	11.85	1441.64	49.44	343.20	92.73	11.88
69h*	2.84	22.82	9.59	3.37	8.93	17.52	1441.77	49.44	387.68	104.75	26.12
76h*	2.77	22.22	14.65	5.14	8.93	17.52	1441.06	49.42	365.14	98.66	26.67
94h*	2.95	23.67	16.47	5.78	8.21	16.11	1440.53	49.40	379.82	102.63	24.53
<b>25%ST</b>											
Totaux	20.53		460.63		85.79		4293.65		635.82		41.54
0h	2.55	13.02	-4.00	-0.91	0.98	1.20	1440.89	35.24	382.65	63.19	10.36
22h	2.71	13.88	-2.52	-0.57	1.95	2.38	1444.92	35.34	430.06	71.02	11.03
46h	3.19	16.34	-1.71	-0.39	1.94	2.37	1440.15	35.22	498.68	82.35	11.30
47h*	3.44	17.61	6.33	1.44	12.45	15.24	1443.15	35.29	505.81	83.53	38.78
52h*	3.75	19.21	-1.54	-0.35	7.79	9.53	1441.14	35.24	558.70	92.27	21.95
69h*	4.30	22.02	2.16	0.49	13.32	16.31	1441.11	35.24	584.71	96.56	33.59
76h*	3.78	19.34	9.69	2.21	15.12	18.51	1445.02	35.34	506.37	83.62	37.79
94h*	4.17	21.34	5.84	1.33	14.25	17.44	1439.98	35.21	557.19	92.02	35.00

\*acid.a pH1.75

Annexe 9: Effet de la température sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).

Echantillon	pH	Al3092			As1890		Ca3158		Cd2288	
		Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
<b>6 C</b>										
Totaux			1880.62		-0.12		615.22		0.13	
a0h	3.37	270	49.22	2.75	0.00	0.00	329.60	56.25	0.04	30.15
a5h	3.65	250	52.80	2.95	0.00	0.00	349.50	59.65	0.08	64.23
a22h	3.68	268	60.91	3.40	0.00	0.00	359.30	61.32	0.08	68.90
a27h	3.77	281	62.78	3.51	0.00	0.00	354.00	60.42	0.09	76.85
a48h	3.52	306	67.41	3.76	0.00	0.00	344.30	58.76	0.23	188.68
a70h	3.46	330	68.42	3.82	0.00	0.00	330.20	56.36	0.09	72.83
a77h	3.39	340	69.68	3.89	0.00	0.00	319.90	54.60	0.08	65.05
a98h	3.35	358	75.63	4.22	0.00	0.00	356.10	60.78	0.09	75.46
a119h	3.15	373	79.12	4.42	0.00	0.00	347.60	59.33	0.09	71.69
a152h	3.08	389	74.43	4.16	0.00	0.00	311.30	53.13	0.08	67.59
a165h	2.94	396	85.88	4.79	0.00	0.00	370.60	63.25	0.09	75.87
b0h	3.37	270	46.84	2.62	0.00	0.00	346.00	59.05	0.04	31.13
b5h	3.72	247	54.17	3.02	0.00	0.00	372.00	63.49	0.07	55.22
b22h	3.69	269	54.22	3.03	0.00	0.00	343.90	58.69	0.08	69.23
b27h	3.79	281	59.57	3.33	0.00	0.00	370.70	63.27	0.09	71.44
b48h	3.59	305	67.07	3.74	0.00	0.00	376.60	64.27	0.09	72.92
b70h	3.44	330	72.64	4.06	0.00	0.00	374.30	63.88	0.09	75.05
b77h	3.39	341	75.37	4.21	0.00	0.00	373.10	63.68	0.09	76.69
b98h	3.24	359	80.82	4.51	0.00	0.00	388.00	66.22	0.10	77.91
b119h	3.15	373	76.59	4.28	0.00	0.00	367.70	62.76	0.10	77.91
b152h	3.08	384	84.44	4.71	0.00	0.00	388.60	66.32	0.10	80.37
b165h	2.97	397	86.13	4.81	0.00	0.00	384.00	65.54	0.10	82.50

**10 C et  
2.5%FeSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O**

Totaux			2039.26		-0.31		609.14		0.14	
a0h	3.28	315	54.58	2.81	-0.10	0.00	380.60	65.61	0.04	32.08
a4h	3.79	279	47.60	2.45	-0.11	0.00	366.14	63.11	0.07	56.83
a21h	3.5	336	67.71	3.49	-0.14	0.00	427.53	73.70	0.10	79.93
a28h	3.34	343	69.38	3.57	-0.12	0.00	407.05	70.16	0.11	81.12
a45h	3.25	367	74.15	3.82	-0.07	0.00	413.75	71.32	0.20	151.51
a52h	3.15	375	82.40	4.24	-0.14	0.00	444.49	76.62	0.12	88.22
a71h	3.11	397	85.01	4.38	-0.10	0.00	448.21	77.26	0.12	91.49
a76h	3.23	404	89.49	4.61	-0.05	0.00	467.34	80.56	0.12	88.96
a102h	3.07	441	91.31	4.70	-0.04	0.00	444.65	76.65	0.13	96.31
a118h	2.97	477	83.35	4.29	-0.02	0.00	402.68	69.41	0.12	91.91
a141h	2.88	536	92.06	4.74	-0.03	0.00	444.52	76.62	0.12	90.04
b0h	3.28	315	49.04	2.53	-0.07	0.00	383.74	66.15	0.05	41.55
b4h	3.81	275	46.64	2.40	-0.15	0.00	402.32	69.35	0.08	58.13
b21h	3.51	337	60.74	3.13	-0.12	0.00	412.03	71.02	0.09	72.27
b28h	3.36	346	55.48	2.86	-0.10	0.00	351.39	60.57	0.09	71.43
b45h	3.27	370	70.09	3.61	-0.08	0.00	408.52	70.42	0.15	113.31
b52h	3.15	379	69.28	3.57	-0.10	0.00	400.17	68.98	0.10	77.63
b71h	3.11	403	75.15	3.87	-0.07	0.00	408.87	70.48	0.09	69.79
b76h	3.13	409	77.99	4.02	-0.07	0.00	417.89	72.03	0.10	79.52
b102h	3.06	450	86.20	4.44	-0.07	0.00	436.18	75.19	0.11	82.96
b118h	2.93	499	89.12	4.59	-0.06	0.00	444.75	76.66	0.11	85.23
b141h	2.88	537	82.92	4.27	-0.02	0.00	407.10	70.17	0.10	78.65

\*acid.à pH2  
avec HCl

## Annexe 9:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>6 C</b>										
Totaux	5.13		2.93		1726.38		529.50		24.91	
a0h	0.26	5.42	0.02	0.75	406.80	24.74	73.90	14.65	13.62	57.42
a5h	0.25	5.17	0.02	0.82	599.10	36.44	78.57	15.58	15.16	63.91
a22h	0.18	3.70	0.28	9.93	564.20	34.32	82.28	16.32	15.34	64.67
a27h	0.17	3.55	0.36	13.04	550.40	33.48	81.74	16.21	15.30	64.50
a48h	0.16	3.29	0.56	20.20	507.70	30.88	80.03	15.87	15.10	63.66
a70h	0.14	2.78	0.76	27.25	466.80	28.39	80.03	15.87	14.59	61.51
a77h	0.14	2.79	0.80	28.76	424.40	25.81	74.76	14.82	13.80	58.18
a98h	0.16	3.20	1.15	41.07	426.60	25.95	80.56	15.98	14.85	62.60
a119h	0.17	3.53	1.25	44.72	403.50	24.54	85.14	16.88	15.43	65.05
a152h	0.18	3.63	1.22	43.86	314.17	19.11	76.96	15.26	13.68	57.67
a165h	0.19	3.80	1.50	53.57	330.10	20.08	83.17	16.49	14.95	63.02
b0h	0.28	5.65	0.00	0.00	419.20	25.50	76.37	15.14	13.81	58.22
b5h	0.26	5.29	0.03	0.99	636.10	38.69	85.01	16.86	16.15	68.08
b22h	0.18	3.68	0.22	7.92	575.70	35.01	78.54	15.57	14.89	62.77
b27h	0.18	3.60	0.34	12.13	589.50	35.85	83.39	16.54	15.52	65.43
b48h	0.16	3.35	0.55	19.57	547.90	33.32	83.31	16.52	15.69	66.14
b70h	0.14	2.83	0.79	28.35	514.40	31.29	83.76	16.61	15.69	66.14
b77h	0.16	3.31	0.92	33.07	507.50	30.87	85.52	16.96	15.85	66.82
b98h	0.17	3.58	1.07	38.34	474.90	28.88	88.11	17.47	16.14	68.04
b119h	0.16	3.22	1.15	41.25	418.70	25.47	85.88	17.03	15.37	64.79
b152h	0.19	3.94	1.38	49.31	375.20	22.82	90.15	17.88	15.98	67.37
b165h	0.19	3.86	1.47	52.53	365.50	22.23	90.54	17.95	16.06	67.70

10 C et  
2.5%FeSO4.7H2O

Totaux	5.28		3.15		1893.82		549.23		25.60	
a0h	0.27	5.40	0.04	1.47	518.07	28.72	85.96	16.43	17.26	70.79
a4h	0.15	3.06	0.15	4.94	490.21	27.18	89.58	17.13	16.49	67.64
a21h	0.07	1.36	0.72	24.18	400.37	22.20	97.46	18.63	17.77	72.89
a28h	0.07	1.39	0.86	28.64	358.51	19.88	96.89	18.52	16.61	68.14
a45h	0.08	1.64	1.13	37.68	310.60	17.22	103.04	19.70	17.45	71.56
a52h	0.10	2.04	1.24	41.33	441.30	24.47	111.16	21.25	19.79	81.19
a71h	0.12	2.33	1.43	47.82	213.02	11.81	110.54	21.13	17.57	72.07
a76h	0.12	2.42	1.56	52.08	195.34	10.83	107.99	20.64	17.92	73.50
a102h	0.15	2.96	1.64	54.68	124.66	6.91	116.65	22.30	18.37	75.36
a118h	0.15	3.02	1.58	52.55	76.55	4.24	103.13	19.72	16.28	66.77
a141h	0.19	3.78	1.90	63.51	55.01	3.05	112.85	21.57	17.46	71.63
b0h	0.26	5.17	0.02	0.76	496.12	27.51	88.07	16.84	15.97	65.50
b4h	0.14	2.70	0.13	4.19	497.42	27.58	92.40	17.66	15.63	64.12
b21h	0.07	1.44	0.68	22.54	366.62	20.33	90.73	17.35	15.66	64.24
b28h	0.10	2.03	0.66	21.96	312.77	17.34	91.74	17.54	15.18	62.27
b45h	0.09	1.80	1.04	34.65	251.52	13.94	92.60	17.70	14.72	60.40
b52h	0.08	1.68	1.13	37.71	225.32	12.49	99.22	18.97	15.23	62.46
b71h	0.12	2.33	1.28	42.86	164.97	9.15	100.16	19.15	15.06	61.78
b76h	0.13	2.56	1.37	45.70	152.53	8.46	102.53	19.60	15.76	64.66
b102h	0.15	2.90	1.55	51.77	94.96	5.27	105.64	20.20	16.24	66.63
b118h	0.15	2.97	1.67	55.63	59.36	3.29	98.21	18.78	14.76	60.54
b141h	0.18	3.65	1.59	52.94	48.92	2.71	103.26	19.74	15.94	65.38

\*acid.à pH2  
avec HCl

Annexe 9:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne
	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)
<b>6 C</b>											
Totaux	2.41		52.95		6.85		806.70		75.38		-22.68
a0h	0.45	19.42	0.00	0.00	0.86	13.25	664.50	86.49	53.64	74.71	0.00
a5h	0.50	21.59	0.00	0.00	0.73	11.16	811.30	105.60	62.62	87.22	1.30
a22h	0.52	22.73	0.00	0.00	0.95	14.52	822.10	107.00	68.37	95.23	1.63
a27h	0.49	21.33	0.00	0.00	0.83	12.71	804.10	104.66	67.81	94.45	1.55
a48h	0.49	21.36	0.00	0.00	1.07	16.38	763.30	99.35	66.33	92.39	0.37
a70h	0.50	21.79	0.00	0.00	1.18	18.02	768.10	99.98	66.10	92.07	0.63
a77h	0.49	21.42	0.00	0.00	1.21	18.62	710.70	92.50	61.25	85.31	1.18
a98h	0.52	22.46	0.00	0.00	1.38	21.19	801.50	104.32	68.10	94.86	0.35
a119h	0.53	22.97	0.00	0.00	1.35	20.63	756.00	98.40	66.67	92.86	0.00
a152h	0.48	21.07	0.00	0.00	1.31	20.06	633.70	82.48	60.68	84.52	1.95
a165h	0.56	24.34	0.00	0.00	1.45	22.19	727.40	94.68	66.59	92.75	6.48
b0h	0.47	20.29	0.00	0.00	0.99	15.15	661.20	86.06	54.09	75.34	0.00
b5h	0.55	23.87	0.00	0.00	0.78	11.94	839.00	109.20	65.95	91.86	0.00
b22h	0.52	22.44	0.00	0.00	0.87	13.32	760.10	98.93	61.95	86.29	0.00
b27h	0.55	23.78	0.00	0.00	0.92	14.14	801.80	104.36	66.69	92.89	0.00
b48h	0.53	22.85	0.00	0.00	1.13	17.38	804.50	104.71	66.61	92.78	0.00
b70h	0.57	24.58	0.00	0.00	1.29	19.71	784.80	102.15	68.27	95.09	0.00
b77h	0.59	25.72	0.00	0.00	1.65	25.30	784.50	102.11	69.65	97.01	0.00
b98h	0.58	25.27	0.00	0.00	1.56	23.92	778.10	101.28	69.98	97.47	0.00
b119h	0.56	24.24	0.00	0.00	1.55	23.77	734.10	95.55	67.05	93.39	0.00
b152h	0.61	26.38	0.00	0.00	1.64	25.07	738.90	96.17	69.67	97.04	1.64
b165h	0.60	26.29	0.00	0.00	1.53	23.46	761.10	99.06	69.62	96.97	0.00

**10 C et  
2.5%FeSO4.7H2O**

Totaux	2.44		55.14		7.47		805.27		74.96		-19.58
a0h	0.55	23.82	-0.79	-1.50	1.67	23.41	761.03	99.23	56.41	79.02	-6.34
a4h	0.54	23.12	-0.89	-1.69	1.19	16.74	698.30	91.05	65.71	92.04	-1.95
a21h	0.60	25.79	-0.68	-1.30	1.71	24.04	746.53	97.34	77.30	108.27	-5.25
a28h	0.58	24.87	-0.46	-0.89	1.70	23.83	710.44	92.64	74.13	103.83	-4.74
a45h	0.62	26.67	-0.38	-0.72	1.85	26.05	701.44	91.46	74.42	104.24	-6.45
a52h	0.76	32.44	-0.51	-0.96	2.23	31.35	844.95	110.17	84.64	118.56	-1.83
a71h	0.65	27.76	-0.50	-0.95	2.34	32.83	688.83	89.82	75.94	106.37	1.09
a76h	0.67	28.65	-0.30	-0.57	2.19	30.74	709.59	92.53	79.09	110.79	1.44
a102h	0.68	29.09	-0.06	-0.12	2.19	30.78	684.28	89.22	81.96	114.80	1.96
a118h	0.60	25.96	0.00	0.00	1.92	26.96	606.69	79.11	71.70	100.43	2.87
a141h	0.71	30.66	0.04	0.07	1.95	27.35	696.12	90.77	78.62	110.13	1.17
b0h	0.59	25.52	-0.77	-1.47	1.62	22.80	692.09	90.24	53.52	74.97	0.94
b4h	0.58	24.89	-0.94	-1.79	1.39	19.54	707.54	92.26	64.78	90.73	-0.46
b21h	0.57	24.46	-0.65	-1.23	1.79	25.13	673.14	87.77	65.98	92.42	-1.15
b28h	0.58	24.77	-0.50	-0.95	1.83	25.75	560.87	73.13	60.97	85.40	3.00
b45h	0.56	24.11	-0.38	-0.72	1.99	27.98	641.18	83.61	68.15	95.45	0.78
b52h	0.59	25.46	-0.48	-0.92	1.82	25.63	643.65	83.93	66.98	93.82	-0.38
b71h	0.54	23.09	-0.24	-0.46	1.91	26.83	600.89	78.35	64.11	89.80	0.99
b76h	0.57	24.43	-0.09	-0.18	1.94	27.22	627.62	81.84	68.58	96.05	0.87
b102h	0.65	28.01	-0.06	-0.12	2.00	28.15	633.33	82.58	70.91	99.33	4.20
b118h	0.71	30.50	0.17	0.32	1.87	26.30	621.57	81.05	70.33	98.52	3.42
b141h	0.68	29.25	0.14	0.26	1.83	25.75	591.48	77.12	67.79	94.95	6.05

\*acid.à pH2  
avec HCl

## Annexe 9:

Effet de la température sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	Al3092			As1890		Ca3158		Cd2288	
		POR (mV)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>10 C</b>										
Totaux			2060.00		0.00		666.00		0.14	
a0h	2.87	293	73.94	3.77	-0.27	0.00	360.49	56.83	0.01	6.53
a21h	3.42	297	87.73	4.47	-0.41	0.00	405.44	63.92	-0.00	-0.61
a28h	3.35	308	88.51	4.51	-0.38	0.00	417.38	65.80	0.07	52.81
a48h	3.14	331	88.97	4.54	-0.39	0.00	411.09	64.81	-0.00	-2.01
a73h	3.17	350	97.11	4.95	-0.42	0.00	468.73	73.90	0.11	84.68
a93h	3.13	381	87.88	4.48	-0.27	0.00	412.94	65.10	0.06	42.41
a119h	2.96	394	109.39	5.58	-0.48	0.00	553.27	87.23	0.12	94.71
a166h	2.82	441	121.63	6.20	-0.49	0.00	662.76	104.49	0.15	115.09
b0h	2.87	291	98.78	5.04	-0.44	0.00	780.40	123.04	0.09	66.22
b21h	3.45	295	99.04	5.05	-0.81	0.00	798.85	125.94	0.15	115.76
b28h	3.42	303	108.78	5.54	-0.81	0.00	942.08	148.53	0.16	124.48
b48h	3.19	324	86.82	4.43	-0.57	0.00	670.29	105.68	0.14	107.79
b73h	3.24	357	108.31	5.52	-0.77	0.00	794.18	125.21	0.17	129.38
b93h	3.21	372	106.20	5.41	-0.41	0.00	628.10	99.02	0.13	101.18
b94h*	2	423	109.01	5.56	-0.61	0.00	657.86	103.72	0.15	116.62
b100h*	2.34	428	115.79	5.90	-0.65	0.00	587.28	92.59	0.14	104.94
b119h*	2.03	444	143.17	7.30	-0.66	0.00	617.48	97.35	0.14	106.30
b166h*	2.1	466	162.97	8.31	-0.86	0.00	671.06	105.80	0.13	101.86
<b>21 C</b>										
Totaux			1915.14		-0.30		612.20		0.13	
0h	3.36	273	50.40	2.76	-0.28	0.00	523.98	89.87	0.08	62.35
5h	3.58	255	44.07	2.42	-0.42	0.00	512.09	87.83	0.09	77.89
27h	3.59	348	61.60	3.38	-0.29	0.00	404.78	69.43	0.11	93.60
48h	3.06	364	83.31	4.57	-0.18	0.00	427.36	73.30	0.12	95.86
70h	2.71	484	107.62	5.90	-0.05	0.00	466.47	80.00	0.13	108.13
77h	2.61	556	106.45	5.84	-0.08	0.00	406.09	69.65	0.13	104.41
98h	2.55	548	119.12	6.53	-0.01	0.00	444.89	76.30	0.14	118.17
119h	2.56	546	121.24	6.65	-0.05	0.00	443.84	76.12	0.14	119.03
152h	2.52	556	122.87	6.74	-0.07	0.00	460.26	78.94	0.14	112.78

\*acid.à pH2  
avec HCl

## Annexe 9:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>10 C</b>										
Totaux	6.52		3.75		2006.00		580.40		30.34	
a0h	0.47	7.49	0.08	2.20	335.50	17.56	75.90	13.73	16.16	55.93
a21h	0.59	9.54	0.56	15.78	665.53	34.84	94.11	17.03	18.53	64.14
a28h	0.59	9.56	0.71	19.86	661.57	34.63	95.47	17.27	18.55	64.21
a48h	0.53	8.61	0.96	26.85	609.18	31.89	91.33	16.52	18.22	63.06
a73h	0.54	8.65	1.21	33.84	598.92	31.35	97.35	17.61	19.44	67.29
a93h	0.55	8.89	1.27	35.64	529.27	27.70	91.67	16.58	18.18	62.90
a119h	0.67	10.76	1.65	46.30	577.85	30.25	108.49	19.63	21.77	75.36
a166h	0.93	14.91	1.95	54.73	577.66	30.24	137.68	24.91	26.71	92.42
b0h	0.87	14.07	0.17	4.68	669.62	35.05	134.92	24.41	28.14	97.38
b21h	0.97	15.59	0.55	15.44	1114.01	58.31	145.42	26.31	28.83	99.79
b28h	0.91	14.63	0.72	20.19	1061.34	55.55	140.05	25.34	28.78	99.62
b48h	0.74	11.98	0.81	22.66	924.74	48.40	127.02	22.98	25.86	89.51
b73h	0.79	12.77	1.31	36.66	963.19	50.42	126.58	22.90	28.76	99.54
b93h	0.65	10.39	1.48	41.48	697.98	36.53	118.15	21.38	23.74	82.14
b94h*	0.78	12.53	1.53	42.74	838.80	43.91	119.86	21.68	24.43	84.55
b100h*	1.01	16.33	1.76	49.18	894.95	46.84	110.54	20.00	22.59	78.18
b119h*	1.37	22.06	1.93	54.11	1025.40	53.67	121.97	22.07	23.01	79.62
b166h*	1.45	23.35	2.16	60.48	1034.49	54.15	125.83	22.76	23.06	79.80
<b>21 C</b>										
Totaux	5.39		3.07		1846.56		541.91		25.66	
0h	0.42	8.11	-0.05	-1.86	795.84	45.25	95.44	18.49	21.24	86.91
5h	0.24	4.58	0.09	3.11	736.77	41.89	91.98	17.82	19.72	80.68
27h	0.08	1.64	0.71	24.45	538.36	30.61	86.90	16.84	17.71	72.44
48h	0.09	1.72	1.46	50.17	329.66	18.75	87.01	16.86	16.54	67.68
70h	0.17	3.33	2.24	76.65	140.19	7.97	91.93	17.81	16.82	68.81
77h	0.21	4.09	2.26	77.38	105.96	6.02	91.59	17.75	17.48	71.52
98h	0.31	6.12	2.49	85.32	101.99	5.80	99.39	19.26	18.64	76.27
119h	0.38	7.34	2.46	84.18	104.12	5.92	104.95	20.34	19.91	81.48
152h	0.42	8.19	2.36	80.72	95.36	5.42	99.43	19.27	18.40	75.26

\*acid.à pH2  
avec HCl



## Annexe 10:

Effet de la décantation et acidification et seulement l'acidification après 48 heures sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Totaux			1823.21		-1.13		572.27		0.13	
déc. + aci. à 46h										
0h	3.31	275	38.49	2.22	-0.27	0.00	289.24	53.07	0.04	30.98
22h	3.19	333	48.34	2.78	-0.28	0.00	295.94	54.30	0.08	64.19
46h	2.85	430	72.40	4.17	0.00	0.00	329.80	60.51	0.10	78.55
47h	1.75	514	25.62	4.87	0.00	0.00	77.95	63.55	0.02	83.60
50h	1.93	537	42.63	5.85	0.00	0.00	85.98	65.02	0.03	84.68
53h	1.82	555	51.10	6.34	0.00	0.00	87.16	65.24	0.03	86.33
68h	1.79	580	62.79	7.01	0.00	0.00	88.99	65.57	0.03	87.16
75h	1.72	571	63.55	7.05	0.00	0.00	84.83	64.81	0.03	88.48
94h			70.29	7.44	0.00	0.00	82.66	64.41	0.03	85.92
aci. à 46h										
0h	3.31	275	38.49	2.22	-0.27	0.00	289.24	53.07	0.04	30.98
22h	3.2	322	43.37	2.50	-0.26	0.00	324.06	59.46	0.06	51.55
46h	2.97	397	64.22	3.70	0.00	0.00	335.10	61.48	0.09	76.81
47h	1.75	458	84.50	4.87	0.00	0.00	338.00	62.02	0.09	76.90
50h	1.85	482	98.83	5.69	0.00	0.00	345.10	63.32	0.10	78.63
53h	1.79	492	99.45	5.73	0.00	0.00	321.20	58.93	0.09	77.06
68h	1.81	558	111.50	6.42	0.00	0.00	330.10	60.57	0.10	84.59
75h	1.77	576	114.50	6.59	0.00	0.00	324.90	59.61	0.10	79.87
94h			70.30	4.05	0.00	0.00	85.10	15.61	0.02	18.27

## Annexe 10:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>Totaux</b>	5.56		3.07		1981.35		530.94		26.10	
<b>déc. + aci. à 46h</b>										
0h	0.26	4.88	-0.00	-0.02	539.57	28.59	69.42	13.73	14.09	56.68
22h	0.13	2.41	0.60	20.41	427.57	22.66	78.44	15.51	14.34	57.66
46h	0.10	1.95	1.37	46.88	227.50	12.06	77.16	15.26	491.60	1977.34
47h	0.01	1.79	0.56	57.17	122.20	16.29	17.68	15.91	111.00	2055.59
50h	0.19	5.25	0.96	71.07	184.10	19.57	20.65	16.50	124.00	2107.88
53h	0.30	7.32	1.10	75.75	235.20	22.28	22.31	16.83	131.00	2136.04
68h	0.46	10.20	1.21	79.48	258.10	23.49	24.19	17.20	135.90	2155.75
75h	0.45	10.13	1.16	77.94	275.40	24.41	24.55	17.27	132.90	2143.68
94h	0.55	12.06	1.15	77.60	341.80	27.92	27.45	17.85	132.30	2141.27
<b>aci. à 46h</b>										
0h	0.26	4.88	-0.00	-0.02	539.57	28.59	69.42	13.73	14.09	56.68
22h	0.11	2.12	0.32	10.80	477.53	25.31	75.83	15.00	14.34	57.66
46h	0.07	1.37	0.98	33.54	310.00	16.43	79.01	15.63	512.10	2059.80
47h	0.26	4.99	1.42	48.73	427.00	22.63	79.59	15.74	511.20	2056.18
50h	0.44	8.37	1.78	60.89	478.30	25.35	81.16	16.05	510.80	2054.57
53h	0.48	9.11	1.77	60.47	476.60	25.26	76.73	15.17	482.00	1938.73
68h	0.61	11.43	1.93	66.16	502.10	26.61	80.98	16.01	499.00	2007.11
75h	0.65	12.27	1.94	66.54	544.10	28.83	81.50	16.12	490.00	1970.91
94h	0.54	10.18	1.15	39.35	344.50	18.26	27.62	5.46	133.00	534.96

Annexe 10:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>Totaux</b>	2.51		57.66		11.19		824.44		84.41		117.93
<b>déc.+aci. à 46h</b>											
0h	0.44	18.55	-0.68	-1.25	0.83	7.79	680.10	86.62	56.30	70.03	3.81
22h	0.46	19.35	-0.68	-1.23	1.63	15.31	643.61	81.97	68.78	85.55	-1.43
46h	0.45	18.64	0.00	0.00	2.05	19.25	644.50	82.08	63.86	79.43	0.00
47h	0.11	19.93	0.42	0.76	1.88	33.32	149.40	85.83	14.58	82.78	0.00
50h	0.15	21.42	0.87	1.58	2.67	40.71	163.80	87.66	16.23	84.83	0.00
53h	0.20	23.36	1.67	3.03	3.11	44.85	172.60	88.78	16.98	85.76	0.00
68h	0.24	25.11	1.79	3.26	3.18	45.50	170.90	88.56	17.37	86.25	0.00
75h	0.24	25.02	2.39	4.35	3.47	48.25	174.10	88.97	16.69	85.40	0.00
94h	0.26	26.01	4.18	7.61	3.58	49.24	169.80	88.42	16.46	85.12	1.32
<b>aci. à 46h</b>											
0h	0.44	18.55	-0.68	-1.25	0.83	7.79	680.10	86.62	56.30	70.03	3.81
22h	0.45	18.87	-0.74	-1.35	1.20	11.31	680.24	86.63	66.98	83.32	-1.69
46h	0.45	18.86	0.00	0.00	1.80	16.90	678.50	86.41	63.49	78.97	0.00
47h	0.47	19.72	2.41	4.38	3.80	35.67	678.40	86.40	63.93	79.52	4.03
50h	0.54	22.37	3.74	6.81	4.28	40.22	682.50	86.92	64.81	80.62	4.63
53h	0.49	20.49	4.63	8.44	4.01	37.65	643.10	81.91	60.86	75.70	3.68
68h	0.55	23.12	6.31	11.49	4.13	38.80	665.20	84.72	62.48	77.72	3.72
75h	0.54	22.57	8.11	14.76	4.40	41.27	630.40	80.29	61.20	76.12	7.44
94h	0.27	11.36	4.49	8.17	3.68	34.51	172.20	21.93	16.45	20.46	2.77

## Annexe 11:

Solubilisation biologique des métaux à pH 2 avec une acidification au HCl  
(séd#12 et souche acclimatée au FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>Aci.avec HCl</b>										
Totaux			1940.45		-0.47		580.06		0.13	
0h	2.14	379	88.49	4.79	-0.16	35.90	327.12	59.21	0.08	66.78
3h	2.34	373	98.86	5.35	-0.15	32.47	377.81	68.39	0.10	84.53
9h	2.33	375	99.57	5.39	-0.20	44.87	382.53	69.24	0.11	86.79
21h	2.38	400	108.13	5.85	-0.24	54.33	408.13	73.88	0.11	92.58
28h	2.51	413	111.07	6.01	-0.25	55.11	425.07	76.94	0.11	90.90
48h	2.46	441	109.53	5.93	-0.20	43.65	411.86	74.55	0.11	88.89
52h	2.46	453	105.73	5.72	-0.27	59.43	399.61	72.34	0.11	90.56
69h	2.34	496	119.78	6.48	-0.21	47.24	442.22	80.05	0.11	90.95
76h	2.26	506	109.79	5.94	-0.21	46.05	425.64	77.05	0.11	91.40
97h	2.27	585	117.89	6.38	-0.14	32.31	418.84	75.82	0.13	107.86

## Annexe 11:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>Aci.avec HCl</b>										
Totaux	5.02		3.15		1648.84		511.8		25.32	
0h	0.58	12.24	0.49	16.21	623.88	39.73	70.23	14.41	15.11	62.67
3h	0.65	13.56	0.99	32.88	685.65	43.66	92.21	18.92	15.98	66.29
9h	0.64	13.47	1.26	41.99	665.95	42.41	94.79	19.45	16.02	66.43
21h	0.66	13.72	1.60	53.41	641.78	40.87	94.88	19.47	15.87	65.81
28h	0.66	13.82	1.87	62.23	627.54	39.96	95.24	19.54	16.20	67.18
48h	0.67	13.94	1.95	64.92	554.27	35.30	96.67	19.83	16.03	66.46
52h	0.68	14.25	2.00	66.75	533.70	33.99	97.80	20.06	15.72	65.17
69h	0.71	14.80	2.35	78.24	456.29	29.06	99.14	20.34	15.98	66.25
76h	0.69	14.46	2.17	72.45	414.15	26.37	100.14	20.54	15.54	64.46
97h	0.77	16.16	2.41	80.20	355.45	22.64	104.11	21.36	16.83	69.81

## Annexe 11:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>Aci.avec HCl</b>											
Totaux	2.26		49.15		8.22		690.42		76.83		210.08
0h	0.49	22.68	1.85	3.95	3.48	44.41	317.25	48.25	58.82	80.38	-3.37
3h	0.56	26.12	0.06	0.12	3.63	46.42	323.04	49.13	66.59	91.01	-2.59
9h	0.61	28.54	-0.68	-1.45	3.13	39.94	319.60	48.61	69.80	95.39	-3.31
21h	0.61	28.40	-0.88	-1.88	2.73	34.93	313.09	47.62	71.47	97.67	-3.32
28h	0.62	28.64	-0.93	-2.00	2.68	34.20	322.69	49.08	71.56	97.79	-4.80
48h	0.64	29.66	-0.51	-1.09	2.57	32.83	297.91	45.31	67.97	92.89	-0.81
52h	0.62	28.78	-0.28	-0.59	2.49	31.87	305.02	46.39	68.60	93.75	-1.79
69h	0.64	29.71	0.71	1.52	2.51	32.06	318.17	48.39	73.20	100.03	-3.64
76h	0.67	31.02	0.69	1.47	2.41	30.80	288.12	43.82	69.78	95.37	1.80
97h	0.79	36.69	1.46	3.12	2.55	32.59	299.63	45.57	73.66	100.67	-0.86

Annexe 12: Effet du FeCl<sub>2</sub> sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine avec une acidification avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (séd #12 et souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>Stérile</b>										
Totaux			2692.00		0.00		814.80		0.11	
0h	3.64	141	2.09	0.08	0.00	0.00	329.50	42.46	0.01	11.97
21h	4.23	214	4.39	0.17	0.00	0.00	361.40	46.57	0.06	60.23
29h	4	224	5.17	0.20	0.00	0.00	333.00	42.91	0.07	72.69
45h	3.86	244	8.13	0.32	0.00	0.00	375.70	48.41	0.10	95.63
76h	3.73	254	10.66	0.42	0.00	0.00	382.10	49.24	0.11	110.48
119h	3.64	258	14.39	0.56	0.00	0.00	443.80	57.19	0.13	131.82
144h	3.64		15.28	0.60	0.00	0.00	410.50	52.90	0.10	100.11
<b>Non-stérile</b>										
Totaux			2503.00		0.00		760.20		0.10	
0h	3.78	154	3.90	0.16	0.00	0.00	243.30	33.60	0.01	6.99
21h	3.91	247	11.28	0.47	0.00	0.00	322.70	44.57	0.07	73.56
29h	3.63	274	18.68	0.78	0.00	0.00	310.90	42.94	0.08	85.07
45h	2.92	386	54.59	2.29	0.00	0.00	417.20	57.62	0.14	141.06
76h	2.44	513	94.03	3.94	0.00	0.00	440.30	60.81	0.15	149.28
119h	2.39	558	110.20	4.62	0.00	0.00	435.30	60.12	0.14	148.87
144h	2.44		116.80	4.90	0.00	0.00	451.40	62.35	0.14	148.77

## Annexe 12:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>Stérile</b>										
Totaux	8.09		4.69		3078.00		760.40		41.18	
0h	0.40	5.24	0.03	0.76	1075.00	36.67	75.15	10.38	19.48	49.67
21h	0.19	2.43	0.00	0.00	1057.00	36.06	81.81	11.30	21.23	54.13
29h	0.13	1.70	0.01	0.26	963.60	32.87	75.99	10.49	19.47	49.64
45h	0.17	2.18	0.11	2.40	1052.00	35.89	86.36	11.93	22.03	56.17
76h	0.15	1.90	0.25	5.59	963.70	32.87	88.64	12.24	21.60	55.08
119h	0.18	2.30	0.40	8.95	1003.00	34.22	110.90	15.31	24.39	62.19
144h	0.14	1.81	0.43	9.57	871.10	29.72	102.60	14.17	22.27	56.78
<b>Non-stérile</b>										
Totaux	8.70		4.32		2807.00		721.60		37.45	
0h	0.34	4.08	0.07	1.73	888.30	33.23	47.93	6.97	15.00	42.06
21h	0.17	2.11	0.12	2.82	975.70	36.50	67.22	9.78	19.55	54.81
29h	0.16	1.88	0.30	7.32	88107.00	3295.77	66.74	9.71	18.58	52.09
45h	0.14	1.67	1.76	42.81	731.40	27.36	90.67	13.19	22.08	61.91
76h	0.34	4.13	2.80	67.95	202.70	7.58	114.20	16.62	23.21	65.07
119h	0.53	6.36	2.95	71.74	115.60	4.32	115.60	16.82	22.94	64.32
144h	0.60	7.26	3.02	73.44	103.20	3.86	118.30	17.21	22.98	64.43

## Annexe 12:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>Stérile</b>											
Totaux	4.01		81.39		13.71		781.70		121.40		0.00
0h	0.28	7.37	0.00	0.00	0.22	1.71	507.50	68.17	23.79	20.58	690.60
21h	0.37	9.67	0.00	0.00	0.67	5.10	532.80	71.57	65.26	56.44	1957.00
29h	0.33	8.63	0.00	0.00	0.58	4.45	484.50	65.08	66.54	57.55	2729.00
45h	0.39	10.21	0.00	0.00	0.75	5.72	536.50	72.06	78.48	67.88	4607.00
76h	0.38	9.87	0.00	0.00	0.97	7.46	515.80	69.28	79.59	68.84	6514.00
119h	0.44	11.56	0.00	0.00	1.18	9.03	581.70	78.14	91.65	79.27	7201.00
144h	0.40	10.41	0.00	0.00	1.11	8.47	502.50	67.50	81.92	70.85	7191.00
<b>Non-stérile</b>											
Totaux	3.85		77.06		9.61		690.30		112.30		217.50
0h	0.34	9.32	0.00	0.00	0.24	2.63	373.80	56.86	26.21	24.51	4735.00
21h	0.49	13.31	0.00	0.00	1.12	12.19	470.80	71.61	75.81	70.88	2047.00
29h	0.47	12.86	0.00	0.00	1.64	17.89	438.60	66.71	77.55	72.51	1516.00
45h	0.59	16.24	0.00	0.00	4.35	47.57	507.90	77.26	98.59	92.18	1483.00
76h	0.67	18.26	0.08	0.11	6.73	73.61	427.90	65.09	101.50	94.90	1631.00
119h	0.75	20.42	0.14	0.20	6.04	66.01	422.70	64.30	98.77	92.35	1606.00
144h	0.81	22.05	0.20	0.28	6.08	66.45	433.90	66.00	100.50	93.97	1567.00

Annexe 13:

Effet de la concentration de Fe sur le procédé de solubilisation biologique  
des métaux dans les sédiments du canal Lachine avec une acidification avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
(séd #12 et souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>)

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>1%Fe (FeCl<sub>2</sub>)</b>			1862.60		0.00		551.20		0.10	
Totaux										
0h	3.09	332	48.14	2.71	-0.48	0.00	349.32	66.54	0.06	66.35
17h	3.68	297	49.37	2.78	-0.36	0.00	317.76	60.53	0.09	93.39
24h	3.47	313	58.78	3.31	-0.41	0.00	362.41	69.04	0.10	108.45
48h	3.01	387	79.85	4.50	-0.30	0.00	383.36	73.03	0.11	116.64
72h	2.54	556	105.21	5.93	-0.09	0.00	423.30	80.64	0.12	129.47
100h	2.46	565	106.23	5.99	-0.09	0.00	443.89	84.56	0.11	122.11
115h	2.45	563	104.36	5.88	-0.11	0.00	399.08	76.02	0.12	134.00
163h	2.6	564	118.22	6.66	-0.13	0.00	469.56	89.45	0.14	153.25
<b>2%Fe (FeCl<sub>2</sub>)</b>			2656.12		-1.20		634.72		0.15	
Totaux										
0h	2.64	401	79.22	3.13	-0.55	0.00	358.82	59.36	0.09	68.16
22h	2.69	412	97.15	3.84	-0.49	0.00	377.44	62.44	0.11	77.05
46h	2.44	450	105.82	4.18	-0.40	0.00	382.87	63.34	0.11	82.39
52h	2.41	458	113.28	4.48	-0.33	0.00	402.22	66.54	0.12	88.22
69h	2.41	517	126.56	5.00	-0.20	0.00	434.12	71.82	0.13	93.48
94h	2.38	555	155.45	6.15	-0.22	0.00	533.01	88.18	0.16	116.23
144h	2.22	604	160.62	6.35	-0.15	0.00	486.37	80.46	0.15	110.96
145h*	2.31	557	213.99	8.46	-0.13	0.00	911.74	150.83	0.27	197.35
149h*	1.73	521	156.97	6.21	-0.37	0.00	483.22	79.94	0.14	102.20
155h*			201.15	7.95	-0.52	0.00	559.34	92.53	0.16	118.19

\*acid.àpH1.75

## Annexe 13:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
<b>1%Fe (FeCl2)</b>										
Totaux	6.39		3.13		1840.60		511.40		26.48	
0h	0.49	7.98	0.35	11.85	665.61	37.97	77.32	15.87	17.38	68.90
17h	0.24	3.95	0.58	19.31	586.69	33.47	79.04	16.23	16.16	64.06
24h	0.22	3.59	0.80	26.78	609.59	34.78	89.84	18.45	17.90	70.98
48h	0.23	3.74	1.71	57.26	441.05	25.16	90.75	18.63	18.85	74.75
72h	0.37	6.11	2.43	81.47	149.17	8.51	103.18	21.19	18.64	73.91
100h	0.45	7.37	2.37	79.55	111.69	6.37	103.94	21.34	17.96	71.22
115h	0.51	8.38	2.29	76.79	125.10	7.14	93.09	19.11	18.45	73.14
163h	0.64	10.45	2.48	83.11	129.99	7.42	115.01	23.61	20.35	80.70
<b>2%Fe (FeCl2)</b>										
Totaux	7.15		3.45		2300.69		588.64		29.36	
0h	0.71	10.41	1.68	51.01	758.10	34.60	90.32	16.11	18.13	64.82
22h	0.70	10.27	2.22	67.71	663.02	30.26	95.38	17.01	19.35	69.20
46h	0.73	10.76	2.35	71.66	509.01	23.23	96.86	17.28	19.70	70.44
52h	0.77	11.37	2.52	76.72	494.74	22.58	101.45	18.10	20.07	71.79
69h	0.87	12.73	2.76	84.13	386.10	17.62	107.37	19.15	21.31	76.20
94h	1.04	15.23	3.33	101.24	370.83	16.92	129.15	23.04	24.42	87.32
144h	1.16	17.10	3.32	100.93	357.16	16.30	127.34	22.72	24.70	88.34
145h*	0.88	12.89	5.29	160.97	303.02	13.83	219.58	39.17	42.08	150.50
149h*	1.28	18.79	3.07	93.49	576.77	26.32	115.09	20.53	22.37	80.01
155h*	1.87	27.38	3.54	107.62	897.60	40.96	135.53	24.18	25.85	92.43

\*acid.àpH1.75

## Annexe 13:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)									
<b>1%Fe (FeCl2)</b>												
Totaux	2.49		58.08		10.24		687.40		89.64		0.00	
0h	0.60	25.15	-0.86	-1.55	2.94	30.12	574.15	87.70	78.11	91.49	2.22	
17h	0.54	22.90	-0.63	-1.14	2.40	24.57	486.50	74.31	75.77	88.75	-0.04	
24h	0.58	24.59	-0.88	-1.60	2.64	27.08	569.58	87.00	81.05	94.94	-3.87	
48h	0.62	25.95	-0.53	-0.95	4.28	43.85	551.86	84.30	87.86	102.92	-3.50	
72h	0.71	29.82	0.52	0.93	5.71	58.58	544.15	83.12	89.68	105.04	-1.45	
100h	0.73	30.65	0.43	0.77	4.88	50.00	566.71	86.56	86.97	101.87	-3.35	
115h	0.76	32.09	0.43	0.78	5.28	54.17	521.73	79.69	83.06	97.29	2.98	
163h	0.86	36.10	0.38	0.68	4.99	51.15	545.17	83.27	97.60	114.32	-2.26	
<b>2%Fe (FeCl2)</b>												
Totaux	2.82		64.30		12.18		704.49		91.77		162.43	
0h	0.61	22.75	-1.01	-1.65	3.88	33.41	559.63	83.41	81.54	93.29	-0.33	
22h	0.66	24.53	-0.65	-1.07	0.02	0.18	575.07	85.71	85.59	97.92	-1.29	
46h	0.67	24.97	0.06	0.10	4.33	37.35	544.19	81.11	86.74	99.24	-1.58	
52h	0.69	25.83	0.12	0.20	4.70	40.54	561.84	83.74	88.88	101.69	-1.45	
69h	0.78	29.09	1.24	2.03	5.09	43.85	578.66	86.25	94.43	108.03	-0.66	
94h	0.94	35.19	1.92	3.13	5.77	49.78	679.15	101.22	112.27	128.45	2.24	
144h	1.02	38.10	2.02	3.30	4.92	42.45	661.96	98.66	105.40	120.59	10.02	
145h*	1.54	57.24	1.45	2.36	11.71	100.99	581.94	86.73	172.62	197.49	16.58	
149h*	0.93	34.69	6.21	10.15	5.97	51.51	616.99	91.96	96.65	110.58	21.45	
155h*	1.12	41.70	11.35	18.54	7.07	60.92	716.20	106.75	109.15	124.88	22.32	

\*acid.àpH1.75

Annexe 14: Effet des solides totaux sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine avec 1% Fe (FeCl<sub>2</sub>) ajouté comme substrat. (séd #12, souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>, acidi. avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Echantillo n	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>3%ST</b>										
Totaux			1862.60		0.00		551.20		0.10	
0h	3.09	332	48.14	2.71	-0.48	0.00	349.32	66.54	0.06	66.35
17h	3.68	297	49.37	2.78	-0.36	0.00	317.76	60.53	0.09	93.39
24h	3.47	313	58.78	3.31	-0.41	0.00	362.41	69.04	0.10	108.45
48h	3.01	387	79.85	4.50	-0.30	0.00	383.36	73.03	0.11	116.64
72h	2.54	556	105.21	5.93	-0.09	0.00	423.30	80.64	0.12	129.47
100h	2.46	565	106.23	5.99	-0.09	0.00	443.89	84.56	0.11	122.11
115h	2.45	563	104.36	5.88	-0.11	0.00	399.08	76.02	0.12	134.00
163h	2.6	564	118.22	6.66	-0.13	0.00	469.56	89.45	0.14	153.25
<b>7%ST</b>										
Totaux			42661		0.00		1296.00		0.31	
0h	2.99	332	87.53	0.22	-1.01	0.00	649.73	52.64	0.23	78.92
17h	3.69	271	66.85	0.16	-0.89	0.00	658.99	53.39	0.21	71.93
24h	3.66	259	62.25	0.15	-0.99	0.00	738.97	59.87	0.21	72.05
48h	3.65	260	47.86	0.12	-0.70	0.00	828.16	67.10	0.22	74.27
72h	3.1	358	94.37	0.23	-0.10	0.00	1159.27	93.92	0.26	89.27
100h	3.36	476	69.30	0.17	0.08	0.00	1329.41	107.71	0.28	96.32
115h	3.45	468	55.95	0.14	0.02	0.00	1212.21	98.21	0.26	88.68
163h	3.77	471	36.87	0.09	-0.09	0.00	1195.29	96.84	0.25	84.35

## Annexe 14:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>3%ST</b>										
Totaux	6.39		3.13		1840.6		511.40		26.48	
0h	0.49	7.98	0.35	11.85	665.61	37.97	77.32	15.87	17.38	68.90
17h	0.24	3.95	0.58	19.31	586.69	33.47	79.04	16.23	16.16	64.06
24h	0.22	3.59	0.80	26.78	609.59	34.78	89.84	18.45	17.90	70.98
48h	0.23	3.74	1.71	57.26	441.05	25.16	90.75	18.63	18.85	74.75
72h	0.37	6.11	2.43	81.47	149.17	8.51	103.18	21.19	18.64	73.91
100h	0.45	7.37	2.37	79.55	111.69	6.37	103.94	21.34	17.96	71.22
115h	0.51	8.38	2.29	76.79	125.10	7.14	93.09	19.11	18.45	73.14
163h	0.64	10.45	2.48	83.11	129.99	7.42	115.01	23.61	20.35	80.70
<b>7%ST</b>										
Totaux	14.70		8.14		4118.0		738.40		62.80	
0h	0.62	4.43	1.12	14.50	1435.9	36.61	94.65	13.46	37.80	63.20
17h	0.25	1.78	0.74	9.51	1234.8	31.48	113.69	16.17	38.16	63.81
24h	0.21	1.52	0.75	9.62	1176.1	29.99	123.18	17.52	37.62	62.89
48h	0.15	1.08	0.70	9.01	929.12	23.69	135.09	19.21	35.57	59.48
72h	0.05	0.37	2.46	31.77	383.37	9.78	180.22	25.63	40.34	67.44
100h	0.02	0.16	2.06	26.61	4.73	0.12	257.62	36.63	41.62	69.59
115h	0.02	0.12	1.79	23.14	3.06	0.08	251.03	35.70	41.55	69.47
163h	0.01	0.04	1.44	18.53	0.64	0.02	256.74	36.51	36.18	60.49

Annexe 14:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>3%ST</b>											
Totaux	2.49		58.08		10.24		687.40		89.64		0.00
0h	0.60	25.15	-0.86	-1.55	2.94	30.12	574.15	87.70	78.11	91.49	2.22
17h	0.54	22.90	-0.63	-1.14	2.40	24.57	486.50	74.31	75.77	88.75	-0.04
24h	0.58	24.59	-0.88	-1.60	2.64	27.08	569.58	87.00	81.05	94.94	-3.87
48h	0.62	25.95	-0.53	-0.95	4.28	43.85	551.86	84.30	87.86	102.92	-3.50
72h	0.71	29.82	0.52	0.93	5.71	58.58	544.15	83.12	89.68	105.04	-1.45
100h	0.73	30.65	0.43	0.77	4.88	50.00	566.71	86.56	86.97	101.87	-3.35
115h	0.76	32.09	0.43	0.78	5.28	54.17	521.73	79.69	83.06	97.29	2.98
163h	0.86	36.10	0.38	0.68	4.99	51.15	545.17	83.27	97.60	114.32	-2.26
<b>7%ST</b>											
Totaux	6.20		146.30		26.96		1250.40		203.20		233.60
0h	1.11	18.73	-1.91	-1.37	5.93	23.08	955.27	80.22	173.25	89.53	2.25
17h	1.07	18.09	-1.60	-1.15	3.40	13.26	927.13	77.85	164.71	85.11	1.23
24h	1.07	18.17	-1.58	-1.13	3.16	12.32	907.28	76.19	168.48	87.06	3.67
48h	1.01	17.05	-1.36	-0.98	2.83	11.01	882.24	74.08	172.15	88.95	3.32
72h	1.20	20.30	-0.61	-0.44	5.55	21.62	953.84	80.10	181.46	93.77	-0.85
100h	1.29	21.92	0.02	0.01	3.38	13.15	956.64	80.33	181.16	93.61	2.84
115h	1.20	20.35	-0.06	-0.05	2.95	11.48	870.98	73.14	181.99	94.04	2.82
163h	1.22	20.61	-0.02	-0.01	2.72	10.61	808.27	67.87	184.26	95.21	3.41

## Annexe 15

Effet des solides totaux sur la solubilisation biologique des métaux  
dans les sédiments du canal Lachine avec 2%Fe (FeCl<sub>2</sub>) ajouté comme substrat  
(séd#12,souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>, acic.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>3%ST</b>										
Totaux			2656.12		-1.20		634.72		0.15	
0h	2.64	401	79.22	3.13	-0.55	0.00	358.82	59.36	0.09	68.16
22h	2.69	412	97.15	3.84	-0.49	0.00	377.44	62.44	0.11	77.05
46h	2.44	450	105.82	4.18	-0.40	0.00	382.87	63.34	0.11	82.39
52h	2.41	458	113.28	4.48	-0.33	0.00	402.22	66.54	0.12	88.22
69h	2.41	517	126.56	5.00	-0.20	0.00	434.12	71.82	0.13	93.48
94h	2.38	555	155.45	6.15	-0.22	0.00	533.01	88.18	0.16	116.23
144h	2.22	604	160.62	6.35	-0.15	0.00	486.37	80.46	0.15	110.96
145h	2.31	492	213.99	8.46	-0.13	0.00	911.74	150.83	0.27	197.35
149h*	1.75	557	156.97	6.21	-0.37	0.00	483.22	79.94	0.14	102.20
155h*	1.73	521	201.15	7.95	-0.52	0.00	559.34	92.53	0.16	118.19
<b>7%ST</b>										
Totaux			4253.91		-2.71		1268.62		0.31	
0h	2.69	358	71.43	1.76	-0.95	0.00	686.39	56.81	0.20	68.57
22h	3.28	307	67.39	1.66	-0.98	0.00	762.33	63.10	0.23	76.78
46h	3.09	323	73.52	1.81	-0.77	0.00	755.03	62.49	0.22	74.80
52h	3.16	308	82.53	2.04	-0.80	0.00	826.33	68.39	0.25	84.21
69h	2.89	365	109.98	2.71	-0.63	0.00	864.58	71.56	0.25	82.77
94h	2.79	390	174.89	4.32	-0.08	0.00	1014.64	83.98	0.29	97.53
144h	2.26	557	195.55	4.83	-0.01	0.00	976.67	80.84	0.27	91.90
145h	2.29	538	162.13	4.00	-0.31	0.00	549.21	45.46	0.17	55.62
149h*	1.75	537	219.75	5.42	-0.16	0.00	970.08	80.29	0.28	93.60
155h*	1.75	474	245.04	6.05	-0.21	0.00	1015.30	84.03	0.29	98.54
<b>10%ST</b>										
Totaux			6253.32		-4.21		1862.51		0.42	
0h	3.05	333	97.94	1.64	-1.38	0.00	1015.86	57.27	0.31	76.95
22h	3.17	305	105.13	1.77	-1.37	0.00	1099.13	61.96	0.33	82.32
46h	3.01	322	125.00	2.10	-1.34	0.00	1337.75	75.42	0.37	91.37
47h*	1.79	436	214.13	3.60	-1.18	0.00	1232.86	69.50	0.34	84.27
52h*	1.64	425	244.29	4.10	-1.37	0.00	1397.51	78.78	0.38	95.26
69h*	1.79	453	311.81	5.24	-1.42	0.00	1521.61	85.78	0.39	96.42
76h*	1.78	454	336.76	5.65	-1.44	0.00	1584.87	89.35	0.41	101.87
94h*	1.97	466	390.89	6.56	-1.64	0.00	1723.03	97.14	0.42	104.15

\*acid.à pH1.75  
avec HCl

## Annexe 15

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>3%ST</b>										
Totaux	7.15		3.45		2300.69		588.64		29.36	
0h	0.71	10.41	1.68	51.01	758.10	34.60	90.32	16.11	18.13	64.82
22h	0.70	10.27	2.22	67.71	663.02	30.26	95.38	17.01	19.35	69.20
46h	0.73	10.76	2.35	71.66	509.01	23.23	96.86	17.28	19.70	70.44
52h	0.77	11.37	2.52	76.72	494.74	22.58	101.45	18.10	20.07	71.79
69h	0.87	12.73	2.76	84.13	386.10	17.62	107.37	19.15	21.31	76.20
94h	1.04	15.23	3.33	101.24	370.83	16.92	129.15	23.04	24.42	87.32
144h	1.16	17.10	3.32	100.93	357.16	16.30	127.34	22.72	24.70	88.34
145h	0.88	12.89	5.29	160.97	303.02	13.83	219.58	39.17	42.08	150.50
149h*	1.28	18.79	3.07	93.49	576.77	26.32	115.09	20.53	22.37	80.01
155h*	1.87	27.38	3.54	107.62	897.60	40.96	135.53	24.18	25.85	92.43
<b>7%ST</b>										
Totaux	13.11		7.34		4879.27		1256.98		64.22	
0h	0.81	6.50	1.49	21.35	1395.84	30.04	148.43	12.40	38.21	62.47
22h	0.23	1.84	1.30	18.57	1384.56	29.80	173.16	14.46	40.92	66.91
46h	0.13	1.06	1.54	22.03	1154.86	24.85	181.26	15.14	39.72	64.94
52h	0.19	1.53	1.81	25.93	1154.32	24.84	195.26	16.31	42.67	69.77
69h	0.17	1.33	2.73	38.99	888.15	19.11	196.40	16.41	40.57	66.34
94h	0.46	3.71	4.91	70.19	212.80	4.58	232.83	19.45	44.74	73.15
144h	0.71	5.67	4.86	69.57	108.27	2.33	222.44	18.58	42.19	68.99
145h	1.37	10.94	3.27	46.84	535.66	11.53	135.21	11.29	25.59	41.84
149h*	1.21	9.70	5.10	73.02	436.11	9.38	229.79	19.20	43.09	70.46
155h*	1.44	11.52	5.40	77.22	421.23	9.06	234.72	19.61	44.58	72.89
<b>10%ST</b>										
Totaux	21.74		10.34		7226.78		1849.04		92.60	
0h	0.74	3.59	2.14	21.76	1926.23	27.99	236.91	13.45	54.48	61.78
22h	0.33	1.61	2.16	21.95	1885.88	27.40	263.25	14.95	59.03	66.94
46h	0.30	1.47	2.55	25.93	1909.14	27.74	308.57	17.52	65.97	74.81
47h*	1.12	5.43	4.67	47.40	1871.83	27.20	291.27	16.54	57.25	64.92
52h*	1.38	6.68	5.50	55.82	1857.26	26.98	289.35	16.43	58.60	66.45
69h*	2.48	12.00	6.77	68.71	2176.08	31.62	341.19	19.37	65.18	73.91
76h*	2.65	12.81	7.17	72.78	2150.71	31.25	335.70	19.06	63.80	72.34
94h*	3.23	15.60	8.00	81.19	2231.32	32.42	361.11	20.51	66.62	75.54

\*acid.à pH1.75  
avec HCl

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>3%ST</b>											
Totaux	2.82		64.30		12.18		704.49		91.77		162.43
0h	0.61	22.75	-1.01	-1.65	3.88	33.41	559.63	83.41	81.54	93.29	-0.33
22h	0.66	24.53	-0.65	-1.07	0.02	0.18	575.07	85.71	85.59	97.92	-1.29
46h	0.67	24.97	0.06	0.10	4.33	37.35	544.19	81.11	86.74	99.24	-1.58
52h	0.69	25.83	0.12	0.20	4.70	40.54	561.84	83.74	88.88	101.69	-1.45
69h	0.78	29.09	1.24	2.03	5.09	43.85	578.66	86.25	94.43	108.03	-0.66
94h	0.94	35.19	1.92	3.13	5.77	49.78	679.15	101.22	112.27	128.45	2.24
144h	1.02	38.10	2.02	3.30	4.92	42.45	661.96	98.66	105.40	120.59	10.02
145h	1.54	57.24	1.45	2.36	11.71	100.99	581.94	86.73	172.62	197.49	16.58
149h*	0.93	34.69	6.21	10.15	5.97	51.51	616.99	91.96	96.65	110.58	21.45
155h*	1.12	41.70	11.35	18.54	7.07	60.92	716.20	106.75	109.15	124.88	22.32
<b>7%ST</b>											
Totaux	6.08		139.47		25.94		934.89		188.60		22.18
0h	0.98	16.90	-2.13	-1.60	3.43	13.90	619.90	69.62	138.76	77.25	6.58
22h	1.09	18.80	-2.04	-1.54	2.73	11.06	637.20	71.57	152.77	85.06	6.13
46h	1.06	18.24	-1.79	-1.35	3.18	12.88	580.87	65.24	152.08	84.67	5.43
52h	1.15	19.88	-1.64	-1.23	3.77	15.26	630.57	70.82	162.61	90.53	5.33
69h	1.20	20.78	-1.13	-0.85	5.61	22.69	601.60	67.57	160.14	89.16	6.02
94h	1.39	24.05	0.20	0.15	11.44	46.30	571.19	64.15	182.34	101.52	18.03
144h	1.66	28.57	0.18	0.13	10.36	41.94	540.29	60.68	171.38	95.42	18.29
145h	1.13	19.46	4.26	3.21	7.19	29.09	685.49	76.99	108.05	60.15	24.38
149h*	1.69	29.16	1.84	1.38	13.57	54.95	553.03	62.11	175.29	97.59	20.84
155h*	1.83	31.61	1.96	1.48	14.05	56.88	608.95	68.39	178.68	99.48	17.32
<b>10%ST</b>											
Totaux	8.78		198.31		36.50		1492.34		274.25		462.62
0h	1.63	19.50	-2.59	-1.37	6.39	18.37	942.24	66.30	216.92	83.05	13.08
22h	1.71	20.42	-2.88	-1.53	6.19	17.82	986.69	69.42	224.18	85.83	13.56
46h	1.95	23.36	-3.00	-1.59	7.25	20.86	1088.73	76.60	254.77	97.54	13.30
47h*	1.87	22.30	0.35	0.18	19.24	55.36	916.24	64.47	227.77	87.20	28.18
52h*	2.11	25.22	-1.18	-0.63	17.53	50.44	950.55	66.88	237.96	91.11	23.69
69h*	2.21	26.47	3.75	1.99	19.69	56.64	1006.65	70.83	253.56	97.08	26.26
76h*	2.19	26.15	6.07	3.21	19.29	55.49	1065.36	74.96	249.19	95.40	33.28
94h*	2.46	29.38	7.91	4.19	21.53	61.93	1163.77	81.88	270.43	103.54	32.12

\*acid.à pH1.75  
avec HCl

Annexe 16a:

Effet du pH de départ sur la solubilisation biologique des métaux  
dans les sédiments du canal Lachine 1%Fe (FeCl<sub>2</sub> comme substrat)  
(séd #12 et souche acclimatée au FeCl<sub>2</sub>, acid.HCl).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>pH=2.8 essai1</b>										
Totaux			1909.79		-0.27		613.83		0.13	
0h	2.31	342	86.04	4.73	-0.08	0.00	365.59	62.54	0.04	28.27
5h	2.66	288	72.71	4.00	-0.09	0.00	399.99	68.42	0.08	65.29
22h	2.97	318	79.42	4.37	-0.17	0.00	418.23	71.54	0.11	87.04
29h	2.88	331	81.83	4.50	-0.13	0.00	404.19	69.14	0.11	89.20
48h	2.79	386	98.69	5.43	-0.13	0.00	434.96	74.40	0.12	92.99
53h	2.76	402	95.77	5.27	-0.13	0.00	413.43	70.72	0.11	91.75
79h	2.45	463	108.89	5.99	-0.08	0.00	425.77	72.83	0.12	94.74
95h	2.27	497	118.68	6.52	-0.11	0.00	448.69	76.75	0.13	103.61
118h	2.21	582	122.77	6.75	-0.09	0.00	437.75	74.88	0.13	102.21
<b>pH=2.8 essai2</b>										
Totaux			1857.47		-0.20		636.53		0.14	
0h	2.41	365	61.58	3.48	0.00	0.00	381.70	62.96	0.07	54.45
5h	2.63	314	66.14	3.74	0.00	0.00	408.90	67.45	0.08	62.55
22h	2.68	369	75.28	4.26	0.00	0.00	409.20	67.50	0.09	71.02
27h	2.68	394	80.75	4.56	0.00	0.00	413.40	68.19	0.10	74.61
48h	2.46	452	92.04	5.20	0.00	0.00	428.40	70.67	0.11	82.78
70h	2.41	498	96.24	5.44	0.00	0.00	418.50	69.03	0.10	78.81
77h	2.28	513	97.84	5.53	0.00	0.00	426.90	70.42	0.11	80.87
98h	2.19	579	111.20	6.29	0.00	0.00	467.60	77.13	0.12	90.96
119h	2.14	588	109.00	6.16	0.00	0.00	445.50	73.49	0.11	83.70
152h	2.05	611	116.50	6.59	0.00	0.00	462.80	76.34	0.11	85.69
<b>pH=4</b>										
Totaux			2054.00		0.00		597.00		0.09	
0h	2.89	310	46.90	2.40	-0.61	0.00	462.04	81.26	0.01	12.93
17h	3.5	238	29.23	1.49	-0.61	0.00	489.15	86.03	0.03	30.80
24h	3.54	260	27.63	1.41	-0.58	0.00	473.64	83.30	0.03	34.14
48h	3.58	279	40.41	2.07	-0.67	0.00	558.93	98.30	0.13	150.62
72h	3.41	313	52.29	2.67	-0.60	0.00	589.43	103.67	0.14	163.43
100h	2.89	382	66.69	3.41	-0.40	0.00	540.87	95.13	0.12	147.75
115h	2.56	437	79.03	4.04	-0.38	0.00	554.39	97.51	0.14	163.58
163h	2.3	538	103.55	5.29	-0.19	0.00	596.66	104.94	0.15	179.38

## Annexe 16a:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>pH=2.8 essai1</b>										
Totaux	5.24		2.96		1773.77		518.65		25.52	
0h	0.84	16.86	-0.01	-0.19	609.83	36.10	70.10	14.19	15.38	63.27
5h	0.77	15.42	0.11	3.86	633.28	37.49	86.01	17.41	15.87	65.30
22h	0.71	14.14	0.71	25.08	641.78	37.99	93.57	18.94	16.74	68.86
29h	0.64	12.90	0.98	34.84	602.09	35.64	88.94	18.01	16.14	66.40
48h	0.63	12.66	1.77	62.77	574.73	34.02	95.21	19.28	17.15	70.55
53h	0.63	12.53	1.82	64.41	540.55	32.00	91.61	18.55	16.58	68.21
79h	0.68	13.71	2.29	81.04	461.62	27.33	93.19	18.87	16.87	69.41
95h	0.75	15.06	2.49	88.34	398.00	23.56	98.34	19.91	17.81	73.28
118h	0.79	15.83	2.60	92.12	279.28	16.53	96.47	19.53	17.32	71.28
<b>pH=2.8 essai2</b>										
Totaux	4.29		2.94		1786.59		539.14		26.00	
0h	0.72	17.67	0.07	2.40	560.70	32.95	80.15	15.61	14.05	56.73
5h	0.71	17.39	0.31	11.02	581.10	34.15	84.72	16.50	14.89	60.13
22h	0.67	16.50	1.15	41.02	536.10	31.51	85.10	16.57	14.91	60.21
27h	0.68	16.61	1.45	51.88	512.30	30.11	87.33	17.01	15.02	60.65
48h	0.71	17.26	1.94	69.30	456.10	26.81	89.77	17.48	15.63	63.11
70h	0.71	17.46	2.08	74.16	346.20	20.35	87.63	17.07	15.16	61.22
77h	0.74	17.99	2.13	75.91	322.20	18.94	90.48	17.62	15.33	61.90
98h	0.83	20.31	2.40	85.55	264.70	15.56	97.17	18.92	16.63	67.15
119h	0.82	19.96	2.34	83.62	234.20	13.76	93.60	18.23	15.94	64.37
152h	0.88	21.47	2.46	87.97	231.40	13.60	97.84	19.05	16.48	66.55
<b>pH=4</b>										
Totaux	7.38		3.30		2108.00		574.20		28.56	
0h	1.13	16.02	-0.00	-0.06	944.62	47.05	79.75	14.58	20.72	76.19
17h	0.21	3.01	0.06	1.92	895.40	44.60	92.44	16.90	20.22	74.33
24h	0.15	2.16	0.14	4.39	850.18	42.35	90.59	16.57	19.78	72.71
48h	0.13	1.86	0.61	19.39	880.09	43.84	105.75	19.34	22.64	83.23
72h	0.11	1.62	1.11	35.41	805.93	40.14	109.51	20.03	23.18	85.21
100h	0.16	2.22	1.63	51.84	609.41	30.35	100.36	18.35	20.82	76.55
115h	0.23	3.23	1.92	61.20	471.76	23.50	100.20	18.32	21.03	77.33
163h	0.48	6.83	2.44	77.74	211.44	10.53	107.86	19.72	22.59	83.04

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>3%ST</b>											
Totaux	2.74		63.56		11.74		138.00		91.00		0.00
0h	0.59	22.78	-0.82	-1.36	4.50	40.29	19.26	14.65	59.78	68.97	23.93
17h	0.62	23.79	-0.97	-1.60	2.88	25.74	22.85	17.39	81.36	93.87	15.66
24h	0.63	24.00	-1.00	-1.65	2.70	24.15	22.72	17.28	81.21	93.71	14.25
48h	0.68	26.06	-0.64	-1.05	3.59	32.15	28.30	21.54	95.92	110.68	12.44
72h	0.71	27.10	-0.93	-1.54	4.32	38.61	27.92	21.24	99.83	115.19	11.38
100h	0.64	24.71	-0.75	-1.24	5.83	52.16	34.91	26.56	90.18	104.05	12.03
115h	0.70	26.78	-0.42	-0.70	7.68	68.67	49.60	37.74	90.85	104.83	14.07
163h	0.80	30.72	-0.12	-0.20	11.23	100.48	15.45	11.76	97.65	112.68	13.99
<b>5%ST</b>											
Totaux	4.43		101.18		18.66		216.00		144.76		33.60
0h	0.64	15.13	-1.44	-1.49	2.85	16.06	22.58	10.98	85.77	62.22	-0.91
17h	0.66	15.63	-1.38	-1.44	1.76	9.91	23.88	11.61	99.85	72.43	-2.87
24h	0.64	15.12	-1.38	-1.43	1.84	10.38	25.39	12.34	104.93	76.11	-3.76
48h	0.61	14.51	-1.25	-1.30	1.87	10.50	24.06	11.70	100.81	73.12	-2.93
72h	0.66	15.72	-1.27	-1.31	2.32	13.07	28.81	14.00	111.51	80.88	-3.77
100h	0.70	16.51	-1.29	-1.34	2.65	14.93	38.21	18.58	116.84	84.75	-4.16
115h	0.70	16.56	-1.07	-1.11	2.91	16.37	52.34	25.45	116.55	84.54	-4.55
163h	0.81	19.22	-0.22	-0.23	9.91	55.76	21.44	10.42	131.10	95.09	-6.16
<b>7%ST</b>											
Totaux	6.02		147.40		25.92		312.40		197.98		285.20
0h	0.79	13.87	-2.17	-1.55	3.42	13.86	21.06	7.08	115.14	61.07	-1.47
17h	0.78	13.55	-2.20	-1.57	2.07	8.38	23.82	8.01	131.90	69.95	-0.80
24h	0.79	13.80	-2.08	-1.48	2.16	8.76	25.49	8.57	139.70	74.09	-2.15
48h	0.81	14.06	-1.97	-1.40	2.54	10.28	26.22	8.81	144.72	76.75	-0.16
72h	0.89	15.52	-2.00	-1.43	2.79	11.31	31.69	10.65	165.47	87.76	-1.91
100h	0.86	14.99	-1.81	-1.29	2.70	10.92	33.85	11.38	158.29	83.95	-1.23
115h	0.92	16.03	-1.63	-1.16	3.10	12.54	44.34	14.90	166.30	88.20	-1.51
163h	1.19	20.71	-0.73	-0.52	11.35	45.96	43.07	14.48	181.38	96.20	-1.70
<b>10%ST</b>											
Totaux	8.89		210.28		37.44		451.60		291.16		86.84
0h	1.00	11.86	-3.12	-1.56	2.87	8.04	21.95	5.10	135.58	48.89	4.54
17h	1.03	12.20	-2.95	-1.47	2.34	6.57	23.74	5.52	159.32	57.45	3.56
24h	1.01	11.88	-3.17	-1.58	2.31	6.49	23.88	5.55	169.50	61.13	3.26
48h	0.94	11.12	-2.44	-1.22	2.59	7.25	23.98	5.57	176.81	63.76	6.73
72h	1.00	11.83	-2.33	-1.17	2.74	7.69	25.24	5.87	196.83	70.98	5.96
100h	1.03	12.16	-2.00	-1.00	2.62	7.34	26.06	6.06	203.02	73.21	5.60
115h	1.05	12.43	-1.86	-0.93	2.56	7.19	27.74	6.45	205.25	74.02	7.28
163h	1.16	13.65	-1.50	-0.75	3.47	9.74	58.47	13.60	221.35	79.82	3.85
<b>15%ST</b>											
Totaux	12.81		296.52		55.20		652.00		421.60		131.00
0h	1.39	11.40	-4.21	-1.49	2.81	5.35	31.20	5.02	168.74	42.03	11.03
17h	1.33	10.93	-3.99	-1.41	2.58	4.91	32.84	5.29	221.41	55.14	10.87
24h	1.32	10.80	-4.04	-1.43	3.21	6.11	32.41	5.22	240.52	59.90	11.54
48h	1.47	12.01	-3.57	-1.26	4.15	7.89	32.35	5.21	274.21	68.29	10.36
72h	1.50	12.28	-3.05	-1.08	3.09	5.87	33.34	5.37	279.80	69.68	10.55
100h	1.63	13.39	-2.48	-0.88	2.02	3.85	27.16	4.37	282.88	70.45	11.96
115h	1.84	15.05	-2.20	-0.78	1.65	3.13	26.77	4.31	297.30	74.04	11.63
163h	2.09	17.16	-1.40	-0.50	1.72	3.28	30.53	4.92	306.62	76.36	10.12
<b>25%ST</b>											
Totaux	16.47		388.40		64.56		819.60		529.02		1658.00
0h	1.82	11.61	-6.08	-1.64	2.33	3.79	53.06	6.80	217.52	43.17	14.99
17h	1.85	11.81	-6.02	-1.63	2.87	4.66	56.53	7.24	278.90	55.36	15.91
24h	1.95	12.40	-5.94	-1.60	3.02	4.91	58.83	7.54	314.63	62.45	17.60
48h	1.86	11.84	-4.71	-1.27	3.85	6.27	45.39	5.81	332.44	65.98	17.52
72h	2.11	13.46	-3.62	-0.98	2.01	3.27	40.02	5.13	392.97	78.00	20.18
100h	1.99	12.70	-2.12	-0.57	1.08	1.75	31.04	3.98	371.66	73.77	18.66
115h	2.05	13.08	-1.51	-0.41	1.10	1.79	33.00	4.23	385.45	76.50	20.30
163h	1.97	12.57	-0.36	-0.10	0.65	1.06	40.41	5.18	371.45	73.73	22.71

Annexe 19: Effet du FeCl<sub>3</sub> sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>pH=1.5 FeCl<sub>3</sub></b>										
Totaux			1873.83		0.44		715.29		0.16	
3h	1.6	569	76.51	4.29	0.26	61.99	331.21	48.62	0.10	67.10
6h	1.48	567	86.39	4.84	0.19	46.01	347.67	51.04	0.10	64.43
11h	1.68	566	95.78	5.37	0.10	25.09	370.89	54.44	0.10	62.91
23h	1.63	566	101.32	5.68	0.11	27.50	368.41	54.08	0.10	64.42
30h	1.67	564	102.02	5.72	0.12	29.15	367.92	54.01	0.09	59.42
47h	1.65	566	109.93	6.16	0.12	29.71	378.86	55.61	0.09	59.42
54h	1.68	564	108.68	6.09	0.02	5.30	365.90	53.71	0.11	67.54
71h	1.56	560	107.10	6.00	0.08	18.83	356.40	52.32	0.10	65.00
92h	1.46	566	110.72	6.20	0.02	5.06	361.97	53.14	0.09	59.62
<b>pH=2.0 FeCl<sub>3</sub></b>										
Totaux			2101.17		0.33		662.48		0.16	
3h	2	540	51.68	2.58	0.16	50.72	332.62	52.72	0.11	70.12
6h	1.88	545	61.41	3.07	0.07	21.51	337.72	53.53	0.10	68.88
11h	2.02	543	71.26	3.56	0.06	18.62	356.90	56.57	0.12	77.82
23h	2.03	545	76.95	3.85	-0.00	-0.48	344.53	54.61	0.11	74.20
30h	2.08	542	120.11	6.00	0.08	25.30	431.27	68.35	0.10	67.21
47h	2.03	544	92.24	4.61	0.07	21.83	366.02	58.01	0.12	76.66
54h	2.03	542	92.38	4.62	-0.07	-20.86	360.06	57.07	0.12	77.05
71h	1.84	538	94.37	4.72	0.02	5.35	352.15	55.81	0.11	73.46
92h	1.8	531	100.69	5.03	0.05	16.26	356.64	56.53	0.11	75.11

## Annexe 19:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>pH=1.5 FeCl3</b>										
Totaux	9.86		4.30		9896.35		612.08		59.97	
3h	4.10	43.64	2.71	66.09	4455.31	47.27	77.01	13.21	35.54	62.22
6h	4.16	44.31	2.80	68.49	4455.41	47.27	78.13	13.40	35.05	61.36
11h	4.39	46.74	2.95	71.97	4454.33	47.26	81.83	14.04	36.40	63.74
23h	4.39	46.76	2.93	71.65	4463.36	47.36	82.26	14.11	36.25	63.47
30h	4.43	47.19	2.95	72.11	4459.33	47.31	81.90	14.05	36.23	63.43
47h	4.43	47.13	2.96	72.28	4454.79	47.27	84.31	14.46	36.58	64.05
54h	4.33	46.15	2.87	70.12	4459.36	47.31	81.76	14.03	35.37	61.92
71h	4.29	45.68	2.84	69.27	4454.93	47.27	78.97	13.55	34.50	60.40
92h	4.21	44.81	2.86	69.76	4456.65	47.28	82.07	14.08	34.29	60.04
<b>pH=2.0 FeCl3</b>										
Totaux	7.41		3.95		4786.05		587.28		38.24	
3h	1.97	27.86	2.24	59.40	3071.12	67.38	80.11	14.32	21.31	58.51
6h	2.07	29.27	2.34	62.07	3105.93	68.14	83.35	14.90	21.79	59.84
11h	2.21	31.26	2.53	67.12	3138.77	68.86	88.28	15.78	22.94	63.00
23h	2.19	31.02	2.47	65.59	3013.31	66.11	87.12	15.58	22.10	60.68
30h	0.92	13.05	0.33	8.87	596.12	13.08	117.22	20.96	14.18	38.93
47h	2.41	34.18	2.69	71.31	3127.01	68.60	92.03	16.45	23.88	65.57
54h	2.36	33.43	2.64	70.03	3028.46	66.44	91.17	16.30	23.29	63.96
71h	2.33	33.06	2.56	68.06	2957.50	64.88	88.74	15.87	22.91	62.92
92h	2.38	33.72	2.62	69.62	2946.49	64.64	90.71	16.22	22.84	62.71

Annexe 19:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>pH=1.5 FeCl3</b>											
Totaux	3.46		59.45		13.54		125.10		89.48		211.63
3h	0.99	29.98	18.21	32.16	10.14	78.64	8.08	6.78	56.61	66.43	105.47
6h	1.04	31.50	19.90	35.15	10.41	80.77	7.61	6.39	58.30	68.41	103.59
11h	1.11	33.83	21.02	37.12	10.68	82.83	7.22	6.06	61.43	72.08	105.81
23h	1.11	33.62	20.54	36.28	10.81	83.84	15.48	13.00	61.91	72.64	105.16
30h	1.14	34.62	21.04	37.15	10.80	83.80	13.07	10.97	60.75	71.29	106.62
47h	1.19	36.03	22.25	39.30	10.87	84.31	15.40	12.92	62.47	73.30	105.59
54h	1.17	35.44	21.74	38.40	10.66	82.65	10.42	8.74	61.46	72.12	107.51
71h	1.17	35.45	21.93	38.73	10.41	80.79	11.48	9.63	59.98	70.39	105.10
92h	1.19	36.26	21.39	37.78	10.23	79.34	34.33	28.81	61.49	72.16	104.15
<b>pH=2.0 FeCl3</b>											
Totaux	2.85		66.00		11.60		143.85		86.80		15.26
3h	0.56	20.60	7.63	12.13	9.70	87.82	7.14	5.21	56.88	68.80	84.30
6h	0.59	21.73	9.37	14.90	10.17	92.12	6.80	4.96	59.48	71.96	96.96
11h	0.66	24.18	10.17	16.18	10.62	96.14	6.43	4.69	62.06	75.08	91.94
23h	0.68	24.97	9.16	14.57	10.69	96.80	5.71	4.17	62.17	75.20	86.10
30h	0.60	22.08	39.06	62.14	7.56	68.50	6.68	4.87	75.46	91.28	112.81
47h	0.79	29.00	8.35	13.29	11.49	104.02	6.42	4.69	67.37	81.50	88.10
54h	0.78	28.75	7.63	12.14	11.38	103.04	9.98	7.29	66.19	80.08	87.66
71h	0.79	28.99	6.77	10.78	11.05	100.09	5.64	4.12	65.22	78.89	88.42
92h	0.84	30.94	6.78	10.78	11.35	102.78	9.78	7.14	66.18	80.05	90.28

Annexe 20: Effet du HCl sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd#12).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>pH=1.5 HCl</b>										
Totaux			2332.82		0.21		956.35		0.16	
3h	1.56	267	142.00	6.39	-0.02	-11.89	490.25	53.83	0.10	62.05
6h	1.52	364	153.13	6.89	-0.01	-6.76	494.79	54.32	0.09	56.95
11h	1.58	371	164.51	7.40	0.02	11.04	502.99	55.22	0.10	61.91
23h	1.55	382	183.55	8.26	-0.04	-19.08	511.94	56.21	0.11	67.91
30h	1.56	386	179.89	8.10	0.00	1.45	494.80	54.33	0.10	66.29
47h	1.55	395	197.29	8.88	-0.02	-10.18	509.25	55.91	0.11	71.19
54h	1.58	401	202.13	9.10	-0.03	-15.83	512.26	56.24	0.11	72.04
71h	1.54	404	222.67	10.02	-0.05	-27.80	530.51	58.25	0.11	71.92
92h	1.56	412	222.57	10.02	-0.03	-16.43	514.26	56.46	0.13	83.57
<b>pH=2.0 HCl</b>										
Totaux			2135.32		0.47		695.35		0.17	
3h	1.92	174	105.29	5.18	0.02	4.01	417.86	63.10	0.01	6.30
6h	1.85	195	108.83	5.35	0.03	7.17	413.63	62.46	0.02	14.16
11h	2.05	293	120.69	5.93	0.05	10.24	448.34	67.70	0.07	45.65
23h	2.27	314	120.51	5.93	0.06	13.29	438.25	66.18	0.10	60.34
30h	2.38	327	81.52	4.01	-0.02	-4.76	347.68	52.50	0.12	72.46
47h	2.43	318	126.94	6.24	0.09	19.29	442.03	66.75	0.11	69.57
54h	2.6	345	126.13	6.20	0.03	6.23	439.19	66.32	0.11	68.38
71h	2.28	332	127.15	6.25	0.04	9.01	433.45	65.45	0.11	69.53
92h	2.12	416	126.70	6.23	-0.01	-1.54	397.33	60.00	0.11	66.85
<b>pH=1.75 H Cl</b>										
Totaux			1811.02		0.47		626.18		0.13	
0h	1.74	302	93.28	4.20	0.07	34.83	335.09	36.79	0.05	31.51
5h	1.8	310	113.49	5.11	0.08	41.00	405.74	44.55	0.08	53.68
10h	1.95	363	120.11	5.41	0.05	24.86	477.57	52.43	0.08	54.04
22h	2.13	348	128.21	5.77	-0.03	-14.33	541.30	59.43	0.09	60.32
29h	2.17	352	124.03	5.58	0.03	16.61	520.94	57.19	0.09	58.55
46h	2.21	345	113.40	5.10	0.02	9.59	473.57	51.99	0.08	52.91
53h	2.12	355	121.53	5.47	-0.01	-2.65	501.99	55.11	0.09	59.11
70h	2.21	384	125.44	5.65	-0.01	-6.45	505.95	55.55	0.10	61.35
77h	2.17	360	126.32	5.69	0.00	1.14	501.51	55.06	0.09	60.74
94h	2.21	382	125.50	5.65	-0.01	-2.65	490.51	53.85	0.09	60.89

## Annexe 20:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>pH=1.5 HCl</b>										
Totaux	6.22		3.64		1923.95		781.91		30.05	
3h	1.09	18.37	0.12	3.59	597.57	32.61	118.28	15.88	14.40	50.30
6h	1.16	19.57	0.41	11.70	609.60	33.27	123.13	16.54	14.53	50.77
11h	1.17	19.79	0.80	23.01	624.46	34.08	129.74	17.42	14.85	51.89
23h	1.22	20.65	1.31	37.83	656.83	35.85	142.07	19.08	15.31	53.48
30h	1.19	20.05	1.40	40.30	636.02	34.71	140.44	18.86	14.76	51.56
47h	1.24	20.96	1.69	48.59	673.86	36.78	153.17	20.57	15.48	54.07
54h	1.28	21.67	1.75	50.46	700.77	38.24	156.75	21.05	15.40	53.80
71h	1.33	22.47	1.99	57.38	711.59	38.84	170.27	22.86	16.09	56.20
92h	1.31	22.06	2.05	59.10	708.01	38.64	171.73	23.06	15.97	55.78
<b>pH=2.0 HCl</b>										
Totaux	4.68		3.33		1618.16		616.46		26.37	
3h	0.91	20.37	-0.01	-0.17	575.43	37.34	102.99	17.54	14.16	56.40
6h	0.85	19.16	-0.01	-0.27	564.81	36.65	104.34	17.77	13.74	54.72
11h	0.97	21.69	0.01	0.32	645.61	41.89	115.44	19.66	14.81	58.99
23h	0.93	20.85	0.15	4.72	604.09	39.20	117.74	20.05	14.54	57.88
30h	2.23	50.08	2.53	79.65	3044.66	197.56	87.57	14.92	22.62	90.09
47h	0.92	20.57	0.65	20.63	611.79	39.70	124.52	21.21	14.72	58.59
54h	0.86	19.28	0.74	23.48	593.83	38.53	123.84	21.09	14.50	57.76
71h	0.84	18.88	0.99	31.13	581.84	37.75	125.73	21.42	14.40	57.33
92h	0.82	18.43	1.31	41.23	529.85	34.38	113.71	19.37	13.22	52.64
<b>pH=1.75 HCl</b>										
Totaux	4.86		2.81		1575.59		569.15		24.27	
0h	0.74	11.91	0.14	4.07	432.79	23.62	69.80	9.37	13.77	48.12
5h	0.81	12.96	0.53	15.18	472.38	25.78	91.19	12.25	14.14	49.39
10h	0.80	12.88	0.82	23.62	479.74	26.18	93.53	12.56	14.22	49.69
22h	0.80	12.84	1.13	32.70	489.70	26.73	102.32	13.74	14.79	51.66
29h	0.76	12.20	1.18	34.00	475.72	25.96	98.73	13.26	14.10	49.27
46h	0.69	11.15	1.23	35.56	439.14	23.97	90.55	12.16	12.90	45.08
53h	0.73	11.74	1.31	37.86	460.34	25.12	96.36	12.94	13.66	47.71
70h	0.72	11.52	1.44	41.61	455.68	24.87	97.96	13.16	13.83	48.33
77h	0.71	11.43	1.51	43.53	463.21	25.28	99.77	13.40	14.06	49.11
94h	0.72	11.52	1.58	45.46	448.97	24.50	98.09	13.17	13.60	47.53

## Annexe 20:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)									
<b>pH=1.5 HCl</b>												
Totaux	2.98		57.89		12.06		165.42		96.64		166.31	
3h	0.56	19.67	50.28	91.20	10.54	91.75	12.87	8.17	75.66	82.20	122.34	
6h	0.60	21.13	51.24	92.94	10.94	95.21	7.28	4.62	75.41	81.93	127.24	
11h	0.63	22.28	50.33	91.28	11.66	101.48	7.03	4.46	75.77	82.32	127.08	
23h	0.69	24.22	47.77	86.65	12.15	105.72	7.52	4.78	77.29	83.97	122.77	
30h	0.67	23.67	44.25	80.25	11.73	102.13	7.11	4.51	74.00	80.40	122.94	
47h	0.74	26.12	44.21	80.18	12.13	105.59	8.24	5.23	75.55	82.08	121.40	
54h	0.75	26.52	43.45	78.81	12.07	105.04	7.86	4.99	76.35	82.95	120.90	
71h	0.81	28.36	41.98	76.14	12.41	108.04	7.78	4.94	78.72	85.53	119.69	
92h	0.82	28.73	38.31	69.47	12.15	105.72	48.04	30.50	77.60	84.31	116.05	
<b>pH=2.0 HCl</b>												
Totaux	2.57		68.94		11.33		134.29		89.57		9.21	
3h	0.47	19.16	45.85	69.83	1.36	12.57	6.90	5.39	61.77	72.41	119.13	
6h	0.50	20.46	43.25	65.88	1.52	14.06	16.48	12.89	65.75	77.08	119.48	
11h	0.57	23.18	34.52	52.57	4.06	37.59	15.28	11.95	75.49	88.49	105.63	
23h	0.58	23.70	42.11	64.14	7.21	66.82	6.65	5.20	76.52	89.70	116.20	
30h	0.71	29.18	8.86	13.50	10.96	101.56	5.61	4.39	64.05	75.08	85.66	
47h	0.63	25.88	35.05	53.38	8.27	76.64	7.54	5.89	79.17	92.80	108.55	
54h	0.63	25.91	32.58	49.63	8.40	77.86	6.64	5.19	78.87	92.46	108.72	
71h	0.64	26.16	26.77	40.77	8.49	78.68	6.57	5.14	78.98	92.58	105.12	
92h	0.61	24.88	5.16	7.85	7.87	72.93	23.51	18.38	69.73	81.74	91.07	
<b>pH=1.75 HCl</b>												
Totaux	2.31		58.70		9.96		218.03		78.21		190.66	
0h	0.32	11.15	20.09	36.44	4.99	43.42	33.38	21.19	58.35	63.40	86.73	54.76
5h	0.41	14.28	20.30	36.82	6.62	57.65	15.37	9.75	68.43	74.35	84.34	53.25
10h	0.42	14.85	19.21	34.85	6.75	58.75	14.66	9.30	68.95	74.92	83.14	52.49
22h	0.47	16.69	15.00	27.21	6.49	56.52	27.73	17.60	73.05	79.36	80.44	50.79
29h	0.47	16.53	14.44	26.19	5.99	52.14	20.65	13.11	69.58	75.60	78.72	49.70
46h	0.43	15.24	10.55	19.13	5.41	47.08	14.86	9.43	63.59	69.09	72.91	46.03
53h	0.47	16.56	10.28	18.64	5.66	49.23	25.77	16.36	67.53	73.37	73.50	46.40
70h	0.48	16.96	7.07	12.82	5.52	48.07	30.07	19.09	68.00	73.88	69.32	43.77
77h	0.48	17.06	6.25	11.33	5.48	47.73	40.94	25.99	68.77	74.71	66.91	42.24
94h	0.48	16.75	5.37	9.74	5.39	46.95	25.34	16.09	67.33	73.15	66.31	41.86

Annexe 21:

Effet du pH de départ sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments  
du canal Lachine acidifiés avec HCl et FeCl<sub>3</sub> (mL FeCl<sub>3</sub>/g séd. sec, séd#12).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3179		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>pH=2.50a HCl+ 0.09mL FeCl3</b>										
Totaux			1727.00		-0.14		602.43		0.12	
0h	2.43	371.00	60.90	3.70	-0.04	0.00	436.23	76.03	0.12	107.26
4h	2.53	381.00	62.16	3.78	-0.08	0.00	405.11	70.61	0.09	84.51
21h	2.94	355.00	67.95	4.13	-0.13	0.00	383.92	66.91	0.10	87.94
28h	2.19	421.00	83.97	5.11	-0.17	0.00	407.61	71.04	0.10	89.18
45h	2.33	413.00	88.27	5.37	-0.16	0.00	406.17	70.79	0.10	91.06
52h	2.32	410.00	92.30	5.61	-0.16	0.00	418.22	72.89	0.10	91.65
71h	2.39	405.00	93.08	5.66	-0.13	0.00	413.69	72.10	0.11	100.11
76h	2.35	403.00	90.93	5.53	-0.12	0.00	403.32	70.30	0.11	95.56
102h	2.40	398.00	92.24	5.61	-0.18	0.00	403.19	70.27	0.11	103.56
141h	2.45	434.00	98.45	5.99	-0.14	0.00	412.21	71.85	0.11	97.82
<b>pH=2.50b HCl+ 0.09mL FeCl3</b>										
Totaux			1096.84		-0.23		638.02		0.14	
0h	2.44	387.00	66.38	6.35	-0.19	0.00	442.57	72.83	0.10	77.65
5h	2.61	375.00	67.86	6.50	-0.24	0.00	442.49	72.82	0.10	76.17
22h	2.69	370.00	75.35	7.21	-0.25	0.00	440.10	72.43	0.11	78.56
27h	2.46	398.00	81.62	7.81	-0.26	0.00	453.50	74.63	0.11	79.14
48h	2.51	401.00	92.10	8.82	-0.36	0.00	513.88	84.57	0.12	92.79
70h	2.71	383.00	93.52	8.95	-0.35	0.00	501.94	82.60	0.12	91.35
77h	2.32	415.00	86.12	8.24	-0.33	0.00	464.03	76.37	0.10	78.19
98h	2.46	406.00	105.59	10.11	-0.39	0.00	550.18	90.54	0.13	95.41
119h	2.36	411.00	103.83	9.94	-0.37	0.00	520.78	85.71	0.13	96.83
152h	2.31	433.00	118.99	11.39	-0.38	0.00	578.25	95.16	0.14	107.13
<b>pH=2.25a HCl+ 0.09mL FeCl3</b>										
Totaux			1095.18		-0.17		565.95		0.14	
0h	2.07	431.00	89.32	8.56	-0.08	0.00	441.60	81.93	0.10	77.49
4h	2.05	411.00	96.25	9.23	-0.11	0.00	447.47	83.02	0.11	80.32
21h	2.42	385.00	99.02	9.49	-0.16	0.00	413.36	76.69	0.12	88.80
28h	2.08	409.00	106.32	10.19	-0.15	0.00	413.56	76.73	0.11	83.11
45h	2.22	402.00	115.47	11.07	-0.17	0.00	424.60	78.78	0.12	92.19
52h	2.20	400.00	112.99	10.83	-0.22	0.00	414.85	76.97	0.12	88.01
71h	2.27	396.00	118.27	11.34	-0.17	0.00	423.35	78.54	0.13	98.19
76h	2.32	395.00	115.37	11.06	-0.15	0.00	416.17	77.21	0.11	84.12
102h	2.34	392.00	116.41	11.16	-0.16	0.00	411.59	76.36	0.11	83.37
141h	2.31	418.00	116.34	11.15	-0.16	0.00	400.23	74.25	0.11	84.79

## Annexe 21:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>pH=2.50a HCl+</b>										
<b>0.09mL FeCl3</b>										
Totaux	4.80		2.66		1596.54		465.02		23.00	
0h	0.45	9.92	0.95	37.34	635.58	41.80	91.87	20.74	15.83	72.26
4h	0.49	10.62	1.27	50.00	578.40	38.04	82.19	18.56	13.71	62.58
21h	0.46	10.05	1.48	58.23	569.94	37.48	79.06	17.85	13.29	60.65
28h	0.58	12.77	1.75	69.05	620.57	40.81	83.94	18.95	14.37	65.62
45h	0.58	12.75	1.83	72.14	620.75	40.82	85.00	19.19	14.30	65.31
52h	0.61	13.24	1.93	75.95	642.67	42.27	87.99	19.87	14.63	66.77
71h	0.62	13.55	1.90	75.01	637.85	41.95	86.85	19.61	14.78	67.46
76h	0.60	13.20	1.86	73.48	626.89	41.23	86.00	19.42	14.47	66.04
102h	0.60	13.07	1.89	74.51	625.56	41.14	86.77	19.59	14.58	66.57
141h	0.62	13.48	1.96	77.47	630.02	41.43	89.61	20.23	14.81	67.63
<b>pH=2.50b HCl+</b>										
<b>0.09mL FeCl3</b>										
Totaux	5.22		3.13		1629.40		504.98		23.60	
0h	0.60	12.05	1.17	39.29	534.87	34.47	80.59	16.76	13.80	61.40
5h	0.61	12.26	1.23	41.28	534.83	34.46	79.66	16.56	13.87	61.70
22h	0.60	12.16	1.52	51.01	559.31	36.04	81.06	16.86	14.34	63.79
27h	0.60	12.06	1.67	55.99	571.88	36.85	82.05	17.06	14.61	65.01
48h	0.69	13.87	1.91	64.22	642.14	41.38	90.75	18.87	16.28	72.42
70h	0.68	13.62	1.98	66.36	640.93	41.30	88.33	18.37	15.92	70.83
77h	0.67	13.41	1.79	60.25	590.59	38.06	81.04	16.85	14.68	65.32
98h	0.78	15.72	2.19	73.39	688.73	44.38	95.64	19.89	17.32	77.05
119h	0.77	15.48	2.12	71.14	660.42	42.56	94.17	19.58	17.08	75.97
152h	0.87	17.52	2.43	81.43	705.59	45.47	106.06	22.05	18.91	84.11
<b>pH=2.25a HCl+</b>										
<b>0.09mL FeCl3</b>										
Totaux	5.11		3.14		1602.22		510.10		22.71	
0h	0.74	15.14	1.34	44.95	671.97	44.04	92.14	18.97	16.18	74.79
4h	0.76	15.53	1.73	57.98	668.57	43.81	98.41	20.26	16.32	75.45
21h	0.75	15.35	1.93	64.39	649.06	42.54	93.54	19.25	15.60	72.11
28h	0.77	15.79	2.05	68.45	656.71	43.04	94.07	19.36	15.64	72.32
45h	0.81	16.58	2.20	73.63	684.68	44.87	98.03	20.18	16.29	75.29
52h	0.76	15.55	2.17	72.49	675.51	44.27	95.38	19.63	15.91	73.55
71h	0.79	16.22	2.22	74.31	688.13	45.10	99.56	20.49	16.30	75.38
76h	0.76	15.64	2.20	73.46	678.26	44.45	96.91	19.95	16.01	74.02
102h	0.75	15.47	2.17	72.37	672.35	44.06	96.79	19.92	16.04	74.14
141h	0.74	15.20	2.19	73.24	639.76	41.93	95.68	19.70	15.50	71.65

## Annexe 21:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>pH=2.50a HCl+</b>											
<b>0.09mL FeCl3</b>											
Totaux	2.02		46.12		9.76		106.52		70.62		-17.45
0h	0.31	16.14	-0.10	-0.23	5.71	61.37	62.72	61.82	65.04	96.70	-1.81
4h	0.29	15.08	-1.06	-2.41	5.43	58.44	8.83	8.70	60.62	90.14	-3.78
21h	0.30	15.58	-0.75	-1.71	6.00	64.55	8.47	8.35	59.47	88.42	-3.89
28h	0.35	18.05	-0.63	-1.44	6.91	74.34	8.73	8.60	64.33	95.64	-1.68
45h	0.38	19.93	-0.83	-1.89	6.79	72.97	8.82	8.70	65.44	97.30	-1.35
52h	0.39	20.51	-0.85	-1.95	6.93	74.46	9.30	9.17	67.01	99.64	-1.62
71h	0.41	21.36	-0.89	-2.02	6.95	74.73	10.34	10.20	67.83	100.86	-3.46
76h	0.41	21.18	-0.89	-2.03	6.70	72.05	10.08	9.93	64.98	96.62	-5.94
102h	0.44	22.94	-0.93	-2.13	6.50	69.85	10.49	10.34	66.47	98.84	-5.94
141h	0.45	23.14	-1.00	-2.28	6.80	73.09	9.55	9.41	67.55	100.44	-7.93
<b>pH=2.50b HCl+</b>											
<b>0.09mL FeCl3</b>											
Totaux	2.41		51.81		10.75		99.07		79.41		-19.82
0h	0.31	13.50	-0.45	0.00	5.71	55.72	10.72	11.36	61.37	81.15	-6.89
5h	0.29	12.65	-0.61	0.00	5.40	52.68	11.24	11.91	61.84	81.77	-5.34
22h	0.35	15.12	-0.48	0.00	5.96	58.19	20.53	21.76	65.09	86.07	-6.27
27h	0.37	15.92	-0.56	0.00	6.06	59.17	16.69	17.69	65.81	87.02	-6.33
48h	0.47	20.57	-0.70	0.00	6.74	65.76	15.26	16.17	73.73	97.49	-4.23
70h	0.47	20.49	-0.64	0.00	7.20	70.34	16.22	17.19	71.98	95.18	-9.77
77h	0.43	18.67	-0.56	0.00	6.93	67.69	14.77	15.65	66.65	88.12	-9.96
98h	0.53	22.94	-0.80	0.00	8.06	78.72	21.77	23.07	77.37	102.30	-9.59
119h	0.51	22.25	-0.10	0.00	7.74	75.54	25.25	26.76	75.79	100.22	-11.80
152h	0.61	26.63	-0.83	0.00	8.82	86.13	22.51	23.86	83.87	110.90	-11.30
<b>pH=2.25a HCl+</b>											
<b>0.09mL FeCl3</b>											
Totaux	2.38		51.36		10.62		103.67		76.00		-25.86
0h	0.31	13.71	1.38	2.82	8.45	83.58	10.78	10.92	70.61	97.55	7.79
4h	0.36	15.99	-0.32	-0.66	8.10	80.12	8.57	8.68	74.19	102.49	3.92
21h	0.40	17.51	-0.16	-0.32	7.62	75.40	8.39	8.50	71.99	99.46	2.89
28h	0.42	18.60	-0.51	-1.05	7.93	78.40	8.00	8.10	73.17	101.08	4.33
45h	0.46	20.24	-0.70	-1.42	7.93	78.46	8.45	8.56	75.70	104.58	3.61
52h	0.46	20.48	-0.51	-1.05	7.67	75.88	9.00	9.12	72.90	100.72	2.78
71h	0.49	21.73	-0.67	-1.37	7.72	76.34	10.34	10.48	75.71	104.60	0.03
76h	0.48	21.00	-0.50	-1.03	7.53	74.49	10.31	10.44	74.02	102.26	-3.41
102h	0.51	22.40	-0.73	-1.50	7.46	73.80	11.26	11.40	73.54	101.59	-5.12
141h	0.50	21.88	-0.79	-1.61	7.11	70.32	9.83	9.95	71.68	99.02	-6.85

Annexe 21: Effet du pH de départ sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et FeCl<sub>3</sub> (mL FeCl<sub>3</sub>/g séd. sec, séd#12).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3179		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>pH=2.25b HCl+ 0.09mL FeCl3</b>										
Totaux			1761.21		-0.18		564.42		0.12	
0h	2.12	481.00	81.19	4.84	-0.25	0.00	442.27	82.28	0.11	94.05
5h	2.12	465.00	86.29	5.14	-0.26	0.00	456.46	84.92	0.11	94.63
22h	2.24	459.00	93.72	5.59	-0.32	0.00	467.56	86.98	0.13	108.30
27h	2.25	455.00	94.13	5.61	-0.29	0.00	460.76	85.72	0.12	104.97
48h	2.20	445.00	94.00	5.60	-0.31	0.00	451.17	83.93	0.13	111.09
70h	2.40	442.00	94.27	5.62	-0.31	0.00	443.95	82.59	0.12	98.42
77h	2.26	455.00	96.91	5.78	-0.36	0.00	453.01	84.27	0.12	104.28
98h	2.20	450.00	104.12	6.21	-0.33	0.00	482.50	89.76	0.13	107.12
119h	2.26	449.00	92.71	5.53	-0.31	0.00	437.80	81.44	0.11	95.79
152h	2.19	458.00	102.17	6.09	-0.31	0.00	474.61	88.29	0.12	105.12
<b>pH=2 HCl+ 0.09mL FeCl3</b>										
Totaux			1212.65		-0.40		630.69		0.14	
0h	2.10	436.00	42.93	3.72	-0.11	30.04	316.45	52.68	0.12	92.37
3h	2.54	411.00	57.21	4.95	-0.10	25.17	396.28	65.98	0.11	80.37
9h	1.95	440.00	71.31	6.17	-0.17	43.31	418.13	69.61	0.11	86.58
21h	1.92	427.00	87.74	7.60	-0.22	56.92	445.93	74.24	0.11	87.16
28h	2.07	453.00	101.07	8.75	-0.19	48.66	459.44	76.49	0.14	106.18
48h	2.15	446.00	122.21	10.58	-0.27	71.71	437.30	72.80	0.12	88.86
52h	1.85	459.00	127.11	11.01	-0.21	56.14	431.59	71.85	0.14	103.48
69h	1.88	456.00	146.49	12.68	-0.30	79.51	458.75	76.37	0.13	95.65
76	1.86	404.00	149.58	12.95	-0.26	68.60	463.07	77.09	0.12	94.47
97h	1.97	455.00	161.00	13.94	-0.24	61.89	478.30	79.63	0.14	104.55
<b>pH=1.75 HCl+ 0.09mL FeCl3</b>										
Totaux			1840.36		0.42		647.37		0.13	
0h	1.75	423.00	72.2	4.12	0.12	29.03	338.7	54.94	0.08	66.38
5h	1.80	468.00	98.4	5.61	0.04	9.52	387.0	62.76	0.10	81.34
10h	1.82	468.00	105.0	5.99	0.06	15.19	398.2	64.58	0.10	82.42
22h	1.92	461.00	153.9	8.78	0.03	7.94	489.2	79.34	0.10	86.75
29h	1.93	458.00	109.9	6.27	0.02	5.53	399.0	64.71	0.10	79.80
46h	1.97	457.00	114.0	6.50	-0.00	-1.11	396.2	64.25	0.10	83.16
53h	1.91	454.00	112.2	6.40	-0.01	-1.95	387.6	62.86	0.10	80.26
70h	1.93	454.00	115.6	6.60	-0.02	-3.90	387.2	62.81	0.10	79.66
77h	1.95	456.00	119.2	6.80	0.04	9.34	395.2	64.10	0.10	81.90
94h	1.91	463.00	116.4	6.64	0.02	3.90	383.1	62.13	0.09	79.34
<b>pH=1.50 HCl+ 0.09mL FeCl3</b>										
Totaux			1715.99		0.44		627.98		0.18	
0h	1.52	450.00	93.1	5.70	0.12	28.71	347.0	58.21	0.08	50.35
5h	1.54	463.00	126.0	7.71	0.08	20.37	434.1	72.81	0.09	56.35
10h	1.53	464.00	133.2	8.15	0.07	16.90	444.0	77.82	0.09	56.00
22h	1.53	462.00	152.6	9.34	0.05	12.79	483.2	81.05	0.10	59.83
29h	1.53	462.00	153.1	9.37	0.02	3.88	470.5	78.91	0.10	57.59
46h	1.59	463.00	166.0	10.15	-0.01	-2.14	484.3	81.24	0.10	60.79
53h	1.56	460.00	162.3	9.93	0.05	11.01	480.4	77.23	0.10	60.17
70h	1.52	462.00	170.1	10.41	0.02	4.95	470.8	78.97	0.10	57.19
77h	1.53	465.00	172.4	10.55	0.03	7.36	470.7	78.95	0.10	60.99
94h	1.52	465.00	169.1	10.35	0.01	3.52	454.0	76.15	0.10	59.88

## Annexe 21:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>pH=2.25b HCl+</b>										
<b>0.09mL FeCl3</b>										
Totaux	5.14		2.78		1613.80		492.24		22.71	
0h	0.75	15.39	1.68	63.41	540.62	35.17	80.99	17.28	14.17	65.52
5h	0.75	15.29	1.77	66.77	547.45	35.62	81.50	17.38	14.40	66.58
22h	0.85	17.37	1.96	74.25	579.78	37.72	86.74	18.50	15.38	71.09
27h	0.84	17.21	1.97	74.33	573.36	37.31	85.30	18.20	15.17	70.13
48h	0.80	16.42	1.95	73.80	561.11	36.51	84.40	18.00	14.96	69.14
70h	0.87	17.85	1.93	72.95	683.89	44.50	85.69	18.28	15.12	69.92
77h	0.85	17.29	1.92	72.44	579.67	37.72	82.65	17.63	14.75	68.21
98h	0.95	19.45	2.07	78.34	621.22	40.42	90.37	19.28	16.56	76.57
119h	0.81	16.56	1.82	68.91	535.67	34.85	78.97	16.84	14.12	65.26
152h	0.91	18.56	2.01	75.92	580.02	37.74	88.25	18.83	15.75	72.83
<b>pH=2 HCl+</b>										
<b>0.09mL FeCl3</b>										
Totaux	7.66		3.75		2224.39		579.67		28.64	
0h	0.34	4.70	0.79	22.18	510.63	24.10	60.61	10.98	13.39	49.10
3h	0.43	5.96	1.21	34.05	532.95	25.16	96.27	17.44	14.78	54.20
9h	0.45	6.18	1.52	42.69	565.46	26.69	99.93	18.10	14.79	54.23
21h	0.61	8.37	1.97	55.24	580.53	27.40	99.00	17.93	14.48	53.11
28h	0.67	9.25	2.24	62.66	636.12	30.03	104.34	18.90	15.53	56.93
48h	0.76	10.46	2.59	72.71	638.70	30.15	101.42	18.37	15.95	58.46
52h	0.81	11.18	2.55	71.48	657.00	31.01	101.63	18.41	15.82	57.98
69h	0.84	11.54	2.76	77.44	692.84	32.70	108.63	19.68	16.59	60.81
76	0.87	11.94	2.80	78.43	703.00	33.18	111.10	20.12	16.87	61.86
97h	0.92	12.56	2.95	82.62	732.45	34.57	118.68	21.50	17.37	63.69
<b>pH=1.75 HCl+</b>										
<b>0.09mL FeCl3</b>										
Totaux	4.95		2.87		1880.39		586.10		24.92	
0h	0.67	14.30	1.36	49.84	635.4	35.48	72.4	12.97	13.11	55.25
5h	0.83	17.61	1.95	71.15	729.0	40.71	86.5	15.49	14.71	61.99
10h	0.82	17.44	2.07	75.60	693.0	38.70	86.7	15.53	14.44	60.84
22h	1.18	24.99	2.22	81.21	871.9	48.69	101.9	18.25	15.43	65.03
29h	0.83	17.56	2.12	77.61	658.7	36.78	84.1	15.07	13.73	57.87
46h	0.82	17.44	2.17	79.34	660.7	36.89	85.0	15.23	14.02	59.07
53h	0.83	17.58	2.15	78.61	645.8	36.06	84.0	15.04	13.68	57.62
70h	0.81	17.30	2.18	79.63	652.3	36.43	84.5	15.13	13.78	58.06
77h	0.83	17.59	2.22	81.34	665.7	37.17	86.0	15.41	13.93	58.68
94h	0.80	17.04	2.19	80.24	644.6	35.99	85.7	15.36	13.85	58.35
<b>pH=1.50 HCl+</b>										
<b>0.09mL FeCl3</b>										
Totaux	5.12		2.98		1965.68		554.76		25.01	
0h	0.89	18.28	1.40	49.21	764.8	40.85	73.6	13.92	13.60	57.08
5h	1.05	21.46	1.91	67.22	824.0	44.02	89.8	16.99	14.63	61.41
10h	1.06	21.78	2.01	70.72	812.7	43.41	92.4	17.49	14.55	61.08
22h	1.16	23.82	2.22	78.28	851.5	45.48	101.5	19.22	15.19	63.75
29h	1.15	23.54	2.23	78.39	837.8	44.75	101.7	19.26	14.90	62.54
46h	1.21	24.72	2.35	82.66	874.4	46.71	108.6	20.55	15.57	65.36
53h	1.19	24.48	2.30	80.81	837.5	44.73	106.0	20.06	15.02	63.04
70h	1.21	24.72	2.35	82.89	855.2	45.68	109.9	20.81	15.15	63.58
77h	1.18	24.27	2.38	83.77	860.8	45.98	111.7	21.13	15.43	64.79
94h	1.17	24.08	2.32	81.83	832.2	44.45	109.2	20.66	14.84	62.32

## Annexe 21:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>pH=2.25b HCl+</b>											
<b>0.09mL FeCl3</b>											
Totaux	2.16		50.47		10.16		111.08		69.12		-18.72
0h	0.34	16.38	0.61	1.28	9.30	96.18	7.09	6.70	61.12	92.85	-6.59
5h	0.37	17.83	0.12	0.25	9.38	97.01	7.25	6.86	62.43	94.84	-7.01
22h	0.43	21.07	-0.17	-0.35	9.53	98.55	7.88	7.45	66.41	100.88	-6.43
27h	0.43	20.86	-0.41	-0.85	9.40	97.21	7.39	6.99	65.46	99.44	-3.42
48h	0.46	22.43	-0.36	-0.74	8.95	92.53	7.86	7.43	64.97	98.70	-3.86
70h	0.49	23.95	0.52	1.09	9.46	97.76	64.94	61.39	64.91	98.60	-6.61
77h	0.53	25.69	-0.17	-0.35	9.58	99.01	11.13	10.52	63.99	97.21	-7.21
98h	0.55	26.86	-0.46	-0.95	10.15	104.97	11.31	10.69	68.91	104.68	-6.87
119h	0.49	23.73	-0.44	-0.93	9.02	93.20	10.82	10.23	61.92	94.06	-6.75
152h	0.55	26.66	-0.49	-1.02	9.68	100.06	16.45	15.55	67.55	102.61	-6.29
<b>pH=2 HCl+</b>											
<b>0.09mL FeCl3</b>											
Totaux	3.38		69.05		13.34		115.07		98.54		-18.34
0h	0.25	7.68	0.21	0.32	6.70	52.76	10.28	9.38	55.46	59.10	-5.91
3h	0.30	9.21	-0.91	-1.38	5.90	46.41	9.53	8.69	64.83	69.08	-9.34
9h	0.33	10.15	-0.55	-0.83	7.61	59.93	9.49	8.66	66.53	70.90	-6.99
21h	0.37	11.54	-0.11	-0.16	8.42	66.25	9.52	8.69	69.13	73.67	-5.42
28h	0.44	13.64	-0.09	-0.13	9.40	73.96	10.63	9.70	75.02	79.94	-4.78
48h	0.44	13.82	2.04	3.11	7.97	62.77	10.95	9.99	73.74	78.58	-0.32
52h	0.49	15.26	2.42	3.69	8.34	65.66	10.72	9.79	75.11	80.04	0.10
69h	0.52	16.24	1.73	2.63	8.77	69.03	11.57	10.56	79.55	84.76	-0.18
76	0.54	16.87	1.67	2.54	8.83	69.50	11.64	10.62	79.78	85.01	-1.75
97h	0.59	18.36	1.20	1.82	9.00	70.82	12.63	11.52	82.76	88.18	-1.38
<b>pH=1.75 HCl+</b>											
<b>0.09mL FeCl3</b>											
Totaux	2.24		50.96		10.19		131.70		76.35		177.65
0h	0.25	11.87	7.46	15.37	7.18	73.99	9.8	7.84	56.84	78.17	82.65
5h	0.36	16.80	5.05	10.41	8.02	82.63	38.7	30.87	66.49	91.44	69.80
10h	0.37	17.26	4.44	9.15	7.91	81.54	10.3	8.18	66.01	90.79	69.37
22h	0.50	23.36	25.57	52.68	9.15	94.33	12.9	10.25	69.64	95.77	82.02
29h	0.41	19.04	2.59	5.33	7.39	76.18	9.4	7.45	65.09	89.51	68.61
46h	0.43	20.15	2.10	4.32	7.42	76.48	9.2	7.35	65.76	90.44	69.22
53h	0.42	19.60	1.88	3.88	7.31	75.38	9.1	7.24	63.33	87.10	66.54
70h	0.43	20.32	1.53	3.14	7.22	74.46	9.1	7.23	64.20	88.29	61.53
77h	0.44	20.77	1.44	2.97	7.38	76.03	13.3	10.59	65.31	89.82	59.86
94h	0.45	21.07	1.10	2.26	7.10	73.22	19.5	15.52	64.43	88.61	59.50
<b>pH=1.50 HCl+</b>											
<b>0.09mL FeCl3</b>											
Totaux	2.34		59.73		10.62		126.50		76.77		238.68
0h	0.31	13.85	21.75	38.23	8.40	83.04	13.9	11.53	59.73	81.70	81.64
5h	0.42	18.88	23.81	41.85	8.67	85.76	15.1	12.55	66.08	90.38	78.37
10h	0.45	20.21	24.91	43.79	8.64	85.37	12.6	10.43	65.61	89.74	81.90
22h	0.51	22.75	24.59	43.22	8.90	88.00	12.4	10.30	68.21	93.29	79.51
29h	0.50	22.57	23.24	40.86	8.69	85.94	11.8	9.81	66.48	90.93	78.76
46h	0.54	24.37	22.76	40.01	8.95	88.47	26.7	22.18	68.67	93.93	78.00
53h	0.53	23.61	21.77	38.28	8.53	84.35	16.7	13.86	66.19	90.54	78.73
70h	0.55	24.60	21.49	37.78	8.62	85.17	17.0	14.15	67.19	91.89	76.15
77h	0.56	25.09	21.34	37.52	8.70	86.00	27.5	22.79	67.89	92.86	74.33
94h	0.56	25.27	19.18	33.71	8.34	82.47	26.6	22.12	65.31	89.34	72.38

Annexe 22: Effet de la concentration du FeCl<sub>3</sub> sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (mL FeCl<sub>3</sub>/g séd. sec, séd#12, acidi. avec HCl a pH=2.0 et 1.75).

Echantillon	pH	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288		
		Moyenne (mV)	%Sol. (mg/L)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	
<b>pH=2 HCl</b>										
<b>0.041mL FeCl<sub>3</sub></b>										
Totaux			1719.00		-0.26		556.65		0.11	
3h	2.02	367	57.20	3.49	-0.06	26.09	356.62	67.27	0.06	60.04
9h	2.48	345	76.71	4.69	-0.08	34.51	396.08	74.71	0.09	85.48
21h	2.82	400	99.87	6.10	-0.06	24.67	415.55	78.38	0.10	97.20
28h	1.93	396	113.28	6.92	-0.18	73.21	456.63	86.13	0.11	103.42
48h	2.12	437	117.29	7.16	-0.16	64.19	497.53	93.85	0.11	103.78
52h	1.95	404	127.34	7.78	-0.20	80.21	551.18	103.97	0.11	107.33
69h	2.05	399	127.08	7.76	-0.19	78.05	547.54	103.28	0.11	107.48
76h	2.02	458	133.47	8.15	-0.19	78.95	574.43	108.35	0.12	109.99
97h	2.15	401	131.31	8.02	-0.21	87.52	559.23	105.49	0.12	112.47
<b>pH=2 HCl</b>										
<b>0.082mL FeCl<sub>3</sub></b>										
Totaux			1212.65		-0.40		630.69		0.14	
0h	2.1	436	42.93	3.72	-0.11	30.04	316.45	52.68	0.12	92.37
3h	2.54	411	57.21	4.95	-0.10	25.17	396.28	65.98	0.11	80.37
9h	1.95	440	71.31	6.17	-0.17	43.31	418.13	69.61	0.11	86.58
21h	1.92	427	87.74	7.60	-0.22	56.92	445.93	74.24	0.11	87.16
28h	2.07	453	101.07	8.75	-0.19	48.66	459.44	76.49	0.14	106.18
48h	1.86	456	122.21	10.58	-0.27	71.71	437.30	72.80	0.12	88.86
52h	1.85	459	127.11	11.01	-0.21	56.14	431.59	71.85	0.14	103.48
69h	1.88	456	146.49	12.68	-0.30	79.51	458.75	76.37	0.13	95.65
76h	1.86	404	149.58	12.95	-0.26	68.60	463.07	77.09	0.12	94.47
97h	1.97	455	161.00	13.94	-0.24	61.89	478.30	79.63	0.14	104.55
<b>pH=2 HCl</b>										
<b>0.12mL FeCl<sub>3</sub></b>										
Totaux			1707.88		-0.50		572.98		0.12	
0h	2.08	487	40.20	2.47	-0.18	37.17	263.54	48.29	0.09	82.09
3h	2.45	478	55.80	3.43	-0.20	41.70	338.70	62.07	0.10	85.71
9h	1.92	480	69.24	4.26	-0.21	44.86	371.31	68.04	0.11	93.10
21h	1.97	475	89.12	5.48	-0.26	55.87	408.55	74.87	0.11	101.18
28h	1.8	482	96.52	5.93	-0.27	57.96	409.06	74.96	0.11	95.41
48h	1.9	485	120.37	7.40	-0.34	71.62	439.51	80.54	0.11	98.64
52h	1.86	484	126.77	7.79	-0.28	58.11	444.66	81.49	0.11	99.98
69h	1.9	484	137.21	8.44	-0.29	62.12	457.40	83.82	0.12	107.79
76h	1.86	484	138.54	8.52	-0.36	76.14	460.68	84.42	0.12	104.22
97h	1.95	480	133.80	8.23	-0.30	63.48	428.88	78.59	0.11	96.92
<b>pH=1.75 HCl</b>										
<b>0.41mL FeCl<sub>3</sub></b>										
Totaux			1868.14		-0.70		743.91		0.19	
0h	1.85	414	54.12	3.04	-0.13	19.34	289.60	40.88	0.06	30.82
3h	2.14	404	80.79	4.54	-0.12	17.78	361.90	51.08	0.09	49.09
9h	1.73	424	98.00	5.51	-0.12	17.75	381.31	53.82	0.11	62.77
21h	1.77	426	122.38	6.88	-0.13	19.16	400.62	56.55	0.14	75.23
28h	1.83	435	129.72	7.29	-0.17	25.03	399.59	56.40	0.10	56.23
48h	1.81	446	145.56	8.18	-0.18	26.60	415.59	58.66	0.40	221.82
52h	1.74	439	150.05	8.43	-0.24	35.29	413.16	58.32	0.11	59.44
69h	1.74	440	156.24	8.78	-0.17	25.19	409.53	57.80	0.11	58.27
76h	1.76	440	167.07	9.39	-0.20	30.28	434.46	61.32	0.11	59.57
97h	1.81	439	172.55	9.70	-0.23	34.61	436.25	61.58	0.10	57.96

Annexe 22:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
pH=2 HCl 0.041mL FeCl3										
Totaux	6.05		2.90		1683.29		516.54		24.82	
3h	0.41	7.06	0.22	7.78	468.99	29.25	81.79	16.63	13.16	55.65
9h	0.52	9.04	0.70	25.44	513.44	32.03	93.06	18.92	13.58	57.44
21h	0.61	10.53	1.34	48.59	530.16	33.07	96.11	19.54	13.70	57.96
28h	0.67	11.60	1.62	58.41	568.89	35.49	103.16	20.97	14.47	61.21
48h	0.64	11.19	1.76	63.81	540.44	33.71	107.76	21.91	13.78	58.29
52h	0.69	12.05	1.93	69.94	571.29	35.64	122.79	24.96	14.77	62.49
69h	0.66	11.43	1.93	69.78	552.37	34.46	132.46	26.93	14.20	60.08
76h	0.68	11.84	2.06	74.59	568.72	35.48	140.71	28.60	14.80	62.60
97h	0.67	11.61	2.04	73.69	557.01	34.75	140.31	28.52	14.45	61.11
pH=2 HCl 0.082mL FeCl3										
Totaux	7.66		3.75		2224.39		579.67		28.64	
0h	0.34	4.70	0.79	22.18	510.63	24.10	60.61	10.98	13.39	49.10
3h	0.43	5.96	1.21	34.05	532.95	25.16	96.27	17.44	14.78	54.20
9h	0.45	6.18	1.52	42.69	565.46	26.69	99.93	18.10	14.79	54.23
21h	0.61	8.37	1.97	55.24	580.53	27.40	99.00	17.93	14.48	53.11
28h	0.67	9.25	2.24	62.66	636.12	30.03	104.34	18.90	15.53	56.93
48h	0.76	10.46	2.59	72.71	638.70	30.15	101.42	18.37	15.95	58.46
52h	0.81	11.18	2.55	71.48	657.00	31.01	101.63	18.41	15.82	57.98
69h	0.84	11.54	2.76	77.44	692.84	32.70	108.63	19.68	16.59	60.81
76h	0.87	11.94	2.80	78.43	703.00	33.18	111.10	20.12	16.87	61.86
97h	0.92	12.56	2.95	82.62	732.45	34.57	118.68	21.50	17.37	63.69
pH=2 HCl 0.12mL FeCl3										
Totaux	6.32		3.00		2084.95		519.42		26.05	
0h	0.44	7.23	1.37	48.08	605.15	30.48	49.29	9.96	12.62	50.85
3h	0.53	8.82	1.71	59.88	599.18	30.18	79.19	16.01	13.22	53.27
9h	0.63	10.45	2.00	70.18	650.93	32.78	86.01	17.39	13.69	55.17
21h	0.75	12.53	2.29	80.32	705.20	35.51	89.09	18.01	14.43	58.14
28h	0.83	13.83	2.34	81.81	730.82	36.81	87.52	17.69	14.17	57.12
48h	0.95	15.70	2.48	86.92	800.32	40.30	93.17	18.83	15.12	60.94
52h	0.95	15.75	2.54	88.87	791.29	39.85	94.35	19.07	15.11	60.88
69h	1.03	17.10	2.65	92.91	834.31	42.02	100.66	20.35	16.10	64.89
76h	1.01	16.71	2.72	95.34	820.39	41.32	98.95	20.00	15.79	63.62
97h	0.96	15.94	2.54	88.85	778.65	39.21	95.21	19.25	15.06	60.70
pH=1.75 HCl 0.41mL FeCl3										
Totaux	7.87		4.03		2805.98		674.06		35.80	
0h	0.40	5.35	0.19	4.89	382.67	14.32	51.20	7.98	11.52	33.80
3h	0.53	7.07	0.97	25.18	432.32	16.18	84.07	13.10	12.90	37.83
9h	0.63	8.40	1.49	38.78	477.00	17.85	88.90	13.85	13.50	39.60
21h	0.70	9.34	1.89	49.35	495.36	18.54	92.23	14.37	13.61	39.91
28h	0.74	9.85	2.00	52.22	514.38	19.25	95.27	14.84	13.61	39.93
48h	0.83	11.09	2.17	56.46	544.48	20.37	103.15	16.07	14.08	41.29
52h	0.84	11.25	2.20	57.20	548.34	20.52	104.59	16.29	14.00	41.06
69h	0.87	11.57	2.29	59.78	555.33	20.78	108.24	16.86	14.22	41.70
76h	0.90	11.95	2.41	62.70	586.52	21.95	113.93	17.75	14.94	43.81
97h	0.92	12.30	2.47	64.49	585.82	21.92	116.96	18.22	14.80	43.42

Annexe 22:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>pH=2 HCl</b>											
<b>0.041mL FeCl3</b>											
Totaux	2.48		56.73		11.36		118.08		85.08		-8.88
3h	0.32	13.63	2.71	5.02	4.17	38.55	45.60	40.55	56.71	69.98	-1.21
9h	0.36	15.23	6.17	11.42	7.25	67.02	14.22	12.65	66.10	81.57	3.81
21h	0.43	18.33	4.34	8.03	7.77	71.81	15.28	13.59	68.84	84.96	4.02
28h	0.48	20.15	4.51	8.34	8.43	77.90	15.56	13.84	72.31	89.24	3.29
48h	0.50	21.00	3.73	6.91	8.12	75.02	15.97	14.20	67.70	83.55	2.27
52h	0.52	22.16	3.37	6.24	8.71	80.49	17.15	15.25	71.21	87.88	1.77
69h	0.52	22.02	2.08	3.86	8.15	75.28	15.52	13.80	68.63	84.69	1.00
76h	0.53	22.59	1.77	3.27	8.19	75.69	20.16	17.93	71.58	88.33	0.59
97h	0.55	23.33	0.95	1.76	8.04	74.31	20.23	17.99	70.37	86.84	-2.14
<b>pH=2 HCl</b>											
<b>0.082mL FeCl3</b>											
Totaux	3.38		69.05		13.34		115.07		98.54		-18.34
0h	0.25	7.68	0.21	0.32	6.70	52.76	10.28	9.38	55.46	59.10	-5.91
3h	0.30	9.21	-0.91	-1.38	5.90	46.41	9.53	8.69	64.83	69.08	-9.34
9h	0.33	10.15	-0.55	-0.83	7.61	59.93	9.49	8.66	66.53	70.90	-6.99
21h	0.37	11.54	-0.11	-0.16	8.42	66.25	9.52	8.69	69.13	73.67	-5.42
28h	0.44	13.64	-0.09	-0.13	9.40	73.96	10.63	9.70	75.02	79.94	-4.78
48h	0.44	13.82	2.04	3.11	7.97	62.77	10.95	9.99	73.74	78.58	-0.32
52h	0.49	15.26	2.42	3.69	8.34	65.66	10.72	9.79	75.11	80.04	0.10
69h	0.52	16.24	1.73	2.63	8.77	69.03	11.57	10.56	79.55	84.76	-0.18
76h	0.54	16.87	1.67	2.54	8.83	69.50	11.64	10.62	79.78	85.01	-1.75
97h	0.59	18.36	1.20	1.82	9.00	70.82	12.63	11.52	82.76	88.18	-1.38
<b>pH=2 HCl</b>											
<b>0.12mL FeCl3</b>											
Totaux	2.67		56.25		11.89		119.86		85.77		-4.33
0h	0.22	8.84	0.07	0.13	5.96	52.61	6.47	5.67	52.66	64.47	-8.63
3h	0.25	9.85	-0.68	-1.26	6.08	53.71	6.30	5.52	57.01	69.80	-4.59
9h	0.28	10.89	-0.40	-0.75	6.85	60.52	6.93	6.07	59.93	73.37	-8.51
21h	0.35	13.87	-0.42	-0.79	7.54	66.57	7.84	6.87	65.74	80.48	-6.33
28h	0.37	14.51	2.10	3.92	7.83	69.15	8.90	7.80	66.55	81.47	-2.87
48h	0.45	17.79	2.72	5.07	8.33	73.56	10.17	8.91	73.97	90.56	-2.33
52h	0.47	18.48	2.14	4.00	8.34	73.63	10.25	8.98	74.35	91.02	-2.34
69h	0.52	20.54	1.93	3.60	8.72	77.02	10.73	9.40	78.87	96.56	0.87
76h	0.53	20.71	1.84	3.44	8.79	77.61	10.89	9.54	79.58	97.43	-0.90
97h	0.51	19.97	1.43	2.66	8.13	71.84	10.68	9.36	72.93	89.28	-2.80
<b>pH=1.75 HCl</b>											
<b>0.41mL FeCl3</b>											
Totaux	3.85		78.15		11.99		1003.23		116.90		277.88
0h	0.20	5.48	5.51	7.40	4.93	43.20	9.28	0.97	46.74	41.98	1.92
3h	0.30	8.15	2.20	2.96	5.81	50.88	10.40	1.09	61.69	55.41	-1.02
9h	0.35	9.57	3.81	5.11	6.71	58.78	10.76	1.13	65.23	58.59	0.46
21h	0.42	11.36	4.81	6.47	7.24	63.37	11.14	1.17	66.45	59.68	2.67
28h	0.44	11.92	6.43	8.64	7.48	65.51	11.54	1.21	65.19	58.55	7.12
48h	0.50	13.61	8.19	11.00	7.81	68.40	12.10	1.27	68.60	61.62	6.45
52h	0.49	13.38	7.96	10.70	7.75	67.88	11.52	1.21	67.20	60.36	5.36
69h	0.51	13.94	7.22	9.70	8.01	70.17	11.51	1.20	67.60	60.72	5.90
76h	0.54	14.66	7.63	10.25	8.25	72.22	12.17	1.27	70.69	63.49	5.44
97h	0.57	15.43	7.00	9.41	8.27	72.47	12.39	1.30	70.80	63.59	5.12

Annexe 23:

Effet de la décantation et acidification après 23 heures sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et FeCl<sub>3</sub> (mL FeCl<sub>3</sub>/g séd. sec, séd.#12).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>0.8mLFeCl<sub>3</sub> +HCl pH=2.0 acid à 23h HCl</b>										
Totaux			5709.76		-2.71		1878.87		0.37	
4h	1.92	374	199.90	3.68	-1.28	0.00	1105.17	61.76	0.32	92.34
23h	2.56	360	205.43	3.78	-1.24	0.00	1016.67	56.82	0.31	88.77
26h	2	--	135.39	4.38	-0.68	0.00	591.92	61.49	0.18	95.03
29h	2.33	433	145.90	4.57	0.00	0.00	607.20	62.34	0.18	94.46
33h	2.05	429	1.80	1.92	0.00	0.00	631.80	63.72	0.18	96.14
46h	2.28	407	177.30	5.15	0.00	0.00	623.40	63.25	0.19	98.76
<b>0.8mLFeCl<sub>3</sub> +HCl pH=2.0 acid à 23h HNO<sub>3</sub></b>										
4h	2.03	379	185.20	3.41	-1.13	0.00	1033.79	57.77	0.30	86.08
23h	2.56	361	208.66	3.84	-1.07	0.00	1020.53	57.03	0.32	89.96
24h	1.9	--	148.47	4.65	-0.65	0.00	622.95	63.33	0.19	99.63
29h	1.83	446	160.60	4.87	0.00	0.00	622.80	63.32	0.18	96.56
33h	1.91	439	193.10	5.47	0.00	0.00	630.00	63.72	0.18	97.19
46h	2.09	427	207.60	5.74	0.00	0.00	626.10	63.51	0.19	99.55

## Annexe 23:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HCl</b>										
Totaux	19.48		10.22		5895.16		1744.92		80.50	
4h	1.81	9.77	4.47	45.91	1795.35	31.98	277.49	16.70	46.63	60.82
23h	1.72	9.29	4.74	48.76	1681.89	29.96	255.72	15.39	43.52	56.76
26h	1.09	10.54	3.40	59.36	1045.29	33.60	147.15	16.55	24.96	60.94
29h	1.07	10.43	3.51	60.43	918.40	31.34	137.90	15.99	22.68	57.96
33h	1.21	11.15	4.01	65.61	997.50	32.74	146.90	16.53	871.80	1165.50
46h	1.22	11.20	4.06	66.15	1001.00	32.81	148.50	16.63	869.60	1162.63
<b>0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HNO3</b>										
4h	1.68	9.07	4.10	42.19	1688.45	30.07	258.49	15.55	43.42	56.64
23h	1.73	9.31	4.77	49.05	1713.34	30.52	258.15	15.53	43.26	56.43
24h	1.22	11.23	3.75	63.04	1110.53	35.04	156.08	17.16	26.26	62.46
29h	1.15	10.85	3.84	63.95	966.80	32.48	143.60	16.41	841.10	1125.29
33h	1.28	11.56	4.31	68.80	1030.00	33.60	149.10	16.74	870.70	1163.90
46h	1.37	12.02	4.37	69.47	1031.00	33.62	150.30	16.81	873.80	1167.94

Annexe 23:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HCl</b>											
Totaux	8.23		189.63		36.14		416.47		270.40		-16.24
4h	0.97	12.36	-2.79	-1.55	17.41	50.57	33.52	8.45	222.92	86.56	12.31
23h	1.01	12.86	-2.80	-1.55	15.95	46.34	34.29	8.65	212.30	82.44	9.01
26h	0.62	14.40	-1.45	-1.58	12.73	60.14	17.51	8.74	126.80	90.46	2.98
29h	0.60	14.02	0.00	-0.77	11.31	56.02	17.55	8.75	109.40	83.70	0.00
33h	0.64	14.64	0.00	-0.77	12.63	59.86	18.15	8.90	117.00	86.65	0.75
46h	0.71	15.52	0.17	-0.68	11.89	57.71	19.53	9.25	118.30	87.16	0.11
<b>0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HNO3</b>											
4h	0.94	12.02	-2.68	-1.48	15.63	45.40	31.41	7.92	207.17	80.45	10.32
23h	1.05	13.39	-2.62	-1.45	15.70	45.61	31.40	7.92	214.89	83.44	7.36
24h	0.66	15.08	-0.91	-1.23	14.48	64.87	18.38	8.59	132.98	93.36	4.65
29h	0.61	14.54	0.00	-0.72	12.46	59.00	18.01	8.50	112.70	85.49	0.90
33h	0.69	15.56	0.00	-0.72	14.28	64.29	18.42	8.60	117.20	87.23	2.97
46h	0.76	16.34	0.00	-0.72	13.83	62.98	19.39	8.85	119.70	88.20	3.27

## Annexe 24

Effet de la température à différents pH, sur la solubilisation chimique  
dans les sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et FeCl<sub>3</sub> (séd #12).

Echantillon	pH	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288		
		Moyenne (mV)	%Sol. (mg/L)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	
<b>10 C</b>										
<b>pH=2.0 HCl</b>										
Totaux			1075.18		-0.23		614.17		0.14	
0h	1.9	418	83.93	8.20	-0.03	0.00	416.02	71.12	0.09	69.60
4h	2.07	409	94.89	9.27	-0.09	0.00	404.98	69.24	0.10	72.78
21h	2.06	412	105.40	10.29	-0.17	0.00	399.81	68.35	0.10	76.51
28h	2.02	410	112.13	10.95	-0.17	0.00	416.53	71.21	0.10	78.22
45h	2.1	411	111.29	10.87	-0.14	0.00	400.91	68.54	0.10	76.86
52h	2.02	407	118.75	11.60	-0.14	0.00	416.74	71.25	0.10	76.88
71h	2.12	411	124.72	12.18	-0.19	0.00	426.62	72.94	0.11	83.92
76h	2.17	414	124.15	12.12	-0.17	0.00	423.27	72.36	0.10	76.73
102h	2.02	415	124.78	12.19	-0.20	0.00	402.33	68.78	0.10	75.97
141h	1.92	432	127.33	12.43	-0.19	0.00	393.49	67.27	0.10	76.00
<b>10 C</b>										
<b>pH=2.5 HCl</b>										
Totaux			1219.88		-0.17		599.41		0.12	
0h	2.43	371	46.87	4.03	-0.03	0.00	375.81	65.83	0.08	74.57
4h	2.5	402	64.01	5.51	-0.06	0.00	382.91	67.07	0.09	80.06
21h	2.73	384	73.62	6.34	-0.14	0.00	375.69	65.81	0.11	96.65
28h	2.15	423	85.15	7.33	-0.12	0.00	389.84	68.29	0.10	89.09
45h	2.2	423	93.02	8.01	-0.18	0.00	400.63	70.18	0.10	92.01
52h	2.2	420	92.65	7.98	-0.15	0.00	391.62	68.60	0.10	89.92
71h	2.29	421	95.64	8.23	-0.19	0.00	389.94	68.31	0.10	89.86
76h	2.3	420	95.14	8.19	-0.17	0.00	385.17	67.47	0.10	89.27
102h	2.35	416	99.80	8.59	-0.17	0.00	389.97	68.31	0.11	97.22
141h	2.28	426	102.38	8.81	-0.17	0.00	389.47	68.22	0.10	93.09
<b>6 C</b>										
<b>pH=2.0 HCl</b>										
Totaux			1837.51		-0.08		588.33		0.13	
0h	1.93	464	87.73	5.01	0.00	0.00	428.40	76.46	0.10	82.53
5h	2.02	432	90.47	5.17	0.00	0.00	420.70	75.08	0.10	81.19
22h	2.02	441	94.52	5.40	0.00	0.00	422.10	75.33	0.11	88.54
27h	1.97	433	94.63	5.41	0.00	0.00	409.20	73.03	0.11	88.12
48h	1.97	437	100.20	5.73	0.00	0.00	422.00	75.31	0.10	85.45
70h	1.98	444	103.70	5.93	0.00	0.00	418.00	74.60	0.11	93.71
77h	2.02	447	96.60	5.52	0.00	0.00	390.00	69.60	0.10	79.27
98h	2.05	443	110.60	6.32	0.00	0.00	428.60	76.49	0.10	87.03
119h	2.02	444	108.60	6.21	0.00	0.00	415.90	74.23	0.10	81.44
152h	2.05	436	108.30	6.19	0.00	0.00	389.70	69.55	0.09	79.02
<b>6 C</b>										
<b>pH=2.5 HCl</b>										
Totaux			1849.67		-0.25		635.71		0.12	
0h	2.44	387	64.75	3.68	0.00	0.00	461.70	76.26	0.10	88.06
5h	2.61	380	67.60	3.84	0.00	0.00	457.40	75.55	0.09	76.01
22h	2.51	394	74.40	4.22	0.00	0.00	386.60	63.85	0.02	19.64
27h	2.61	384	70.87	4.02	0.00	0.00	365.60	60.39	0.01	12.73
48h	2.66	388	75.19	4.27	0.00	0.00	381.20	62.96	0.02	15.20
70h	2.79	386	75.07	4.26	0.00	0.00	371.00	61.28	0.02	14.86
77h	2.37	418	80.31	4.56	0.00	0.00	378.10	62.45	0.02	14.43
119h	2.46	410	78.80	4.47	0.00	0.00	352.80	58.27	0.01	10.33
152h	2.42	410	83.64	4.75	0.00	0.00	367.50	60.70	0.02	14.95

Annexe 24

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>10 C</b>										
<b>pH=2.0 HCl</b>										
Totaux	5.32		3.33		1702.16		533.54		24.06	
0h	0.65	12.88	1.21	38.03	642.45	39.63	85.42	16.81	14.39	62.83
4h	0.71	13.98	1.52	47.79	644.40	39.75	86.20	16.96	14.34	62.60
21h	0.74	14.60	1.69	53.19	652.97	40.28	86.93	17.11	14.50	63.31
28h	0.79	15.55	1.77	55.64	681.45	42.04	91.66	18.04	15.16	66.19
45h	0.76	15.08	1.81	56.91	657.44	40.55	89.20	17.55	14.56	63.54
52h	0.80	15.71	1.91	60.07	686.03	42.32	93.59	18.42	15.28	66.68
71h	0.81	15.91	2.00	63.04	703.73	43.41	96.06	18.90	15.64	68.25
76h	0.84	16.68	2.02	63.64	703.92	43.42	94.47	18.59	15.38	67.11
102h	0.83	16.42	1.97	62.08	684.04	42.20	92.53	18.21	14.77	64.47
141h	0.80	15.86	2.00	63.10	673.21	41.53	92.88	18.28	14.63	63.84
<b>10 C</b>										
<b>pH=2.5 HCl</b>										
Totaux	4.91		2.90		1590.21		469.10		22.75	
0h	0.36	7.67	0.71	25.79	524.74	34.65	73.76	16.51	12.72	58.70
4h	0.49	10.56	1.23	44.39	550.10	36.32	77.92	17.44	13.16	60.74
21h	0.55	11.79	1.49	54.14	564.73	37.29	77.48	17.34	13.10	60.47
28h	0.62	13.28	1.66	60.21	596.21	39.37	80.92	18.11	13.65	63.02
45h	0.67	14.37	1.78	64.61	615.94	40.67	83.40	18.67	14.19	65.51
52h	0.63	13.54	1.81	65.50	603.36	39.84	81.94	18.34	13.84	63.86
71h	0.65	13.99	1.87	67.59	606.74	40.06	82.98	18.57	13.98	64.54
76h	0.66	14.03	1.84	66.76	606.02	40.01	81.14	18.16	13.94	64.35
102h	0.69	14.81	1.93	69.94	613.54	40.51	83.40	18.67	14.13	65.23
141h	0.70	14.91	1.97	71.27	620.48	40.97	85.03	19.03	14.27	65.84
<b>6 C</b>										
<b>pH=2.0 HCl</b>										
Totaux	4.27		2.88		1644.92		501.98		23.40	
0h	0.72	17.73	1.53	55.83	563.80	35.99	87.45	18.29	13.78	61.84
5h	0.73	17.86	1.66	60.50	557.20	35.57	86.92	18.18	13.47	60.45
22h	0.78	19.21	1.73	63.05	583.80	37.27	87.06	18.21	13.80	61.93
27h	0.78	19.18	1.71	62.25	569.90	36.38	85.19	17.82	13.42	60.22
48h	0.81	19.82	1.78	65.02	591.70	37.77	88.88	18.59	13.84	62.11
70h	0.79	19.51	1.81	66.08	589.50	37.63	89.65	18.75	13.92	62.47
77h	0.74	18.31	1.68	61.45	547.50	34.95	82.61	17.28	12.78	57.35
98h	0.83	20.44	1.90	69.37	611.70	39.05	92.98	19.45	14.43	64.76
119h	0.83	20.41	1.87	68.38	591.30	37.74	90.18	18.86	14.10	63.28
152h	0.77	18.95	1.78	64.88	560.60	35.78	87.30	18.26	13.29	59.64
<b>6 C</b>										
<b>pH=2.5 HCl</b>										
Totaux	4.81		2.80		1652.91		508.06		23.50	
0h	0.56	12.31	1.18	44.14	534.80	33.97	86.10	17.79	13.62	60.86
5h	0.58	12.76	1.22	45.83	533.00	33.86	85.75	17.72	13.57	60.64
22h	0.58	12.57	1.55	58.03	506.00	32.14	79.78	16.49	13.11	58.59
27h	0.58	12.60	1.52	57.09	477.00	30.30	17.55	3.63	12.45	55.64
48h	0.57	12.48	1.62	60.66	495.40	31.47	77.34	15.98	12.78	57.11
70h	0.57	12.36	1.64	61.67	496.50	31.54	76.57	15.82	12.76	57.02
77h	0.61	13.24	1.73	64.78	498.90	31.69	78.01	16.12	12.91	57.69
119h	0.59	12.91	1.69	63.25	482.50	30.65	75.85	15.68	12.53	55.99
152h	0.62	13.59	1.81	67.83	503.40	31.98	77.76	16.07	12.79	57.16

## Annexe 24

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>10 C</b>											
<b>pH=2.0 HCl</b>											
Totaux	2.46		52.28		11.00		92.21		81.39		-19.85
0h	0.32	13.68	2.04	4.10	7.38	70.44	9.55	10.88	64.82	83.62	-2.81
4h	0.36	15.24	1.98	3.97	7.34	70.01	9.06	10.32	66.31	85.55	-4.56
21h	0.38	16.16	1.69	3.40	7.29	69.57	9.48	10.79	67.29	86.81	-4.01
28h	0.42	17.94	1.68	3.37	7.54	71.97	9.89	11.26	70.02	90.34	-5.14
45h	0.41	17.58	0.98	1.97	7.29	69.62	9.28	10.56	67.73	87.38	-5.95
52h	0.44	18.70	1.03	2.07	7.69	73.39	10.35	11.78	70.77	91.31	-5.60
71h	0.47	20.01	0.80	1.61	7.91	75.46	10.62	12.09	73.11	94.33	-5.06
76h	0.47	20.06	2.12	4.25	8.03	76.65	11.43	13.01	71.78	92.61	-4.65
102h	0.46	19.63	2.83	5.68	7.97	76.04	11.46	13.05	68.22	88.01	-2.15
141h	0.47	19.87	2.37	4.77	7.69	73.34	9.91	11.29	67.25	86.76	-2.91
<b>10 C</b>											
<b>pH=2.5 HCl</b>											
Totaux	2.21		47.40		10.12		92.58		73.58		-15.91
0h	0.20	9.73	-0.39	-0.86	4.92	51.08	12.19	13.83	53.37	76.16	-5.89
4h	0.26	12.53	-0.73	-1.63	5.46	56.69	12.49	14.17	58.18	83.03	-3.90
21h	0.29	13.87	-0.21	-0.46	6.35	65.91	10.42	11.81	59.48	84.88	4.32
28h	0.33	15.58	-0.08	-0.18	6.70	69.53	10.32	11.70	62.53	89.24	8.86
45h	0.35	16.61	-0.33	-0.74	7.02	72.90	11.79	13.38	65.12	92.94	8.94
52h	0.35	16.69	-0.52	-1.15	6.79	70.51	11.37	12.90	63.46	90.56	9.41
71h	0.38	17.84	-0.56	-1.25	6.86	71.20	11.66	13.23	64.67	92.28	9.84
76h	0.38	17.98	-0.50	-1.12	6.87	71.28	12.23	13.88	64.12	91.51	9.12
102h	0.39	18.68	-0.58	-1.28	6.85	71.05	12.49	14.16	65.47	93.43	11.09
141h	0.42	19.77	-0.57	-1.26	6.97	72.34	13.13	14.90	66.79	95.31	9.22
<b>6 C</b>											
<b>pH=2.0 HCl</b>											
Totaux	2.19		51.22		10.41		116.65		71.44		-24.64
0h	0.39	18.56	1.86	3.81	9.52	96.00	10.96	9.87	62.77	92.26	3.91
5h	0.40	19.00	1.53	3.14	9.51	95.84	10.28	9.25	62.95	92.53	1.57
22h	0.41	19.76	2.93	6.01	9.93	100.14	11.37	10.23	64.55	94.88	6.01
27h	0.42	20.11	3.32	6.81	9.53	96.11	11.04	9.94	61.66	90.63	10.25
48h	0.44	21.07	3.36	6.89	9.70	97.83	10.88	9.79	64.65	95.03	8.84
70h	0.49	23.38	2.78	5.70	9.83	99.11	13.92	12.53	64.37	94.61	7.91
77h	0.44	21.20	2.79	5.72	9.03	91.05	12.75	11.48	59.39	87.29	7.16
98h	0.48	23.06	2.78	5.70	9.85	99.30	14.26	12.84	66.67	98.00	8.22
119h	0.49	23.44	2.37	4.87	9.54	96.19	15.38	13.84	65.29	95.97	7.19
152h	0.46	21.98	2.08	4.26	8.89	89.67	15.15	13.64	61.01	89.68	7.24
<b>6 C</b>											
<b>pH=2.5 HCl</b>											
Totaux	2.24		51.07		10.15		117.99		71.62		-16.13
0h	0.32	14.86	0.00	0.00	7.03	72.75	11.78	10.48	60.27	88.36	5.37
5h	0.34	16.03	0.00	0.00	6.15	63.65	12.65	11.26	60.72	89.02	9.76
22h	0.30	13.98	0.00	0.00	5.36	55.48	10.84	9.65	61.56	90.25	0.00
27h	0.28	13.23	0.00	0.00	4.76	49.25	9.81	8.73	57.99	85.02	0.00
48h	0.31	14.31	0.00	0.00	4.99	51.65	11.34	10.09	61.55	90.24	0.00
70h	0.33	15.61	0.00	0.00	5.32	54.99	11.57	10.30	60.83	89.18	0.00
77h	0.32	15.00	0.00	0.00	5.41	55.97	12.15	10.81	62.67	91.88	0.00
119h	0.32	14.86	0.00	0.00	4.92	50.93	22.14	19.70	60.65	88.92	0.00
152h	0.34	16.00	0.00	0.00	5.18	53.59	22.61	20.12	62.99	92.35	0.00

## Annexe 24

Effet de la température à différents pH, sur la solubilisation chimique  
dans les sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et FeCl<sub>3</sub> (séd #12).

Echantillon	pH	POR Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288		
		Moyenne (mV)	%Sol. (mg/L)	Moyenne (%)	%Sol. (mg/L)	Moyenne (%)	%Sol. (mg/L)	Moyenne (%)	%Sol. (mg/L)	
<b>20C</b>										
<b>pH=2.5a HCl</b>										
Totaux			1727.00		-0.14		602.43		0.12	
0h	2.43	371	60.90	3.70	-0.04	0.00	436.23	76.03	0.12	107.26
4h	2.53	381	62.16	3.78	-0.08	0.00	405.11	70.61	0.09	84.51
21h	2.94	355	67.95	4.13	-0.13	0.00	383.92	66.91	0.10	87.94
28h	2.19	421	83.97	5.11	-0.17	0.00	407.61	71.04	0.10	89.18
45h	2.33	413	88.27	5.37	-0.16	0.00	406.17	70.79	0.10	91.06
52h	2.32	410	92.30	5.61	-0.16	0.00	418.22	72.89	0.10	91.65
71h	2.39	405	93.08	5.66	-0.13	0.00	413.69	72.10	0.11	100.11
76h	2.35	403	90.93	5.53	-0.12	0.00	403.32	70.30	0.11	95.56
102h	2.4	398	92.24	5.61	-0.18	0.00	403.19	70.27	0.11	103.56
141h	2.45	434	98.45	5.99	-0.14	0.00	412.21	71.85	0.11	97.82
<b>20C</b>										
<b>pH=2.5b HCl</b>										
Totaux			1096.84		-0.23		638.02		0.14	
0h	2.44	387	66.38	6.35	-0.19	0.00	442.57	72.83	0.10	77.65
5h	2.61	375	67.86	6.50	-0.24	0.00	442.49	72.82	0.10	76.17
22h	2.69	370	75.35	7.21	-0.25	0.00	440.10	72.43	0.11	78.56
27h	2.46	398	81.62	7.81	-0.26	0.00	453.50	74.63	0.11	79.14
48h	2.51	401	92.10	8.82	-0.36	0.00	513.88	84.57	0.12	92.79
70h	2.71	383	93.52	8.95	-0.35	0.00	501.94	82.60	0.12	91.35
77h	2.32	415	86.12	8.24	-0.33	0.00	464.03	76.37	0.10	78.19
98h	2.46	406	105.59	10.11	-0.39	0.00	550.18	90.54	0.13	95.41
119h	2.36	411	103.83	9.94	-0.37	0.00	520.78	85.71	0.13	96.83
152h	2.31	433	118.99	11.39	-0.38	0.00	578.25	95.16	0.14	107.13
<b>20C</b>										
<b>pH=2.25a HCl</b>										
Totaux			1095.18		-0.17		565.95		0.14	
0h	2.07	431	89.32	8.56	-0.08	0.00	441.60	81.93	0.10	77.49
4h	2.05	411	96.25	9.23	-0.11	0.00	447.47	83.02	0.11	80.32
21h	2.42	385	99.02	9.49	-0.16	0.00	413.36	76.69	0.12	88.80
28h	2.06	409	106.32	10.19	-0.15	0.00	413.56	76.73	0.11	83.11
45h	2.22	402	115.47	11.07	-0.17	0.00	424.60	78.78	0.12	92.19
52h	2.2	400	112.99	10.83	-0.22	0.00	414.85	76.97	0.12	88.01
71h	2.27	396	118.27	11.34	-0.17	0.00	423.35	78.54	0.13	98.19
76h	2.32	395	115.37	11.06	-0.15	0.00	416.17	77.21	0.11	84.12
102h	2.34	392	116.41	11.16	-0.16	0.00	411.59	76.36	0.11	83.37
141h	2.31	418	116.34	11.15	-0.16	0.00	400.23	74.25	0.11	84.79
<b>20C</b>										
<b>pH=2.25b HCl</b>										
Totaux			1761.21		-0.18		564.42		0.12	
0h	2.12	481	81.19	4.84	-0.25	0.00	442.27	82.28	0.11	94.05
5h	2.12	465	86.29	5.14	-0.26	0.00	456.46	84.92	0.11	94.63
22h	2.24	459	93.72	5.59	-0.32	0.00	467.56	86.98	0.13	108.30
27h	2.25	455	94.13	5.61	-0.29	0.00	460.76	85.72	0.12	104.97
48h	2.2	445	94.00	5.60	-0.31	0.00	451.17	83.93	0.13	111.09
70h	2.4	442	94.27	5.62	-0.31	0.00	443.95	82.59	0.12	98.42
77h	2	455	96.91	5.78	-0.36	0.00	453.01	84.27	0.12	104.28
98h	2.2	450	104.12	6.21	-0.33	0.00	482.50	89.76	0.13	107.12
119h	2.26	449	92.71	5.53	-0.31	0.00	437.80	81.44	0.11	95.79
152h	2.19	458	102.17	6.09	-0.31	0.00	474.61	88.29	0.12	105.12

## Annexe 24

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)								
<b>20C</b>										
<b>pH=2.5a HCl</b>										
Totaux	4.80		2.66		1596.54		465.02		23.00	
0h	0.45	9.92	0.95	37.34	635.58	41.80	91.87	20.74	15.83	72.26
4h	0.49	10.62	1.27	50.00	578.40	38.04	82.19	18.56	13.71	62.58
21h	0.46	10.05	1.48	58.23	569.94	37.48	79.06	17.85	13.29	60.65
28h	0.58	12.77	1.75	69.05	620.57	40.81	83.94	18.95	14.37	65.62
45h	0.58	12.75	1.83	72.14	620.75	40.82	85.00	19.19	14.30	65.31
52h	0.61	13.24	1.93	75.95	642.67	42.27	87.99	19.87	14.63	66.77
71h	0.62	13.55	1.90	75.01	637.85	41.95	86.85	19.61	14.78	67.46
76h	0.60	13.20	1.86	73.48	626.89	41.23	86.00	19.42	14.47	66.04
102h	0.60	13.07	1.89	74.51	625.56	41.14	86.77	19.59	14.58	66.57
141h	0.62	13.48	1.96	77.47	630.02	41.43	89.61	20.23	14.81	67.63
<b>20C</b>										
<b>pH=2.5b HCl</b>										
Totaux	5.22		3.13		1629.40		504.98		23.60	
0h	0.60	12.05	1.17	39.29	534.87	34.47	80.59	16.76	13.80	61.40
5h	0.61	12.26	1.23	41.28	534.83	34.46	79.66	16.56	13.87	61.70
22h	0.60	12.16	1.52	51.01	559.31	36.04	81.06	16.86	14.34	63.79
27h	0.60	12.06	1.67	55.99	571.88	36.85	82.05	17.06	14.61	65.01
48h	0.69	13.87	1.91	64.22	642.14	41.38	90.75	18.87	16.28	72.42
70h	0.68	13.62	1.98	66.36	640.93	41.30	88.33	18.37	15.92	70.83
77h	0.67	13.41	1.79	60.25	590.59	38.06	81.04	16.85	14.68	65.32
98h	0.78	15.72	2.19	73.39	688.73	44.38	95.64	19.89	17.32	77.05
119h	0.77	15.48	2.12	71.14	660.42	42.56	94.17	19.58	17.08	75.97
152h	0.87	17.52	2.43	81.43	705.59	45.47	106.06	22.05	18.91	84.11
<b>20C</b>										
<b>pH=2.25a HCl</b>										
Totaux	5.11		3.14		1602.22		510.10		22.71	
0h	0.74	15.14	1.34	44.95	671.97	44.04	92.14	18.97	16.18	74.79
4h	0.76	15.53	1.73	57.98	668.57	43.81	98.41	20.26	16.32	75.45
21h	0.75	15.35	1.93	64.39	649.06	42.54	93.54	19.25	15.60	72.11
28h	0.77	15.79	2.05	68.45	656.71	43.04	94.07	19.36	15.64	72.32
45h	0.81	16.58	2.20	73.63	684.68	44.87	98.03	20.18	16.29	75.29
52h	0.76	15.55	2.17	72.49	675.51	44.27	95.38	19.63	15.91	73.55
71h	0.79	16.22	2.22	74.31	688.13	45.10	99.56	20.49	16.30	75.38
76h	0.76	15.64	2.20	73.46	678.26	44.45	96.91	19.95	16.01	74.02
102h	0.75	15.47	2.17	72.37	672.35	44.06	96.79	19.92	16.04	74.14
141h	0.74	15.20	2.19	73.24	639.76	41.93	95.68	19.70	15.50	71.65
<b>20C</b>										
<b>pH=2.25b HCl</b>										
Totaux	5.14		2.78		1613.80		492.24		22.71	
0h	0.75	15.39	1.68	63.41	540.62	35.17	80.99	17.28	14.17	65.52
5h	0.75	15.29	1.77	66.77	547.45	35.62	81.50	17.38	14.40	66.58
22h	0.85	17.37	1.96	74.25	579.78	37.72	86.74	18.50	15.38	71.09
27h	0.84	17.21	1.97	74.33	573.36	37.31	85.30	18.20	15.17	70.13
48h	0.80	16.42	1.95	73.80	561.11	36.51	84.40	18.00	14.96	69.14
70h	0.87	17.85	1.93	72.95	683.89	44.50	85.69	18.28	15.12	69.92
77h	0.85	17.29	1.92	72.44	579.67	37.72	82.65	17.63	14.75	68.21
98h	0.95	19.45	2.07	78.34	621.22	40.42	90.37	19.28	16.56	76.57
119h	0.81	16.56	1.82	68.91	535.67	34.85	78.97	16.84	14.12	65.26
152h	0.91	18.56	2.01	75.92	580.02	37.74	88.25	18.83	15.75	72.83

## Annexe 24

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>20C</b>											
<b>pH=2.5a HCl</b>											
Totaux	2.02		46.12		9.76		106.52		70.62		-17.45
0h	0.31	16.14	-0.10	-0.23	5.71	61.37	62.72	61.82	65.04	96.70	-1.81
4h	0.29	15.08	-1.06	-2.41	5.43	58.44	8.83	8.70	60.62	90.14	-3.78
21h	0.30	15.58	-0.75	-1.71	6.00	64.55	8.47	8.35	59.47	88.42	-3.89
28h	0.35	18.05	-0.63	-1.44	6.91	74.34	8.73	8.60	64.33	95.64	-1.68
45h	0.38	19.93	-0.83	-1.89	6.79	72.97	8.82	8.70	65.44	97.30	-1.35
52h	0.39	20.51	-0.85	-1.95	6.93	74.46	9.30	9.17	67.01	99.64	-1.62
71h	0.41	21.36	-0.89	-2.02	6.95	74.73	10.34	10.20	67.83	100.86	-3.46
76h	0.41	21.18	-0.89	-2.03	6.70	72.05	10.08	9.93	64.98	96.62	-5.94
102h	0.44	22.94	-0.93	-2.13	6.50	69.85	10.49	10.34	66.47	98.84	-5.94
141h	0.45	23.14	-1.00	-2.28	6.80	73.09	9.55	9.41	67.55	100.44	-7.93
<b>20C</b>											
<b>pH=2.5b HCl</b>											
Totaux	2.41		51.81		10.75		99.07		79.41		-19.82
0h	0.31	13.50	-0.45	0.00	5.71	55.72	10.72	11.36	61.37	81.15	-6.89
5h	0.29	12.65	-0.61	0.00	5.40	52.68	11.24	11.91	61.84	81.77	-5.34
22h	0.35	15.12	-0.48	0.00	5.96	58.19	20.53	21.76	65.09	86.07	-6.27
27h	0.37	15.92	-0.56	0.00	6.06	59.17	16.69	17.69	65.81	87.02	-6.33
48h	0.47	20.57	-0.70	0.00	6.74	65.76	15.26	16.17	73.73	97.49	-4.23
70h	0.47	20.49	-0.64	0.00	7.20	70.34	16.22	17.19	71.98	95.18	-9.77
77h	0.43	18.67	-0.56	0.00	6.93	67.69	14.77	15.65	66.65	88.12	-9.96
98h	0.53	22.94	-0.80	0.00	8.06	78.72	21.77	23.07	77.37	102.30	-9.59
119h	0.51	22.25	-0.10	0.00	7.74	75.54	25.25	26.76	75.79	100.22	-11.80
152h	0.61	26.63	-0.83	0.00	8.82	86.13	22.51	23.86	83.87	110.90	-11.30
<b>20C</b>											
<b>pH=2.25a HCl</b>											
Totaux	2.38		51.36		10.62		103.67		76.00		-25.86
0h	0.31	13.71	1.38	2.82	8.45	83.58	10.78	10.92	70.61	97.55	7.79
4h	0.36	15.99	-0.32	-0.66	8.10	80.12	8.57	8.68	74.19	102.49	3.92
21h	0.40	17.51	-0.16	-0.32	7.62	75.40	8.39	8.50	71.99	99.46	2.89
28h	0.42	18.60	-0.51	-1.05	7.93	78.40	8.00	8.10	73.17	101.08	4.33
45h	0.46	20.24	-0.70	-1.42	7.93	78.46	8.45	8.56	75.70	104.58	3.61
52h	0.46	20.48	-0.51	-1.05	7.67	75.88	9.00	9.12	72.90	100.72	2.78
71h	0.49	21.73	-0.67	-1.37	7.72	76.34	10.34	10.48	75.71	104.60	0.03
76h	0.48	21.00	-0.50	-1.03	7.53	74.49	10.31	10.44	74.02	102.26	-3.41
102h	0.51	22.40	-0.73	-1.50	7.46	73.80	11.26	11.40	73.54	101.59	-5.12
141h	0.50	21.88	-0.79	-1.61	7.11	70.32	9.83	9.95	71.68	99.02	-6.85
<b>20C</b>											
<b>pH=2.25b HCl</b>											
Totaux	2.16		50.47		10.16		111.08		69.12		-18.72
0h	0.34	16.38	0.61	1.28	9.30	96.18	7.09	6.70	61.12	92.85	-6.59
5h	0.37	17.83	0.12	0.25	9.38	97.01	7.25	6.86	62.43	94.84	-7.01
22h	0.43	21.07	-0.17	-0.35	9.53	98.55	7.88	7.45	66.41	100.88	-6.43
27h	0.43	20.86	-0.41	-0.85	9.40	97.21	7.39	6.99	65.46	99.44	-3.42
48h	0.46	22.43	-0.36	-0.74	8.95	92.53	7.86	7.43	64.97	98.70	-3.86
70h	0.49	23.95	0.52	1.09	9.46	97.76	64.94	61.39	64.91	98.60	-6.61
77h	0.53	25.69	-0.17	-0.35	9.58	99.01	11.13	10.52	63.99	97.21	-7.21
98h	0.55	26.86	-0.46	-0.95	10.15	104.97	11.31	10.69	68.91	104.68	-6.87
119h	0.49	23.73	-0.44	-0.93	9.02	93.20	10.82	10.23	61.92	94.06	-6.75
152h	0.55	26.66	-0.49	-1.02	9.68	100.06	16.45	15.55	67.55	102.61	-6.29

Annexe 25: Effet du pourcentage de solides totaux sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et FeCl3 (séd#12,pH=2.0 HCl)

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>3%ST</b>										
Totaux			1212.65		-0.40		630.69		0.14	
0h	2.1	436	42.93	3.72	-0.11	30.04	316.45	52.68	0.12	92.37
3h	2.54	411	57.21	4.95	-0.10	25.17	396.28	65.98	0.11	80.37
9h	1.95	440	71.31	6.17	-0.17	43.31	418.13	69.61	0.11	86.58
21h	1.92	427	87.74	7.60	-0.22	56.92	445.93	74.24	0.11	87.16
28h	2.07	453	101.07	8.75	-0.19	48.66	459.44	76.49	0.14	106.18
48h	2.15	446	122.21	10.58	-0.27	71.71	437.30	72.80	0.12	88.86
52h	1.85	459	127.11	11.01	-0.21	56.14	431.59	71.85	0.14	103.48
69h	1.88	456	146.49	12.68	-0.30	79.51	458.75	76.37	0.13	95.65
76h	1.86	404	149.58	12.95	-0.26	68.60	463.07	77.09	0.12	94.47
97h	1.97	455	161.00	13.94	-0.24	61.89	478.30	79.63	0.14	104.55
<b>5%ST</b>										
Totaux			3366.00		0.00		1034.80		0.23	
0h	2.04	442	112.80	3.52	0.00	0.00	542.80	55.08	0.15	66.66
4h	2.02	426	118.00	3.68	0.00	0.00	542.80	55.08	0.15	69.49
8h	2.04	431	125.50	3.91	0.00	0.00	561.90	57.02	0.16	72.14
21h	1.97	407	147.80	4.61	0.00	0.00	605.30	61.42	0.17	78.12
28h	2.07	428	156.30	4.88	0.00	0.00	622.70	63.18	0.17	78.17
48h	1.95	438	170.80	5.33	0.00	0.00	635.00	64.43	0.18	82.80
73h	2.05	437	174.80	5.45	0.00	0.00	587.20	59.58	0.17	76.64
93h	1.98	434	168.00	5.24	0.00	0.00	561.60	56.98	0.16	73.54
119h	2.17	416	178.30	5.56	0.00	0.00	574.60	58.30	0.17	77.09
166h	2.13	414	197.20	6.15	0.00	0.00	624.40	63.36	0.19	84.10
<b>7%ST</b>										
Totaux			4972.00		0.00		1499.80		0.34	
0h	1.98	425	162.30	3.43	0.00	0.00	763.00	53.42	0.23	68.71
4h	1.9	414	157.30	3.32	0.00	0.00	751.10	52.58	0.22	67.88
8h	1.96	487	200.90	4.24	0.00	0.00	834.90	58.45	0.24	73.32
21h	1.93	414	218.00	4.60	0.00	0.00	850.30	59.53	0.24	73.74
28h	1.95	426	229.80	4.85	0.00	0.00	883.00	61.82	0.24	73.99
48h	1.97	429	229.80	4.85	0.00	0.00	883.70	61.87	0.24	74.69
73h	2.13	432	233.70	4.94	0.00	0.00	842.70	59.00	0.23	69.07
93h	1.95	430	254.70	5.38	0.00	0.00	897.40	62.83	0.25	75.06
119h	2.1	416	256.70	5.42	0.00	0.00	899.70	62.99	0.25	76.92
166h	2.17	404	275.50	5.82	0.00	0.00	940.40	65.84	0.26	80.67

## Annexe 25:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>3%ST</b>										
Totaux	7.66		3.75		2224.39		579.67		28.64	
0h	0.34	4.70	0.79	22.18	510.63	24.10	60.61	10.98	13.39	49.10
3h	0.43	5.96	1.21	34.05	532.95	25.16	96.27	17.44	14.78	54.20
9h	0.45	6.18	1.52	42.69	565.46	26.69	99.93	18.10	14.79	54.23
21h	0.61	8.37	1.97	55.24	580.53	27.40	99.00	17.93	14.48	53.11
28h	0.67	9.25	2.24	62.66	636.12	30.03	104.34	18.90	15.53	56.93
48h	0.76	10.46	2.59	72.71	638.70	30.15	101.42	18.37	15.95	58.46
52h	0.81	11.18	2.55	71.48	657.00	31.01	101.63	18.41	15.82	57.98
69h	0.84	11.54	2.76	77.44	692.84	32.70	108.63	19.68	16.59	60.81
76h	0.87	11.94	2.80	78.43	703.00	33.18	111.10	20.12	16.87	61.86
97h	0.92	12.56	2.95	82.62	732.45	34.57	118.68	21.50	17.37	63.69
<b>5%ST</b>										
Totaux	11.06		5.72		3276.00		966.40		46.22	
0h	1.09	10.33	2.61	47.93	895.20	28.69	132.10	14.35	22.70	51.57
4h	1.11	10.57	2.70	49.62	883.90	28.33	134.90	14.66	22.57	51.27
8h	1.18	11.21	2.94	53.93	897.54	28.77	136.60	14.84	22.87	51.95
21h	1.33	12.62	3.42	62.82	970.40	31.10	144.40	15.69	24.42	55.48
28h	1.32	12.48	3.58	65.74	993.30	31.84	147.90	16.07	25.03	56.86
48h	1.47	13.97	4.16	76.38	1039.00	33.30	151.90	16.50	25.74	58.47
73h	1.41	13.36	3.96	72.67	983.20	31.51	143.20	15.56	24.21	55.00
93h	1.34	12.70	3.73	68.40	948.00	30.38	136.90	14.87	23.23	52.77
119h	1.40	13.25	3.88	71.30	983.30	31.52	142.70	15.50	24.03	54.59
166h	1.49	14.18	4.27	78.35	1062.00	34.04	158.50	17.22	26.09	59.27
<b>7%ST</b>										
Totaux	15.68		8.72		4588.00		1389.40		67.40	
0h	1.61	10.79	3.72	44.81	1295.00	29.64	187.80	14.19	32.56	50.72
4h	1.54	10.31	3.45	41.55	1253.00	28.68	189.10	14.29	31.79	49.52
8h	1.82	12.20	4.44	53.43	1380.00	31.58	205.80	15.55	34.67	54.01
21h	1.90	12.72	4.85	58.34	1396.00	31.95	205.00	15.49	34.47	53.70
28h	1.95	13.04	4.97	59.78	1412.00	32.31	207.30	15.67	34.81	54.23
48h	1.88	12.60	4.96	59.66	1385.00	31.70	202.60	15.31	33.71	52.52
73h	1.87	12.49	4.84	58.22	1327.00	30.37	195.20	14.75	31.98	49.82
93h	2.02	13.50	5.17	62.30	1424.00	32.59	211.30	15.97	34.42	53.62
119h	2.05	13.70	5.16	62.15	1412.00	32.31	213.20	16.11	34.40	53.59
166h	2.09	14.01	5.37	64.70	1474.00	33.73	225.20	17.02	36.22	56.43

Annexe 25:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>3%ST</b>											
Totaux	3.38		69.05		13.34		115.07		98.54		-18.34
0h	0.25	7.68	0.21	0.32	6.70	52.76	10.28	9.38	55.46	59.10	-5.91
3h	0.30	9.21	-0.91	-1.38	5.90	46.41	9.53	8.69	64.83	69.08	-9.34
9h	0.33	10.15	-0.55	-0.83	7.61	59.93	9.49	8.66	66.53	70.90	-6.99
21h	0.37	11.54	-0.11	-0.16	8.42	66.25	9.52	8.69	69.13	73.67	-5.42
28h	0.44	13.64	-0.09	-0.13	9.40	73.96	10.63	9.70	75.02	79.94	-4.78
48h	0.44	13.82	2.04	3.11	7.97	62.77	10.95	9.99	73.74	78.58	-0.32
52h	0.49	15.26	2.42	3.69	8.34	65.66	10.72	9.79	75.11	80.04	0.10
69h	0.52	16.24	1.73	2.63	8.77	69.03	11.57	10.56	79.55	84.76	-0.18
76h	0.54	16.87	1.67	2.54	8.83	69.50	11.64	10.62	79.78	85.01	-1.75
97h	0.59	18.36	1.20	1.82	9.00	70.82	12.63	11.52	82.76	88.18	-1.38
<b>5%ST</b>											
Totaux	4.65		102.22		20.12		224.00		154.00		298.00
0h	0.43	9.60	0.00	0.00	10.12	52.81	18.62	8.73	114.20	77.86	0.00
4h	0.50	11.32	0.00	0.00	9.10	47.47	16.84	7.89	115.50	78.75	0.00
8h	0.57	12.89	0.00	0.00	9.53	49.71	17.32	8.12	118.20	80.59	0.00
21h	0.64	14.45	0.00	0.00	10.93	57.04	18.37	8.61	127.60	87.00	0.00
28h	0.68	15.35	0.00	0.00	10.77	56.21	18.47	8.66	131.50	89.66	0.00
48h	0.77	17.29	0.00	0.00	11.82	61.68	22.83	10.70	135.50	92.39	0.00
73h	0.76	17.05	0.00	0.00	11.14	58.14	23.50	11.02	127.10	86.66	0.00
93h	0.75	16.96	0.00	0.00	10.49	54.74	27.09	12.70	122.60	83.59	0.00
119h	0.80	18.14	0.00	0.00	10.62	55.42	40.58	19.02	126.10	85.98	0.00
166h	0.86	19.51	0.00	0.00	11.46	59.81	25.66	12.03	137.70	93.89	0.00
<b>7%ST</b>											
Totaux	6.88		150.90		30.38		3222.80		218.00		165.56
0h	0.66	10.08	0.00	0.00	13.99	48.35	20.13	0.66	162.30	78.17	0.00
4h	0.68	10.37	0.00	0.00	11.42	39.47	20.40	0.66	160.40	77.26	0.00
8h	0.85	13.02	0.00	0.00	15.64	54.06	21.41	0.70	175.80	84.67	0.00
21h	0.92	14.06	0.00	0.00	16.00	55.30	21.96	0.72	176.80	85.16	0.00
28h	0.97	14.80	0.00	0.00	15.92	55.02	23.49	0.77	179.90	86.65	0.00
48h	1.00	15.31	0.00	0.00	15.78	54.54	23.63	0.77	175.50	84.53	0.00
73h	0.98	15.02	0.00	0.00	15.09	52.15	22.69	0.74	166.20	80.05	0.00
93h	1.10	16.79	0.00	0.00	16.29	56.30	24.83	0.81	178.10	85.78	0.00
119h	1.15	17.49	0.00	0.00	15.56	53.78	26.82	0.87	177.80	85.64	0.00
166h	1.20	18.31	0.00	0.00	15.79	54.57	28.53	0.93	185.20	89.20	0.00

Annexe 25: Effet du pourcentage de solides totaux sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et FeCl<sub>3</sub> (séd#12,pH=2.0 HCl)

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
<b>10%ST</b>										
Totaux			6376.00		0.00		2029.00		0.40	
0h	2.1	389	226.20	3.73	0.00	0.00	1015.00	52.53	0.31	81.85
4h	2.14	392	220.20	3.63	0.00	0.00	1013.00	52.42	0.31	80.22
8h	1.91	412	227.50	3.75	0.00	0.00	1016.00	52.58	0.30	79.72
21h	1.9	366	287.70	4.74	0.00	0.00	1142.00	59.10	0.33	87.12
28h	1.9	408	292.30	4.81	0.00	0.00	1150.00	59.51	0.33	86.65
48h	1.9	414	319.70	5.26	0.00	0.00	1226.00	63.45	0.35	91.46
73h	2.09	403	318.60	5.25	0.00	0.00	1143.00	59.15	0.32	83.29
93h	2.1	400	322.30	5.31	0.00	0.00	1156.00	59.82	0.33	87.07
119h	2.12	428	380.50	6.27	0.00	0.00	1306.00	67.59	0.37	97.91
166h	1.77	409	406.40	6.69	0.00	0.00	1235.00	63.91	0.36	93.77
<b>15%ST</b>										
Totaux			8400.00		0.00		2659.00		0.63	
0h	2.06	345	260.70	3.26	0.00	0.00	1426.00	56.31	0.43	71.77
4h	2.07	332	223.40	2.79	0.00	0.00	1399.00	55.24	0.43	71.12
8h	1.69	378	251.10	3.14	0.00	0.00	1575.00	62.19	0.47	78.04
21h	2	322	274.30	3.43	0.00	0.00	1637.00	64.64	0.47	78.62
28h	1.91	314	274.30	3.43	0.00	0.00	1748.00	69.03	0.50	82.08
48h	2.08		304.00	3.80	0.00	0.00	1753.00	69.22	0.48	79.93
73h	1.8	400	338.00	4.23	0.00	0.00	1618.00	63.89	0.43	71.97
93h	1.7	433	421.00	5.26	0.00	0.00	1772.00	69.97	0.50	82.10
119h	2.34	427	444.90	5.56	0.00	0.00	1730.00	68.32	0.50	82.13
166h	2.15	388	467.20	5.84	0.00	0.00	1793.00	70.80	0.52	85.58
<b>25%ST</b>										
Totaux			12462		0.00		4379.00		0.95	
0h	2	290	183.30	1.54	0.00	0.00	1852.00	44.41	0.58	63.97
4h	2.06	255	133.10	1.12	0.00	0.00	2041.00	48.94	0.68	74.83
8h	1.83	308	124.70	1.05	0.00	0.00	2204.00	52.85	0.71	78.61
21h	2.1	258	150.10	1.26	0.00	0.00	2640.00	63.30	0.82	89.87
28h	1.94	366	296.30	2.50	0.00	0.00	2684.00	64.36	0.75	83.06
48h	2.02	355	322.30	2.72	0.00	0.00	2895.00	69.42	0.73	80.22
73h	1.76	411	467.60	3.94	0.00	0.00	3175.00	76.13	0.75	82.31
93h	2.08	445	617.30	5.20	0.00	0.00	3490.00	83.68	0.80	87.64
119h	2.51	440	650.00	5.48	0.00	0.00	3342.00	80.13	0.72	79.08

## Annexe 25:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne	%Sol.								
	(mg/L)	(%)								
<b>10%ST</b>										
Totaux	22.00		11.97		6744.00		1738.80		93.60	
0h	2.31	11.03	3.73	32.74	1995.00	31.06	262.10	15.83	46.05	51.66
4h	2.16	10.32	3.57	31.34	1960.00	30.52	264.50	15.97	45.24	50.75
8h	2.11	10.08	3.88	34.07	1933.00	30.10	265.20	16.01	44.93	50.40
21h	2.46	11.74	5.70	50.02	2090.00	32.54	285.50	17.24	48.25	54.13
28h	2.46	11.73	5.90	51.74	2025.00	31.53	275.10	16.61	46.50	52.16
48h	2.67	12.74	6.48	56.86	2082.00	32.42	287.10	17.34	48.05	53.90
73h	2.48	11.82	6.35	55.71	1953.00	30.41	276.60	16.70	45.25	50.76
93h	2.51	11.99	6.37	55.86	1989.00	30.97	279.60	16.88	45.87	51.46
119h	2.98	14.20	7.63	66.94	2242.00	34.91	318.70	19.25	51.91	58.23
166h	2.91	13.87	7.49	65.72	2138.00	33.29	311.60	18.82	48.98	54.95
<b>15%ST</b>										
Totaux	29.12		16.73		8580.00		2263.60		125.60	
0h	2.52	9.08	2.62	16.43	2622.00	32.09	351.30	16.30	65.01	54.35
4h	1.65	5.94	2.12	13.31	2564.00	31.38	353.00	16.37	64.00	53.50
8h	1.67	6.03	2.64	16.58	2738.00	33.51	394.90	18.32	69.16	57.82
21h	1.48	5.34	3.87	24.28	2668.00	32.65	399.80	18.55	67.86	56.73
28h	1.11	4.00	3.91	24.52	2744.00	33.58	414.10	19.21	70.46	58.90
48h	0.91	3.28	5.07	31.80	2589.00	31.68	400.00	18.55	67.45	56.39
73h	1.35	4.85	6.89	43.22	2412.00	29.52	361.80	16.78	61.48	51.40
93h	1.92	6.92	9.12	57.26	2653.00	32.47	402.40	18.67	67.55	56.47
119h	2.10	7.58	9.23	57.95	2584.00	31.62	395.30	18.34	66.46	55.56
166h	2.29	8.26	9.62	60.39	2680.00	32.80	420.40	19.50	69.95	58.48
<b>25%ST</b>										
Totaux	44.57		25.09		13578		3388.80		194.82	
0h	1.28	3.01	0.00	0.00	3793.00	29.33	345.90	10.72	94.99	51.20
4h	0.87	2.05	0.00	0.00	4005.00	30.97	400.10	12.40	103.50	55.78
8h	0.85	2.01	0.00	0.00	4035.00	31.20	438.30	13.58	105.80	57.02
21h	0.83	1.96	0.79	3.29	3955.00	30.58	553.10	17.14	111.10	59.88
28h	1.02	2.41	3.76	15.74	3635.00	28.11	547.60	16.97	101.40	54.65
48h	0.91	2.15	5.31	22.20	3293.00	25.47	548.20	16.99	95.57	51.51
73h	1.44	3.38	9.59	40.15	3287.00	25.42	596.70	18.49	95.73	51.59
93h	2.38	5.61	13.19	55.21	3534.00	27.33	641.00	19.86	101.30	54.60
119h	3.33	7.84	13.71	57.38	3470.00	26.83	598.40	18.54	92.36	49.78

## Annexe 25:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)								
<b>10%ST</b>											
Totaux	9.31		215.56		40.84		459.60		306.16		62.96
0h	0.96	10.80	0.00	0.00	19.08	49.05	18.04	4.12	224.40	76.96	0.00
4h	0.98	11.11	0.00	0.00	16.08	41.34	18.28	4.18	223.40	76.62	0.00
8h	1.06	12.00	0.00	0.00	15.95	41.01	18.35	4.19	224.10	76.86	0.00
21h	1.24	13.98	0.00	0.00	21.76	55.95	19.51	4.46	242.90	83.30	0.00
28h	1.28	14.41	0.00	0.00	21.33	54.84	20.03	4.58	236.20	81.01	0.75
48h	1.42	16.02	0.00	0.00	22.79	58.59	21.10	4.82	242.90	83.30	3.34
73h	1.41	15.87	0.00	0.00	20.91	53.76	20.50	4.68	227.80	78.13	1.93
93h	1.47	16.57	0.00	0.00	20.57	52.89	221.13	50.52	231.10	79.26	0.00
119h	1.69	19.09	1.95	0.95	25.74	66.18	27.94	6.38	254.80	87.39	5.82
166h	1.72	19.36	0.00	0.00	24.88	63.97	26.45	6.04	243.30	83.44	4.25
<b>15%ST</b>											
Totaux	12.69		268.80		54.92		616.00		409.60		255.96
0h	1.34	11.11	0.00	0.00	18.49	35.35	26.09	4.45	297.60	76.29	0.00
4h	1.32	10.95	0.00	0.00	14.53	27.78	25.99	4.43	292.70	75.03	0.11
8h	1.51	12.49	0.00	0.00	16.33	31.22	28.55	4.87	314.60	80.65	0.00
21h	1.59	13.18	0.00	0.00	17.61	33.67	36.68	6.25	314.70	80.67	0.00
28h	1.69	13.98	0.00	0.00	16.86	32.23	28.60	4.88	326.00	83.57	0.00
48h	1.66	13.70	0.00	0.00	21.63	41.35	26.45	4.51	315.70	80.93	0.54
73h	1.61	13.30	0.00	0.00	25.72	49.17	24.16	4.12	294.90	75.60	4.17
93h	1.88	15.57	0.00	0.00	32.66	62.44	30.71	5.23	322.00	82.54	8.56
119h	1.96	16.25	0.00	0.00	31.21	59.67	31.58	5.38	318.50	81.65	4.16
166h	2.16	17.87	0.00	0.00	30.82	58.92	33.73	5.75	328.60	84.24	5.08
<b>25%ST</b>											
Totaux	19.68		449.76		78.25		951.00		631.20		629.40
0h	1.83	9.75	0.00	0.00	12.17	16.33	38.48	4.25	391.10	65.06	3.23
4h	2.13	11.34	0.00	0.00	11.17	14.99	43.04	4.75	427.80	71.16	4.18
8h	2.20	11.75	0.00	0.00	11.76	15.78	43.86	4.84	433.40	72.10	2.94
21h	2.32	12.40	0.00	0.00	14.50	19.46	43.21	4.77	448.00	74.52	6.49
28h	2.21	11.79	0.00	0.00	26.76	35.91	38.09	4.21	422.60	70.30	7.57
48h	2.15	11.45	0.00	0.00	28.52	38.27	38.00	4.20	402.40	66.94	10.98
73h	2.35	12.53	0.00	0.00	39.21	52.61	40.47	4.47	408.30	67.92	14.84
93h	2.70	14.39	0.00	0.00	52.20	70.04	44.84	4.95	433.80	72.16	25.99
119h	2.66	14.17	41.65	9.72	54.62	73.29	75.55	8.34	401.20	66.74	63.14