UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

(INRS-EAU)

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA

MAÎTRISE ÈS SCIENCES DE L'EAU

PAR

MYRIAM CHARTIER

DÉVELOPPEMENT D'UN PROCÉDÉ POUR L'ENLÈVEMENT DES MÉTAUX DANS LES SÉDIMENTS

JUILLET 1992

REMERCIEMENTS

Je tiens ici à remercier les gens qui m'ont aidée tout au long de l'élaboration de mon mémoire. De façon plus particulière, je remercie mon compagnon, Guy Mercier, qui a su m'encourager et me conseiller fort judicieusement. Je tiens aussi à témoigner ma gratitude à mon directeur de mémoire, Denis Couillard, qui a été très positif et au personnel de l'INRS-Eau, pour leur aide.

Finalement, je suis reconnaissante au Conseil de Recherches en Sciences naturelles et Génie du Canada et au fond FCAR pour leur soutien financier.

RÉSUMÉ

Dans ce travail, 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 $FeSO_4.7H_2O$ et/ou le $FeCl_2$). 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 $FeSO_4.7H_2O$ ou 1% et 2% de Fe dans $FeCl_2$), 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 celui 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 la solubilisation des métaux.

Pour effectuer la solubilisation chimique l'ajout de $FeCl_3$ suivi d'une acidification avec HCl donne les meilleurs rendements du point de vue coût et enlèvement des métaux totaux. Une trop grande concentration d'ions sulfates en solution dans les essais défavorise la solubilité du Pb. En regard des coûts d'applicabilité et des rendements d'enlèvement des métaux, parmi les procédés étudiés dans cette recherche, le procédé choisi est un procédé de solubilisation biologique suivi d'une décantation et d'un traitement chimique. La solubilisation biologique est faite à partir d'ajout d'inoculum de thiobacilles (20% inoculum (v/v)), d'ajout de sulfate ferreux (20% (p/p)). Le traitement chimique consiste en l'ajout de 0.08 mL $FeCl_3$/g séd. sec aux sédiments qui ont été décantés. Le coût de ce procédé est de 28$/t sédiment sec. Avec ce procédé dans les sédiments du canal Lachine, des enlèvements réels du Pb de 52%, du Zn de 77%, du Cu de 69% et du Cr de 4% ont été atteints . Il n'y a pas eu d'enlèvement total du Ni avec ce traitement, mais d'autres essais devraient être faits pour cet élément. Pour ce qui est de la diminution de l'ion libre, elle est de 83.7% pour le Pb, 89.6% pour le Zn, 75.5% pour le Cu et 82.4% pour le Ni.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION.....1

Chapitre 1-**REVUE DE LA DOCUMENTATION**.....3

1.1 **Problématique**.....5

1.2 **Répartition des métaux traces dans les sédiments**.....7

1.3 **Relation entre les métaux traces dans les sédiments et les organismes vivants**.....11

1.4 **Mesure de la biodisponibilité des métaux traces**.....12
1.4.1 Les tests d'élutriation.....15
1.4.2 Les bioessais.....17
1.4.3 Extraction sélective et modèle.....18

1.5 **Procédé d'enlèvement des métaux lourds**.....20
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
1.5.2 Procédé de solubilisation chimique des métaux dans les boues résiduaires, les sédiments et les cendres.....29

Chapitre 2-**MATÉRIEL ET MÉTHODES**.....33

2.1 **Objectifs**.....35

2.2 **Matériel**.....39

2.2.1 Sédiments utilisés.....39
2.2.2 Substrats utilisés.....41
2.2.3 Souche bactérienne utilisée.....41

2.2.3a Souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ après acidification des sédiments avec H_2SO_4.....43
2.2.3b Souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ après acidification des sédiments avec HCl.....43
2.2.3c Souche acclimatée au $FeCl_2$ après acidification des sédiments avec HCl.....44
2.2.3d Souche acclimatée au $FeCl_2$ après acidification des sédiments avec H_2SO_4.....44

2.2.4 Montages expérimentaux.....44

2.2.4.1 Essais pour déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation biologique des métaux.....47

2.2.4.1.1 Souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$.....47
2.2.4.1.1i Acidification avec H_2SO_4.....47
2.2.4.1.1i-a Présence de souche indigène et effet du $FeSO_4.7H_2O$ sur la solubilisation biologique des métaux.....47
2.2.4.1.1i-b Effet du pH de départ.....48
2.2.4.1.1i-c Effet du pourcentage d'inoculum.....48
2.2.4.1.1i-d Effet de la quantité de substrat.....49
2.2.4.1.1i-e Effet de l'ajout d'azote.....49
2.2.4.1.1i-f Effet de l'ajout de phosphore.....50
2.2.4.1.1i-g Effet du pourcentage de solides totaux....50
2.2.4.1.1i-h Effet de la température.....51
2.2.4.1.1i-i Effet de la décantation et de l'acidification après 48 heures de traitement.....51
2.2.4.1.1ii Acidification avec HCl.....52

2.2.4.1.2 Souche acclimatée au $FeCl_2$.....52
2.2.4.1.2.1 Effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation biologique des métaux.....52

2.2.4.1.2.2i Acidification avec H_2SO_4.....53
2.2.4.1.2.2i-a Effet de la concentration de Fe.....53
2.2.4.1.2.2i-b Effet du pourcentage de solides totaux (1 et 2% Fe).....53

2.2.4.1.2.2ii Acidification avec HCl.....53
2.2.4.1.2.2ii-a Effet du pH de départ (1 et 2% Fe).....53
2.2.4.1.2.2ii-b Effet de la température.....54
2.2.4.1.2.2ii-c Effet du pourcentage de solides totaux.....54

2.2.4.2 Essais pour déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation chimique des métaux.....54

2.2.4.2.1 Solubilisation chimique des métaux avec $FeCl_3$.....55

2.2.4.2.2 Solubilisation chimique des métaux avec HCl.....55

2.2.4.2.3 Solubilisation chimique des métaux avec HCl et $FeCl_3$.....55

2.2.4.2.3a Effet du pH.....55
2.2.4.2.3b Effet de la concentration de $FeCl_3$.....56
2.2.4.2.3c Effet de la décantation et de l'acidification après 24 heures.....56
2.2.4.2.3d Effet de la température à différents pH.....56
2.2.4.2.3e Effet du pourcentage de solides totaux.....57

2.2.4.3 Optimisation du procédé par voie chimique.....57

2.2.4.3a Essai avec $FeCl_3$ et HCl.....57
2.2.4.3b Essai avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$.....58

2.2.4.4 Optimisation du procédé de solubilisation par voie biologique et/ou chimique.....58

2.2.4.4.1 Solubilisation avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$.....59
2.2.4.4.1a suivi d'une acidification au HCl.....59
2.2.4.4.1b suivi d'une décantation et d'un traitement au sel.....60
2.2.4.4.1bi avec acidification des sédiments au départ (temps=0).....60
2.2.4.4.1bii sans acidification des sédiments au départ (temps=0).....61
2.2.4.4.1c suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$ (sans acidification au départ).....62

2.2.4.4.2 Solubilisation avec une souche acclimatée au $FeCl_2$.....64
2.2.4.4.2a suivi d'une décantation et d'une acidification.....64

2.3 **Mesures et échantillonnages**.....64

2.3.1 Potentiel d'oxydo-réduction (POR) et pH.....64

2.3.2 Analyse des métaux du P, S et C.....64

2.3.3 Analyse des solides totaux, volatils et inertes dans les sédiments.....66

2.3.4 Analyse des solides totaux, volatils et inertes en suspension.....66

2.3.5 Estimation de la solubilisation de la matière organique.....67

2.3.6 Extraction séquentielle des métaux dans les sédiments.....67

2.3.7 Détermination de la concentration de l'ion libre M^{z+}...68

2.3.8 Détermination du carbone total, de l'azote total et du soufre total contenus dans les sédiments.....71

2.3.9 Détermination de la granulométrie des sédiments.....71

Chapitre 3-**ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS, I^{ière} PARTIE; étude des facteurs affectant la solubilisation des métaux**.....73

3.1 **Procédé de solubilisation par voie biologique**.....75

3.1.1 Étude de l'influence des facteurs affectant la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$.....76

3.1.1.1 Acidification avec H_2SO_4.....76

3.1.1.1a Souche indigène et effet du $FeSO_4.7H_2O$ sur la solubilisation.....76
3.1.1.1b Effet du pH de départ.....80
3.1.1.1c Effet du pourcentage d'inoculum.....82
3.1.1.1d Effet de la quantité de substrat.....86
3.1.1.1e Effet de l'ajout de l'azote.....89
3.1.1.1f Effet de l'ajout du phosphore.....92
3.1.1.1g Effet du pourcentage de solides totaux.....95
3.1.1.1h Effet de la température.....98
3.1.1.1i Effet de la décantation et de l'acidification après 48 heures de traitement...102

3.1.1.2 Acidification des sédiments au départ avec HCl (pH=2).....104

3.1.2 Étude de l'influence des facteurs affectant la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments avec une souche acclimatée au $FeCl_2$.....107

3.1.2.1 Acidification des sédiments au départ

avec H_2SO_4.....107

3.1.2.1a Effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation.....108
3.1.2.1b Effet de la concentration de Fe.....112
3.1.2.1c Effet du pourcentage de solides totaux.....112

3.1.2.2 Acidification des sédiments au départ avec HCl.....121
3.1.2.2a Effet du pH de départ.....121
3.1.2.2b Effet de la température.....123
3.1.2.2c Effet du pourcentage de solides totaux.....127

3.1.3 L'enlèvement des métaux par voie de solubilisation biologique des métaux; Résumé et recommandations.....131

3.1.3.1 Résumé des essais.....132
3.1.3.2 La solubilisation des métaux et de P, S, C.....136
3.1.3.2a Les cas Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, S, C.....136
3.1.3.2b Le cas du Zn.....139
3.1.3.2c Le cas du Pb.....140
3.1.3.3 Coût et applicabilité.....148

3.2 **Procédé de solubilisation par voie chimique**.....151

3.2.1 Solubilisation chimique des métaux avec du $FeCl_3$.....152

3.2.2 Solubilisation chimique des métaux avec HCl.....154

3.2.3 Solubilisation des métaux avec HCl et $FeCl_3$..... 156

3.2.3a Effet du pH.....157
3.2.3b Effet de la concentration de $FeCl_3$.....159
3.2.3c Effet de la décantation et de l'acidification après 24 heures.....161
3.2.3d Effet de la température à différent pH de départ....163
3.2.3e Effet de la concentration des solides totaux.....165

3.2.4 L'enlèvement des métaux par voie de solubilisation chimique; Résumé et recommandations.....167

3.2.4.1 Resumé des essais.....168
3.2.4.2 La solubilisation des métaux et du P, S et C.....169
3.2.4.2a Les cas de Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn Ni, P, S et C.....169
3.2.4.3 Coût et applicabilité.....172

Chapitre 4-**ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS, IIième PARTIE: OPTIMISATION DU PROCÉDÉ DE SOLUBILISATION DES MÉTAUX PAR VOIE BIOLOGIQUE ET/OU CHIMIQUE SUR**

DIFFÉRENTS SÉDIMENTS.....175

4.1 **Choix du(es) procédé (s) potentiellement applicable(s)**...178

4.1.1 Procédé de solubilisation avec HCl et $FeCl_3$.....184
4.1.2 Procédé de solubilisation avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$.....195
4.1.3 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ et acidification des sédiments à pH 1.75 après 48 heures de traitement.....199
4.1.4 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel (acidification des sédiments au départ à pH=4).....205
4.1.5 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel (sans acidification des sédiments au départ).....216
4.1.6 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$ (sans acidification des sédiments au départ).....217
4.1.7 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ suivi d'une décantation et acidification à pH 1.75.....224
4.1.8 Détermination du(es) procédé(s) potentiellement le(s) plus applicable(s).....233

4.2 **Différents aspects concernant le(s) procédé(s) applicable(s)**..... 235

4.2.1 La solubilisation de l'As, du P, du S, de l'Al, de l'Al, du Ca et du Mg.....236
4.2.2 La solubilisation de la matière organique.....237

4.3 Effet de la décantation et du rinçage sur l'enlèvement des métaux.....237

Chapitre 5-**CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**.....241
RÉFÉRENCES.....249
ANNEXES.....273

LISTE DES FIGURES

Pages

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 Essais en vue de l'optimisation du procédé d'enlèvement des métaux dans les sédiments du fleuve St-Laurent.....38

Figure 2.4 Schéma expérimental suivi.....45

Figure 3.1 POR et pH lors de la vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet du substrat, le $FeSO_4.7H_2O$, sur la solubilisation des métaux (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....77

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 $FeSO_4.7H_2O$ (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....78

Figure 3.3 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, lors des essais avec différents pourcentages d'inoculum (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....83

Figure 3.4 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec différents pourcentages d'inoculum (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....84

Figure 3.5 Solubilisation biologique du Zn et du Pb, lors des essais avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec ajout de différentes quantités de $FeSO_4.7H_2O$ (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....87

Figure 3.6 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au

$FeSO_4.7H_2O$, avec ajout de différentes quantités de $FeSO_4.7H_2O$ (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....88

Figure 3.7 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec ajout de différentes quantités d'azote (mg NH_4^+/10.8 g séd. sec et acidification des sédiments avec H_2SO_4).....91

Figure 3.8 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec ajout de différentes quantités de phosphore (mg PO_4^{-3}/12 g séd. sec et acidification des sédiments avec H_2SO_4).....94

Figure 3.9 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, 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 H_2SO_4).....96

Figure 3.10 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, pour différentes concentrations en solides totaux (ST) et acidification des sédiments à pH 1.75 avec HCl après 48 heures (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....97

Figure 3.11 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, à différentes températures (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....101

Figure 3.12 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, pour les essais avec décantation et acidification après 46 heures et pour les essais avec une simple acidification (acidification des sédiments au départ avec H_2SO_4).....103

Figure 3.13 POR, pH et solubilisation biologique du Zn, Cu et Pb dans les essais avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ et acidification initiale des sédiments, à pH=2, avec HCl.....105

Figure 3.14 POR et pH lors de la vérification de l'effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation biologique (acidification des sédiments

avec H_2SO_4).....109

Figure 3.15 Solubilisation du Zn et du Pb lors de la vérification de l'effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation biologique (acidification des sédiments avec H_2SO_4).....110

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).....113

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 $FeCl_2$).....114

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 $FeCl_2$)...116

Figure 3.19 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 2% Fe avec $FeCl_2$).....117

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).....125

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).....128

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).....129

Figure 3.23 POR et pH moyens observés lors des différents essais de solubilisation biologique étudiés.....134

Figure 3.24 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec $FeCl_3$ lors des essais à différents pH.....153

Figure 3.25 Solubilisation chimique du Zn, du Pb et du Cu avec HCl lors des essais à différents pH de départ.....155

Figure 3.26 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec $FeCl_3$ (0.08 mL $FeCl_3$/g sédiment sec) et HCl lors des essais à différents pH.....158

Figure 3.27 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec $FeCl_3$ (0.08 mL $FeCl_3$/g sédiment sec) et HCl, lors des essais visant à vérifier l'effet de la décantation (déc.) et acidification (acid.) après 23 heures.....162

Figure 5.1 Décontamination des sédiments.....247

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 Provenance [*1], date de prélèvements et pH des différents sédiments.....40

Tableau 2.2.Caractéristiques des différents sédiments utilisés pour les essais d'enlèvement des métaux.....40

Tableau 2.3 Teneur en métaux des divers substrats utilisés.....42

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).....81

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).....90

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).....93

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).....99

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.....122

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).....124

Tableau 3.7 Concentration de Pb soluble calculée pour les essais avec de hautes teneurs en soufre (H_2SO_4+$FeSO_4.7H_2O$).....142

Tableau 3.8 Concentration de Pb soluble calculée pour les essais avec de faibles teneurs en soufre et en chlorure (H_2SO_4+ $FeSO_4.7H_2O$).....142

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 (H_2SO_4+ $FeSO_4.7H_2O$).....143

Tableau 3.10 Coûts approximatifs en produits chimiques, avantages et désavantages des diverses options expérimentées.....150

Tableau 3.11 Effet de la concentration du chlorure ferrique sur la solubilisation chimique (acidification avec HCl).....160

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).....164

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.....166

Tableau 3.14 Coûts approximatifs en produits chimiques, avantages et désavantages des diverses options expérimentées pour la solubilisation chimique.....174

Tableau 4.1 Coût de l'enlèvement des métaux et de l'ion de remplacement M^{z+} pour différents types de sédiments suite à l'application de divers traitements de solubilisation des métaux.....179

Tableau 4.2 Suivi des métaux dans le sédiment #2 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$.....185

Tableau 4.3 Suivi des métaux dans le sédiment #3 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$.....185

Tableau 4.4 Suivi des métaux dans le sédiment #6 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$.....185

Tableau 4.5 Suivi des métaux dans le sédiment #8 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$.....186

Tableau 4.6 Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$.....186

Tableau 4.7 Répartition du Zn dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #2: traitement #1.....188

Tableau 4.8 Répartition du Zn, Cu et Ni dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #3: traitement #1.....189

Tableau 4.9 Répartition du Fe dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #6: traitement #1.....192

Tableau 4.10 Répartition du Ni et du Fe dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #8: traitement #1.....192

Tableau 4.11 Répartition du Pb, Zn, Cu, Ni et Cr dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #11: traitement #1 (t après traitement=29h).....193

Tableau 4.12 Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$ (avec H_2O_2).....197

Tableau 4.13 Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$ (sans H_2O_2).....197

Tableau 4.14 Suivi des métaux dans le sédiment #2 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec

une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$
complété par une acidification au HCl
après 45 heures.....200

Tableau 4.15 Suivi des métaux dans le sédiment #3
lors de l'application du traitement
de solubilisation biologique avec
une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$
complété par une acidification au HCl
après 45 heures.....200

Tableau 4.16 Suivi des métaux dans le sédiment #8
lors de l'application du traitement
de solubilisation biologique avec
une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$
complété par une acidification au HCl
après 71 heures.....200

Tableau 4.17 Répartition du Zn dans les différentes
fractions lors de l'extraction sélective
dans le sédiment #2: traitement #3 (t après
traitement=52h).....201

Tableau 4.18 Répartition du Zn, Cu et Ni dans les
différentes fractions lors de l'extraction
sélective dans le sédiment #3: traitement
#3.....202

Tableau 4.19 Répartition du Ni et du Fe dans les
différentes fractions lors de l'extraction
sélective dans le sédiment #8: traitement #3
(t après traitement=72h).....204

Tableau 4.20 Suivi des métaux dans le sédiment #3
lors de l'application du traitement
de solubilisation biologique avec
une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$
complété par une décantation et un traitement
au sel après 46 heures.....207

Tableau 4.21 Suivi des métaux dans le sédiment #6
lors de l'application du traitement
de solubilisation biologique avec
d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$
complété par une décantation et un traitement
au sel après 46 heures.....207

Tableau 4.22 Suivi des métaux dans le sédiment #11
lors de l'application du traitement
de solubilisation biologique avec
une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$
complété par une décantation et un traitement

au sel (0.5 M) après 46 heures.....208

Tableau 4.23 Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ complété par une décantation et un traitement au sel (0.2 M) après 46 heures.....208

Tableau 4.24 Répartition du Zn, Cu et Ni dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #3: traitement #4 (t après traitement=48h).....209

Tableau 4.25 Répartition du Pb, Zn, Cu et Cd dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #6: traitement #4 (t après traitement=48h).....211

Tableau 4.26 Répartition du Pb dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #11: traitement #1 et traitement #4.....214

Tableau 4.27 Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ complété par une décantation et un traitement au sel (0.5 M) sans acidification des sédiments au départ.....218

Tableau 4.28 Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ complété par une décantation et un traitement au $FeCl_3$ (0.08 mL $FeCl_3$/g séd. sec) sans acidification des sédiments au départ.....220

Tableau 4.29 Répartition du Pb, Zn, Cu, Ni et Cr dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #11: traitement #6 (t après traitement=48h).....221

Tableau 4.30 Suivi des métaux dans le sédiment #6 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ complété par une décantation et une acidification des sédiments à pH 1.75 avec HCl après 71 heures.....226

Tableau 4.31 Suivi des métaux dans le sédiment #11
lors de l'application du traitement
de solubilisation biologique avec
une souche acclimatée au $FeCl_2$
complété par une décantation et une
acidification des sédiments à
pH 1.75 avec HCl après 71 heures.....226

Tableau 4.32 Répartition du Pb, Zn, Cu et Cd dans les
différentes fractions lors de l'extraction
sélective dans le sédiment #6: traitement #7
(t après traitement=74h).....227

Tableau 4.33 Répartition du Ni dans les
différentes fractions lors de l'extraction
sélective dans le sédiment #11: traitement #7.....232

INTRODUCTION

Le dragage des voies navigables et des ports est souvent nécessaire pour permettre la navigation maritime. Des quantités importantes de sédiments sont dragués chaque année dans le système fluvial et la plupart de ceux-ci sont rejetés en eau libre. Cependant, une proportion de ces sédiments est trop contaminée pour un rejet en eau libre et le confinement en milieu terrestre est alors requis. Ce confinement est coûteux en plus de toujours présenter un risque de non-étanchéité à long terme qui pourrait amener la contamination de l'environnement.

Un procédé d'enlèvement biologique des métaux lourds dans les boues d'épuration a été développé à l'INRS-Eau. Ce procédé est appliqué aux boues aérobies ou anaérobies; ce qui laisse supposer qu'il pourrait être appliqué et optimisé pour la décontamination des sédiments. Le but de ce travail est le développement d'un procédé de décontamination biologique et/ou chimique appliqué aux sédiments du fleuve St-Laurent et aux sédiments en général.

Dans un premier temps, différents essais en erlenmeyer ont été faits afin de déterminer l'influence de certains facteurs sur la solubilisation biologique et chimique dans les sédiments contaminés du fleuve St-Laurent. Différentes combinaisons ont été expérimentées en regard du rendement de solubilisation et des coûts d'application. Puis dans un second temps, l'optimisation du procédé d'enlèvement des métaux en cuvée de 2 L a été faite. À partir de ces résultats, il sera possible d'appliquer le traitement

de décontamination des métaux dans de plus gros réacteurs et à une plus grande échelle.

Parallèlement à ces essais, l'extraction sélective sera effectuée sur les sédiments traités afin d'évaluer la diminution de la quantité de métaux totaux et la biodisponibilité des métaux, suite au procédé de décontamination, à l'aide de la détermination de la concentration de l'ion libre .

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 10^6 m^3 par année (Ludwig et al., 1989), de 3 000 à 300 000 m^3 par année sur la côte atlantique canadienne (Leving, 1982) et au-dessus de $10*10^6$ m^3 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 $1*10^6$ m^3(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 rejettés 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 x 10^6 m^3 de matériaux dragués ont été déposés en aire confinée comparativement à 0.9 x 10^6 m^3 rejettés 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	2.5-30	1.1-67	5-104	4.3-42		
Matanzas bays	20-56	20-152	45-229	15-60		
Cienfuegos bays	2-156	40-166	16-56	25-145		Gonzalez, 1991
S.de Cuba	9-146	36-699	3.0-26	31-463		
Havana (Cuba)	42-301	142-995	32-102	97-276		
Deba	45-245	135-7900	50-1420	30-905	0.05-1.92	
Urola	90-220	505-2100	110-390	125-200	ND-1.10	
Oria	50-165	220-930	85-170	45-160	ND-1.37	
Urumea	410-6700	1200-57500	135-2800	85-1300	0.15-62.3	Sola et al., 1991
Oyarzun	150-475	585-5220	135-210	45-195	ND-0.85	
Bidasoa (Guipuzcoa, Espagne)	90-340	75-910	120-180	45-110	ND-0.3	
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	161	229		91	0.97	Buckley et Hargrave,1989
(NS, Canada)	231	274		109	1.25	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'Ile 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 $NH_2OH.HCl$/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_2O_2 ajusté à pH 2 avec HNO_3 puis à la température de la pièce avec 3.2 mole NH_4OAc/L dans 20% (v/v) HNO_3) 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 $HClO_4$ 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 ichtyologique (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 élutriats 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 élutriats 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 rejetté 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 rejettés 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 15e percentile représente le seuil d'effets mineurs et le 90e 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 léthalité 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 $Fe(OH)_x$ 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 correlée 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 $Fe(OH)_x$ 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^{z+}] 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 calculer la concentration de M^{z+} 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:

$$Fe\text{-}OH_x + M^{z+} \underset{\longleftarrow}{\overset{K_a}{\longrightarrow}} FeOM + x\ H^+ \qquad (1.1)$$

$$\text{et, } [M^{z+}] = \frac{\{FeOM\}\ [H]^x}{\{FeOH_x\}\ K_a} \qquad (1.2)$$

où K_a correspond à la constante d'équilibre globale apparente; x le nombre apparent moyen de protons libérés au cours de la réaction; $\{FeOH_x\}$ et {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 [SEM]/[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 recoivent 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)

$$MS + 2O_2 \xrightarrow[\text{Thiobacilli}]{} MSO_4 \qquad (1.3)$$

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_2SO_4 et T. ferrooxidans oxydent le Fe^{+2} en Fe^{+3}. Et à 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

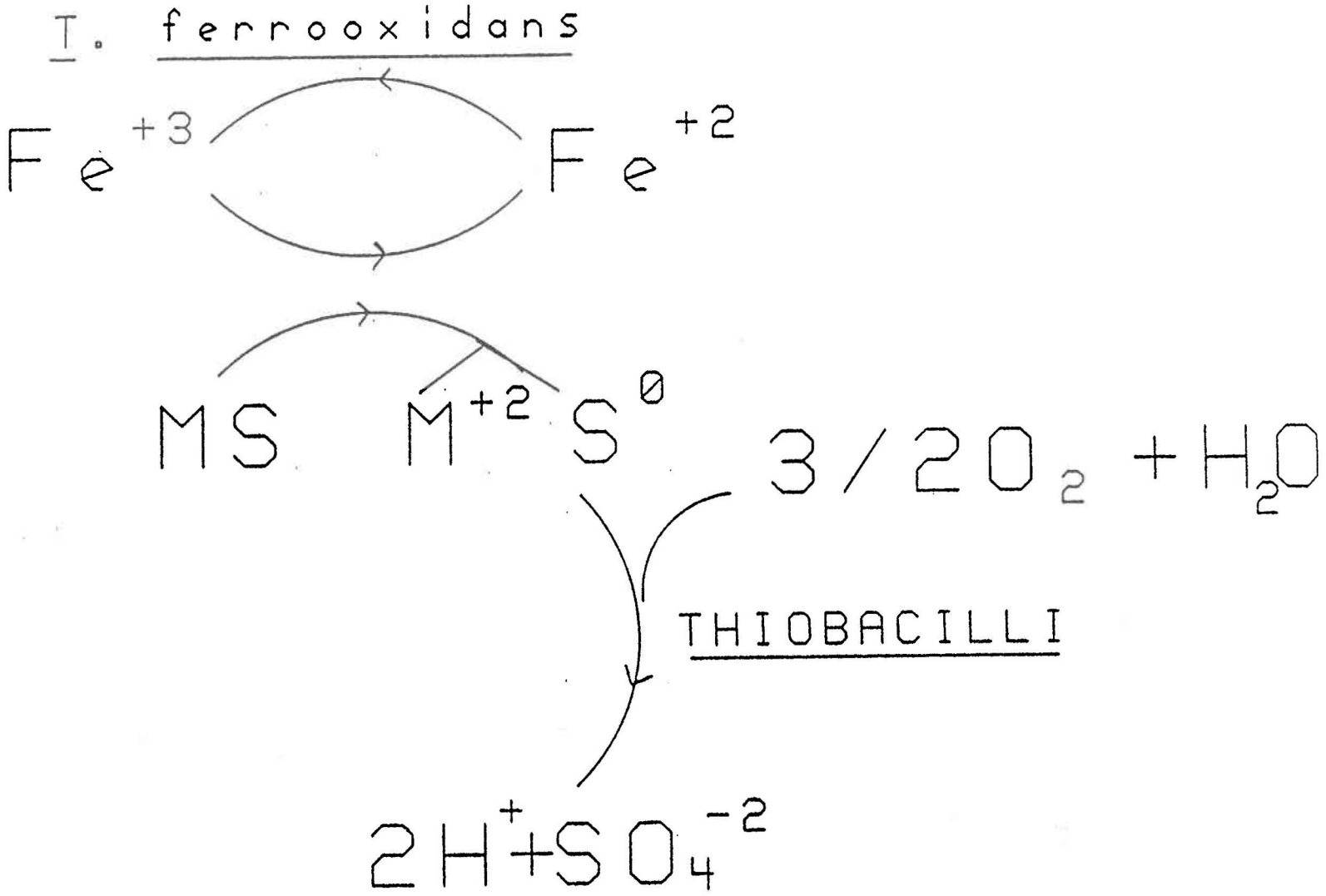


Figure 1.1 Mécanisme indirect de solubilisation biologique des métaux.

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 est ensemencée 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 $FeSO_4.7H_2O$ 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 (μ) 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 $FeSO_4.7H_2O$ 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 $FeSO_4.7H_2O$ 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 $FeSO_4.7H_2O$

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_2SO_4 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 résiduaires 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 étudiés 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 $Ca(OH)_2$/g boues sèches traitées et 0.044 g $Ca(OH)_2$/g boues sèches traitées pour un total de 0.118 g $Ca(OH)_2$/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 $Fe(OH)_3$, 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 $N\text{-}NH_4^+$ après le traitement. L'azote ammoniacal est en partie transformé en azote organique. Cette diminution de $N\text{-}NH_4^+$ 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., 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$^{US}/t sèche pour traiter des boues dès la fin du traitement secondaire jusqu'à l'épandage agricole . Le coût se situe à 361$^{US}/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 résiduaires, 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 0.5-0.8g de H_2SO_4/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. Lorqu'un sulfure de métal (MS) est immergé dans une solution de chlorure ferrique, la réaction suivante se produit;

$$MS + 2Fe^{+3} \longrightarrow M^{+2} + 2Fe^{+2} + S^{o} \qquad (1.4)$$

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 cuvée 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, 2.2 et 2.3 résument les différents essais réalisés dans 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 et 2000 mL;

2-Évaluer la réponse de divers types de sédiments aux différents traitements de solubilisation appliqués;

3-Évaluer l'efficacité de différents types de souches bactériennes acclimatées à divers substrats;

4-Étudier l'efficacité des différents types d'acidification et de traitements;

5-Évaluer l'effet d'une décantation et/ou d'une acidification en fin de traitement sur la solubilisation des métaux;

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

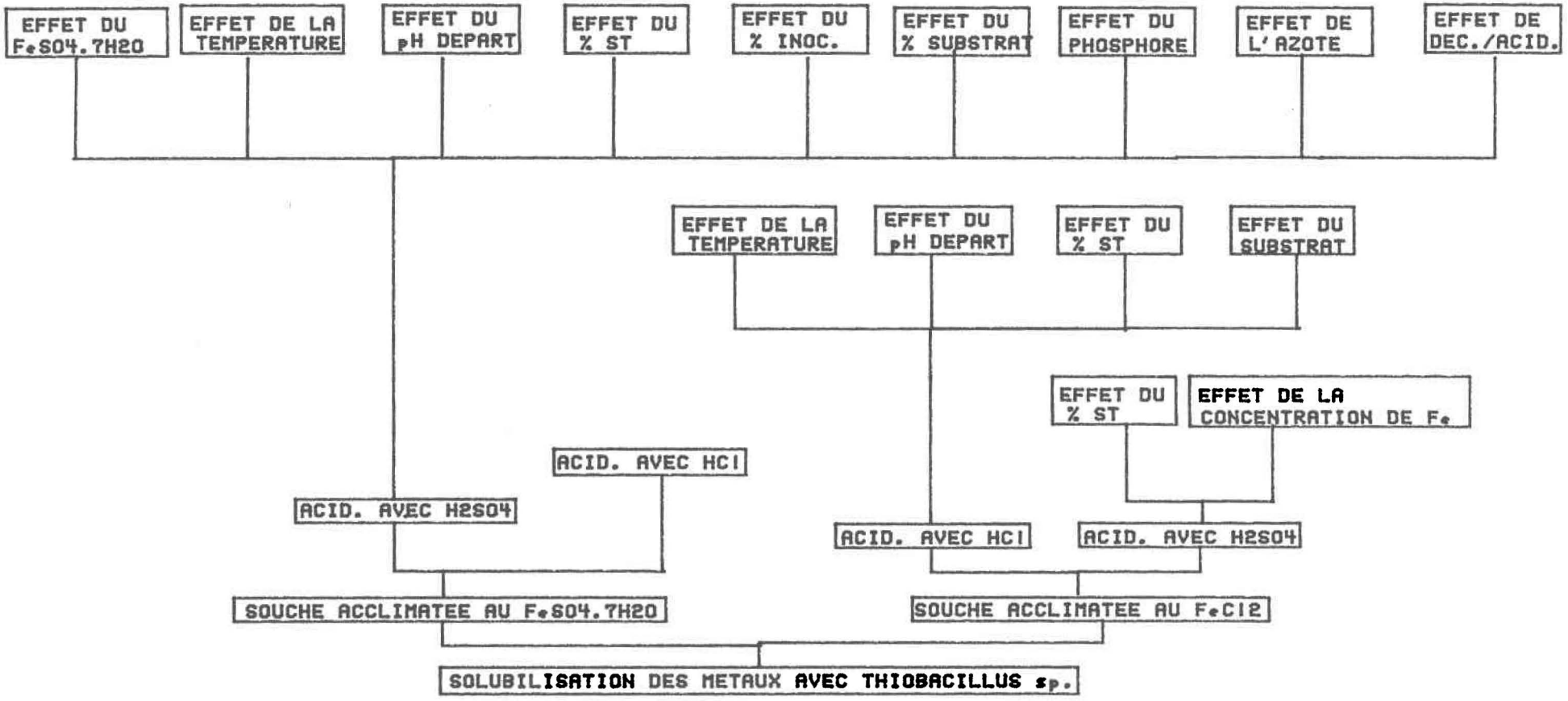


FIGURE 2.1: ESSAIS POUR DETERMINER L'INFLUENCE DE CERTAINS FACTEURS SUR LA SOLUBILISATION BIOLOGIQUE DES METAUX (SED. 12)

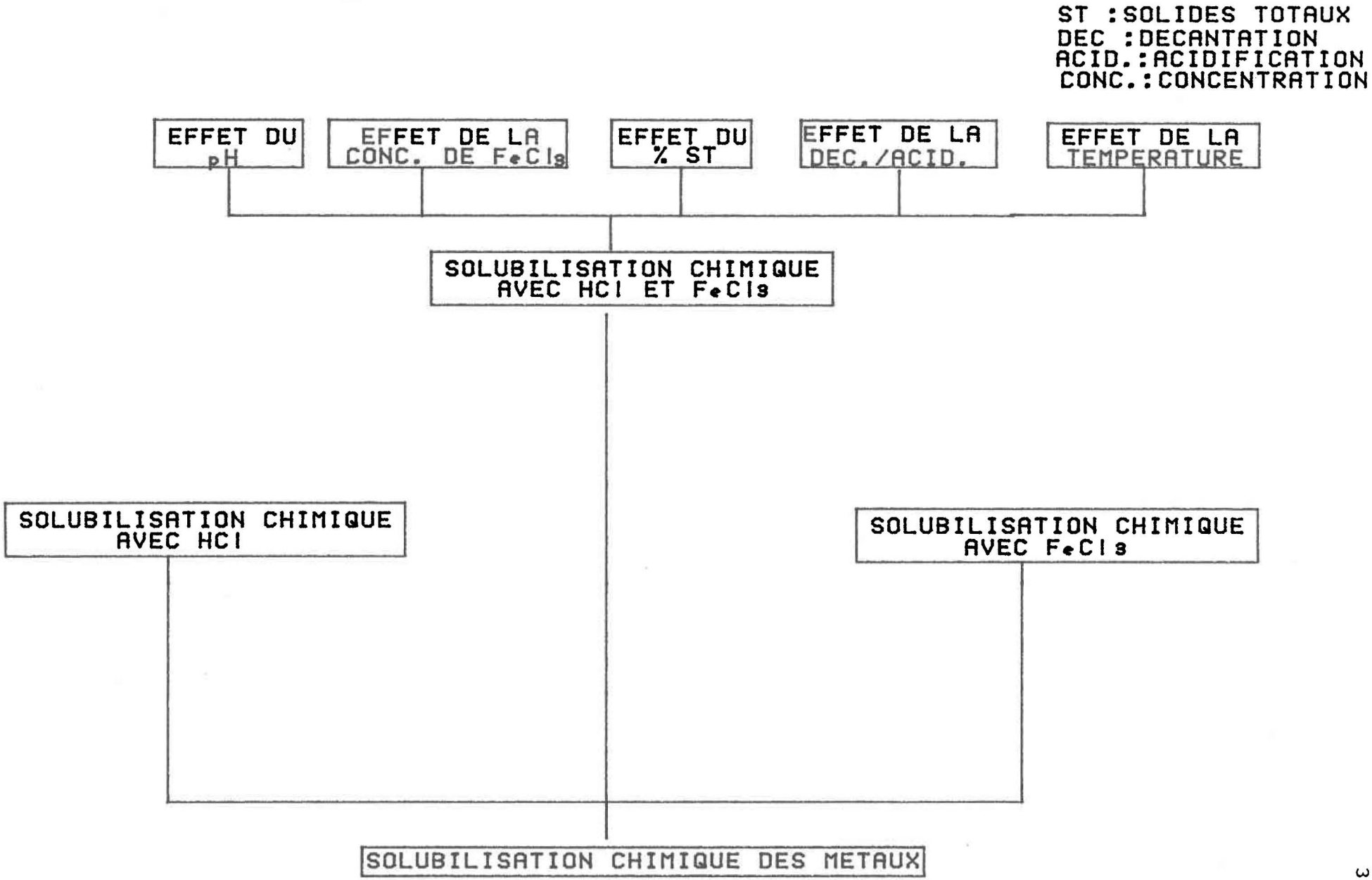


FIGURE 2.2: ESSAIS POUR DETERMINER L'INFLUENCE DE CERTAINS FACTEURS SUR LA SOLUBILISATION CHIMIQUE DES METAUX (SED 12)

T :TEMPS
ACID.:ACIDIFICATION
DEC.:DECANTATION

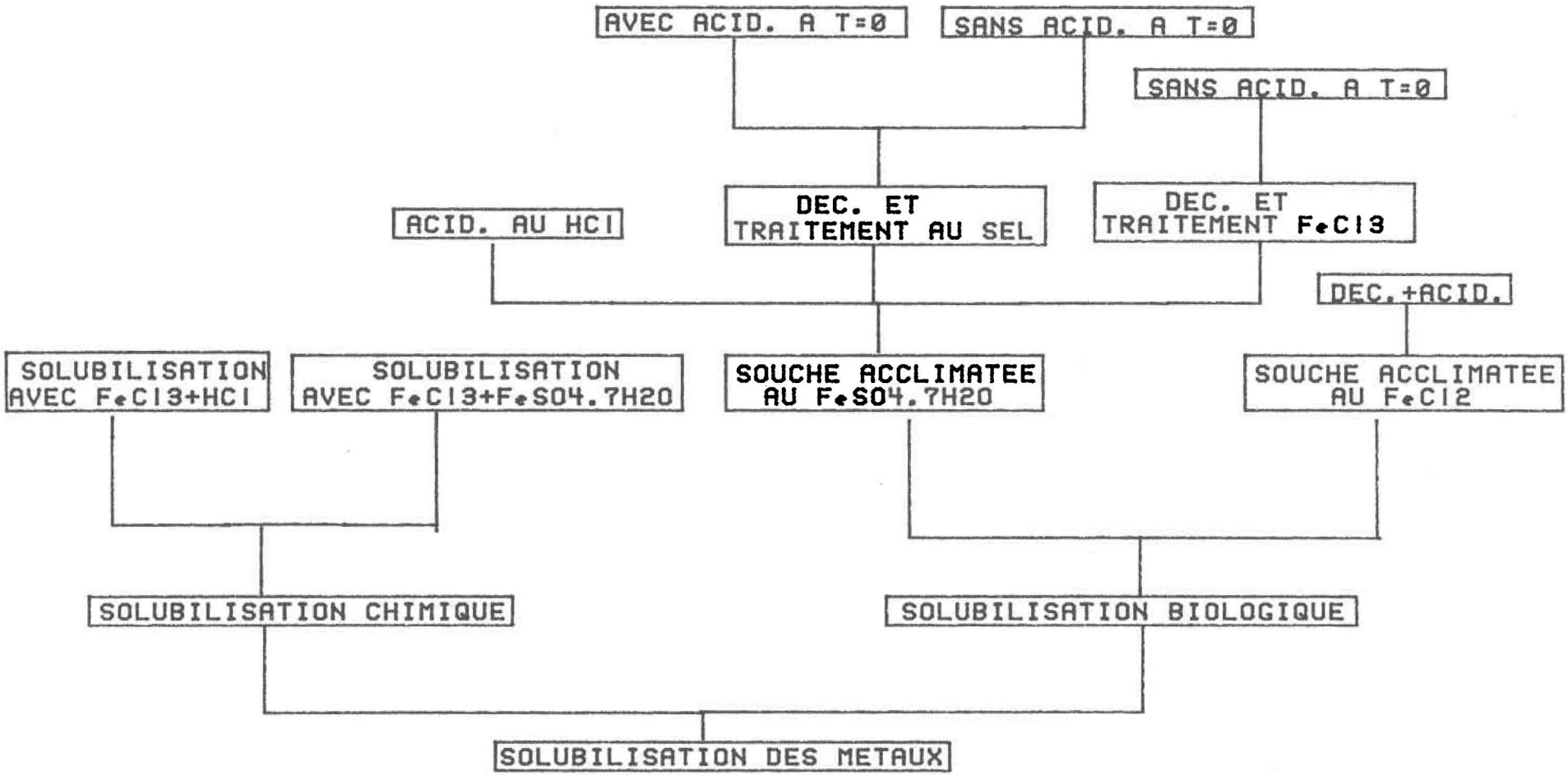


FIGURE 2.3: ESSAIS EN VUE DE L'OPTIMISATION DU PROCEDE D'ENLEVEMENT DES METAUX DANS LES SEDIMENTS DU FLEUVE ST-LAURENT

6-Évaluer les effets du rinçage avec de l'eau en fin de procédé sur les rendements de solubilisation des métaux;

7-Évaluer la qualité de la décantation suite aux traitements de solubilisation des métaux;

8-Évaluer la filtrabilité des sédiments traitées;

9-Faire un bilan sur les métaux restant dans les sédiments suite à la séparation solide-liquide;

10-Déterminer la concentration de l'ion M^{z+} afin de quantifier et de qualifier la décontamination des sédiments; et,

11-Déterminer le procédé potentiellement le plus applicable en regard des coûts et du rendement d'enlèvement des métaux.

2.2 **Matériel**

2.2.1 Sédiments utilisés

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[*1], 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[*2]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 d'enlèvement des métaux (% en poids).

Sédiment	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	Matière organique (%)	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 ($FeSO_4.7H_2O$) et le chlorure ferreux ($FeCl_2$). Le chlorure ferrique ($FeCl_3$) 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) au coût 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. (Varennes) 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

	Pb	*Cu*	*Zn*	*Mn*	*Ni*	*Cr*	*Fe**	*As*	*Hg*	*Cd*
FeSO4.7H2O (mg/kg)	20.3	2.5	620	350	50.0	7.5	20.1	-	-	0
FeCl2 (mg/L)	0	12.5	65	927	20.0.	175	12.7	10	<.02	0
FeCl3 (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 $FeSO_4.7H_2O$ après acidification des sédiments avec H_2SO_4

Les bactéries ont été acclimatées aux sédiments du canal Lachine (sédiment #12), préalablement acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4. L'acclimatation s'est faite sur une période de 1 mois. A tous les deux jours, du substrat (20% p/p de $FeSO_4.7H_2O$) 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 $FeSO_4.7H_2O$ 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 $FeSO_4.7H_2O$ à raison de 5% (p/p) $FeSO_4.7H_2O$ ont été ajoutés de façon régulière à l'inoculum provenant du sédiment #12.

2.2.3b Souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ après acidification des sédiments avec HCl

Les souches adaptées utilisant du $FeSO_4.7H_2O$ sont acclimatées à des sédiments (3% solides totaux) préalablement acidifiés à pH=4 avec HCl au lieu de H_2SO_4. Ces sédiments sont ajoutés de façon régulière sur une période de plusieurs jours. En même temps, le $FeSO_4.7H_2O$ 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 H_2SO_4 (pH=4) et utilisant le $FeSO_4.7H_2O$ comme substrat.

2.2.3c Souche acclimatée au $FeCl_2$ après acidification des sédiments avec HCl

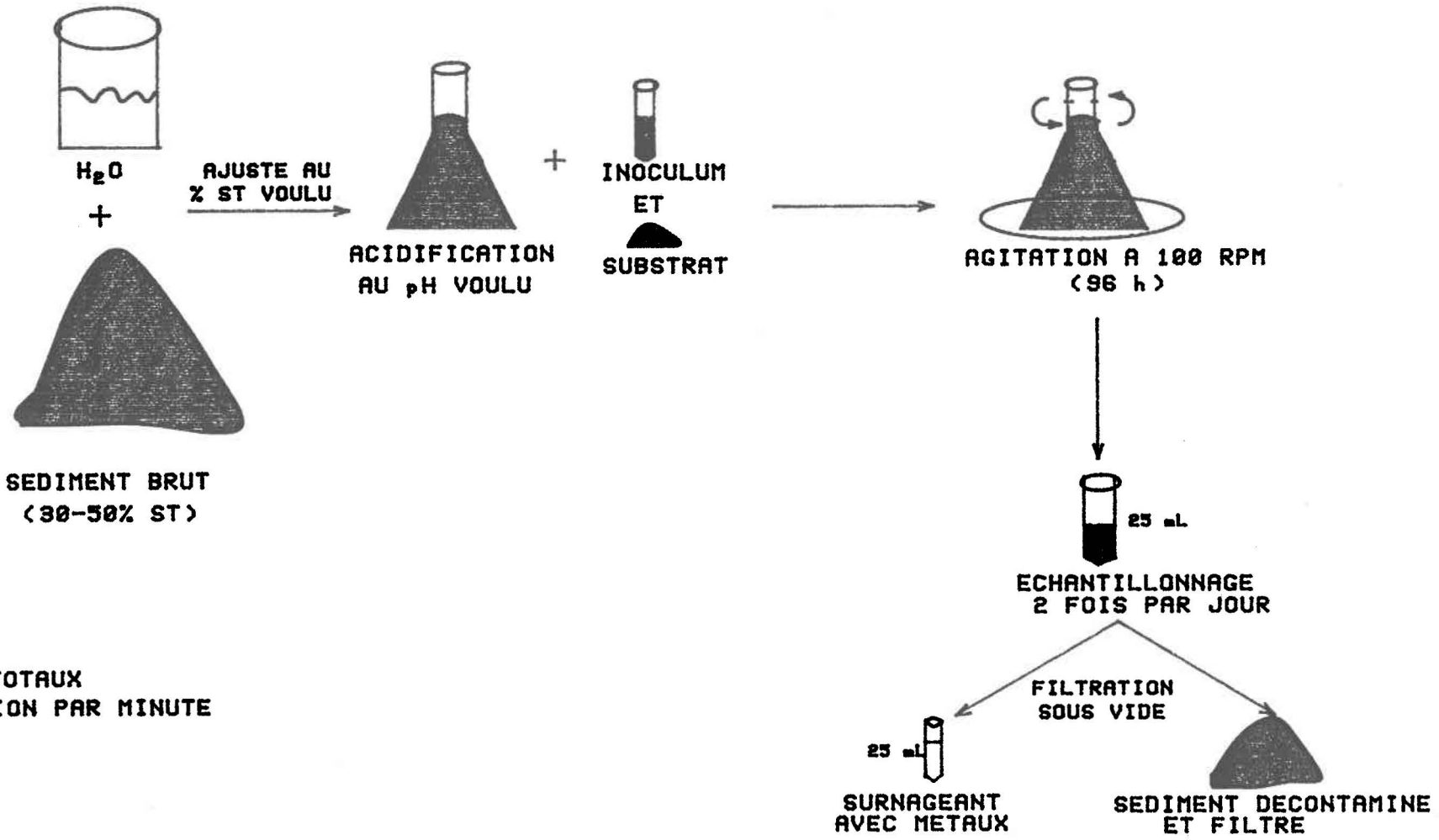
L'inoculum initial provient de celui acclimaté au $FeSO_4.7H_2O$ et aux sédiments acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4. Sur une période de plusieurs jours, une certaine quantité de sédiment (100 mL à 3% solides totaux), acidifiée à pH=4 avec HCl, et du $FeCl_2$ comme substrat (2% Fe) sont ajoutés.

2.2.3d Souche acclimatée au $FeCl_2$ après acidification des sédiments avec H_2SO_4

Pour l'inoculum adapté au $FeCl_2$, l'inoculum initial utilisé est celui acclimaté au $FeCl_2$ et aux sédiments acidifiés avec HCl. Sur une période de plusieurs jours, de façon régulière, des sédiments acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4 et une quantité de $FeCl_2$ correspondant à 2% Fe sont ajoutés.

2.2.4 Montages expérimentaux

La figure 2.4 illustre le schéma expérimental suivi. Le travail peut être divisé en quatre parties: soit la détermination de l'influence de certains facteurs sur la solubilisation biologique dans un premier temps, puis sur la solubilisation chimique dans un deuxième temps, l'optimisation du procédé de solubilisation des métaux dans les sédiments dans un troisième



ST :SOLIDES TOTAUX
RPM :REVOLUTION PAR MINUTE

FIGURE 2.4 SCHEMA EXPERIMENTAL SUIVI

temps et enfin dans un quatrième temps, l'estimation, via la détermination de la concentration des ions libres en phase dissoute, de la biodisponibilité des métaux dans les sédiments avant et après l'application du traitement de solubilisation des métaux. Pour la détermination de l'influence des facteurs affectant la solubilisation des métaux, les essais avec les sédiments ont été faits dans des erlenmeyers de 500 mL. Pour les essais d'optimisation du procédé de solubilisation, les essais avec les sédiments ont été faits dans des cuvées de 2 L. Pour la majorité des essais, les expériences ont été faites en duplicata.

Tous les essais ont été faits à la température de la pièce (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_2SO_4 ou HCl. L'utilisation de HCl au lieu de H_2SO_4 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 $FeSO_4.7H_2O$

Pour tous les essais inclus dans cette section, l'inoculum utilisé provient d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ (voir section 2.2.3a et 2.2.3b).

2.2.4.1.1i acidification avec H_2SO_4

2.2.3.1.1ia) Présence d'une souche indigène et effet du $FeSO_4.7H_2O$ sur la solubilisation biologique des métaux

Afin de vérifier la présence d'une souche indigène dans les sédiments de même que l'effet du $FeSO_4.7H_2O$, quatre essais ont été faits parallèlement sans inoculum. Dans le premier essai les sédiments utilisés sont acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4 (3% solides totaux) et le substrat, le $FeSO_4.7H_2O$ est rajouté à raison de 20% (p/p). Les deux autres essais contrôles contiennent les sédiments

non-acidifiés, avec $FeSO_4.7H_2O$ (20% p/p) dans un cas et sans $FeSO_4.7H_2O$ dans l'autre cas. Et pour le quatrième essai, les sédiments acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4 et avec du $FeSO_4.7H_2O$ comme substrat (20% p/p) ont été stérilisés, 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% (essaiII) 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% $FeSO_4.7H_2O$ (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 permi d'expérimenter différentes quantités de substrat, le $FeSO_4.7H_2O$: 5% (p/p), 10% (p/p), 30% (p/p), un essai contrôle sans $FeSO_4.7H_2O$ et un essai particulier avec 20% $FeSO_4.7H_2O$ (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 $FeSO_4.7H_2O$ 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 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% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p) et 20% d'inoculum (v/v) ont été ajoutés à des sédiments (3% solides totaux) préalablement acidifiés à pH=4. Dans les trois essais avec ajout d'azote, des quantités fixes d'azote ont été ajoutées en plus; soit 20 mg NH_4^+/10.5 g sec, 50 mg NH_4^+/10.5 g sec et 100 mg NH_4^+/10.5 g sec. Ces quantité correspondent à 0.025 g $(NH_4)_2SO_4$/350 mL, 0.064 g $(NH_4)_2SO_4$/350 mL et 0.128 g $(NH_4)_2SO_4$/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% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p), 20% d'inoculum (v/v) et des sédiments (3% solides totaux) préacidifiés avec H_2SO_4 à pH=4, et 3 essais contenant en plus 3 quantités fixes de phosphore (sous forme de PO_4^{-3}) ajoutés. Les quantités de phosphore ajoutés sont de 9.49 mg PO_4^{-3}/12 g sec, 20 mg PO_4^{-3}/12 g sec et 40 mg PO_4^{-3}/12 g sec. Ces quantités sont ajoutées sous la forme de 7 mg K_2HPO_4/400 mL, 14.4 mg K_2HPO_4/400 mL et 29.4 mg K_2HPO_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 H_2SO_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 H_2SO_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.

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

Deux expériences faites à partir de souches acclimatées au $FeSO_4.7H_2O$ avec acidification des sédiments au H_2SO_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 H_2SO_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 en présence de 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 $FeCl_2$

Dans les essais inclus dans cette section, l'inoculum utilisé provient d'une souche acclimatée au $FeCl_2$ (voir section 2.2.3.c et 2.2.3.d).

2.2.4.1.2.1 Effet du $FeCl_2$ 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 $FeCl_2$, deux essais, un stérile et un non-stérile, ont été faits. Dans chacun des essais, les sédiments (3% solides totaux) sont acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4, puis du $FeCl_2$ 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 H_2SO_4

2.2.4.1.2.2ia) Effet de la concentration de Fe

Deux concentrations de substrat $FeCl_2$ différentes (1 et 2% Fe, p/p), ont été expérimentées pour effectuer la solubilisation biologique des métaux avec une souche acclimatée au $FeCl_2$. Les sédiments sont préalablement acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4. L'inoculum, à raison de 20% (v/v), est ajouté, ainsi que la concentration de $FeCl_2$ 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 $FeCl_2$, ont été expérimentées. Des teneurs de 3 et 7% de solides totaux ont été expérimentées avec 1% Fe (p/p) sous forme de $FeCl_2$ 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 $FeCl_2$. Les sédiments sont préalablement acidifiés à pH=4 avec H_2SO_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 $FeCl_2$ 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 ($FeCl_2$), ajoutée est de 1% Fe. Et aux pH de départ de 2.0 et 4.0, la concentration de substrat ($FeCl_2$) ajoutée est de 2% Fe. Les résultats sont présentés aux annexes 16.

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 $FeCl_2$ et des sédiments acidifiés avec HCl. Le pH de départ est de 4. La concentration de substrat ajouté ($FeCl_2$) 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 H_2SO_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 $FeCl_3$

Deux essais avec des pH de départ de 1.5 et 2.0 ont été faits avec $FeCl_3$. Il faut rappeler que le $FeCl_3$ qui provient d'un résidu industriel a une certaine capacité acidifiante. La quantité de solution de $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$

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 $FeCl_3$/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 $FeCl_3$

Des concentrations de $FeCl_3$ de 0.12, 0.082 et 0.041 mL $FeCl_3$/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 $FeCl_3$/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 $FeCl_3$/g sédiment sec puis acidification des sédiments à pH=2 avec 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 pH=2.0 avec HCl dans l'un des cas, et 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 $FeCl_3$/g sédiment sec puis une acidification des sédiments (3% solides totaux) avec HCl ont été faits à trois températures différentes; 6, 10 et 20°C. Les différentes valeurs de pH expérimentées sont 2.0 et 2.5 à 6°C et 10°C, et 2.5 et 2.25 à 20°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 $FeCl_3$/g sédiment sec et HCl ont été réalisés à différents pourcentages (3, 5, 7, 10, 15 et 25%) de solides totaux. L'acidification à pH=2 avec HCl est faite une fois le chlorure ferrique ajouté. Les résultats sont présentés à l'annexe 25.

2.2.4.3 Optimisation du procédé par voie chimique

Dans cette partie, différents sédiments ont été expérimentés (#2, #3, #6, #8, #11) et les essais ont été faits en cuvée de 2L à la température de la pièce. La teneur en solides totaux est de 3%.

2.2.4.3a) Essai avec $FeCl_3$ et HCl

Lors des essais d'optimisation de la solubilisation chimique des métaux continus dans les sédiments, 10 cuvées ont été expérimentées avec acidification des sédiments au chlorure ferrique et HCl. Le $FeCl_3$ est ajouté à chacun des sédiments à une concentration de 0.082 mL $FeCl_3$/g sédiment sec, puis les sédiments sont acidifiés et maintenus à pH=2 avec HCl tout au long des essais. Les sédiments traités en duplicata sont les sédiments #2, #3, #6, #8 et #11. De plus une seconde série d'essais, toujours en duplicata, a été refaite avec les sédiments #2, #3 et #11. Après 24 heures d'expérimentation, les sédiments de chacune des cuvées sont décantés. Le volume du surnageant est remplacé par un volume

égal d'eau distillée. Les sédiments sont alors acidifiés à pH=2 avec HNO_3. Puis l'expérience s'est poursuivie durant 24 heures supplémentaires. Les résultats sont présentés aux annexes 26a, b, c.

2.2.4.3b) Essai avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$

Deux essais de solubilisation chimique ont été faits avec le sédiment #11, auquel 20% (p/p) de $FeSO_4.7H_2O$ a été ajouté. Après 5 heures d'expérimentation, les sédiments sont décantés. Le volume du surnageant est remplacé par un volume d'eau distillée permettant de revenir au volume d'avant la décantation. Dans l'un des essais 4.5% de H_2O_2 (v/v) est ajouté. Puis 0.082 mL $FeCl_3$/g sédiment sec est rajouté dans chacun des essais. L'expérience se poursuit sur une période de 2 heures et se termine par une seconde décantation suivie d'un rinçage avec un volume d'eau distillée acidifiée à pH=3 avec HCl, égal à deux fois celui des sédiments traités et décantés. Les résultats sont présentés aux annexes 27a, b ,c.

2.2.4.4 Optimisation du procédé de solubilisation par voie biologique et/ou chimique.

Dans cette partie, différents sédiments (#2, 3, #6, #8, #11) ont été traités par des procédés de solubilisation biologique suivis de traitement de solubilisation chimique. Les essais ont été faits en cuvée de 2 L à la température de la pièce, en duplicata pour la majorité de ceux-ci. Le pourcentage de solides totaux est de 3%. Et l'inoculum utilisé a préalablement été

acclimaté à chacun des sédiments. Les substrats $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_2$ ont été utilisés dans le but d'évaluer l'influence des ions sulfates et chlorures sur l'enlèvement du Pb. La capacité du chlorure ferreux d'augmenter le potentiel-rédox a aussi été utilisée dans le but de favoriser la solubilisation des métaux . Le sel a été utilisé afin d'évaluer l'effet des ions chlorures sur la solubilité du Pb.

2.2.4.4.1 Solubilisation avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$

Pour les essais inclus dans cette section, la solubilisation biologique des métaux a été faite à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$. Suite à la solubilisation biologique, i.e. après 46 et 72 heures, différents traitements détaillés dans chaque sous-section ont été appliqués.

2.2.4.4.1a) suivi d'une acidification au HCl

Les essais de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments #2, #3 et #8 pendant une période de 97 heures, ont été faits à partir d'une souche de thiobacilles acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$. Les différents sédiments sont acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4. Un volume d'inoculum de 20% (v/v) est ajouté ainsi que 5% (p/p) $FeSO_4.7H_2O$ (substrat). Après 46 heures d'expérimentation, les sédiments #2 et #3 sont acidifiés à pH 1.75 avec HCl. Pour les sédiments #8, l'acidification à pH= 1.75, se fait après 72 heures. Les résultats sont présentés aux annexes 28a, b, c.

2.2.4.4.1b) suivi d'une décantation et d'un traitement au sel 2.2.4.4.1bi) avec acidification des sédiments au départ (temps=0)

Lors de ces essais, les sédiments #3, #6 et #11 ont d'abord subi un traitement de décontamination biologique. Les sédiments sont acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4. Puis 20% d'inoculum (v/v) est ajouté, ainsi que 5% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p). Après 48 heures, les sédiments sont décantés. Le volume du surnageant est alors remplacé par deux fois le volume des sédiments traités et décantés avec une solution de 0.5 M de NaCl. Dans le cas du sédiment #11, un seconde série d'essais a été faite avec une solution de NaCl 0.2 M.

Puis avec brassage et pendant une période de 300 minutes dans le cas des sédiments #3, #6 et un des essais avec les sédiments #11 et pendant 1260 minutes pour les trois autres essais avec le sédiment #11, des échantillons de sédiments on été prélevés pour évaluer la quantité de métaux solubilisée. Après cette période de 300 et 1260 minutes, les sédiments sont décantés. Le volume du surnageant est remplacé par un volume d'eau distillée égal à celui des sédiments traités et décantés (1^{er}rinçage). Après un brassage de 15 minutes, une seconde décantation est faite. Et le surnageant est encore une fois remplacé par un volume d'eau distillée égal à celui des sédiments traités et décantés (2^{ième}rinçage). Les sédiments sont de nouveau brassés 15 minutes, puis filtrés. Les résultats sont présentés aux annexes 29a,b et c.

2.2.4.4.1bii) sans acidification des sédiments au départ (temps=0)

1ère série

Un essai de solubilisation biologique des métaux à partir de thiobacilles acclimatées au $FeSO_4.7H_2O$ mais sans acidification préalable des sédiments au temps 0 suivi d'un traitement au sel, a également été fait. Dans cet essai, c'est le sédiment #11 qui a été traité. Les sédiments sont d'abord traités par voie biologique; i.e. que 20% d'inoculum (v/v) ainsi que 10% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p) sont ajoutés aux sédiments. Après 31 heures, un autre 10% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p) est ajouté et après 48 heures de brassage les sédiments sont décantés. Le volume du surnageant est remplacé par un volume d'une solution de NaCl de 0.5 M qui permet de revenir au volume d'avant la décantation. Pendant une période de deux heures avec brassage, des échantillons de sédiments pour les métaux sont prélevés. Puis les sédiments sont de nouveau décantés. Le volume du surnageant est remplacé par un volume d'eau distillée (pH=3 avec HCl), égal à deux fois celui des sédiments décantés. Puis les sédiments sont filtrés.

Parallèlement à ces deux essais, 3 essais contrôles ont été faits, où seulement les paramètres pH et POR étaient suivis. Dans deux des essais contrôles, les sédiments ont été stérilisés à l'autoclave et l'autre essai est non-stérile. Dans chacun des contrôles, 10% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p) a été ajouté. Et après 24 heures de brassage, la même quantité de sulfate ferreux (10% $FeSO_4.7H_2O$ p/p) a de nouveau été ajoutée. Les résultats sont présentés aux annexes 30a, b et c.

2ième série

Un essai sans inoculation avec 10% de sulfate ferreux (p/p) et un autre avec inoculation (20% v/v) et 10% de sulfate ferreux (p/p) ont été faits dans cette deuxième série d'expérience pour lesquelles le volume de départ était à 200 mL. Après 48 et 72 heures, des traitements différents ont été appliqués aux échantillons. Celui qui est inoculé a été divisé en 2 volumes. Dans le premier, après une décantation, le volume du surnageant est remplacé par deux fois le volume des sédiments traités avec une solution de NaCl, 1 M. Dans le second cas, après 72 heures, 10% (p/p) $FeSO_4.7H_2O$ est ajouté et les sédiments sont décantés. Le volume du surnageant est remplacé par un volume d'une solution de NaCl (1 M) égal au double du volume des sédiments décantés. Les résultats sont présentés aux annexes 30 a, b, c.

2.2.4.4.1c) suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$ (sans acidification au départ)

1ière série

Un essai de solubilisation des métaux à partir de souches acclimatées au sulfate ferreux mais sans acidification, au temps=0, des sédiments, et suivi dans ce cas-ci d'un traitement au $FeCl_3$ a aussi été fait. Dans cet essai, c'est le sédiment #11 qui a été utilisé. Les sédiments sont d'abord traités par voie biologique; i.e. que 20% d'inoculum (v/v) ainsi que 10% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p) sont ajoutés aux sédiments. Après 31 heures, un autre 10% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p) est ajouté à chacun des sédiments et, après 48 heures de

brassage, les sédiments sont décantés.

Le volume d'eau du surnageant est remplacé par un volume d'eau distillée contenant 0.082 mL $FeCl_3$/g sédiment sec, qui permet de revenir au volume d'avant décantation dans lequel la quantité de sédiment sec est de 30 g (i.e. 1000 mL à 3% ST). Sur une période de deux heures, des échantillons de sédiments sont prélevés pour mesurer les métaux. Puis les sédiments sont de nouveau décantés. Le volume du surnageant est remplacé par deux fois le volume des sédiments décantés avec l'eau distillée (pH=3 avec HCl). Enfin les sédiments sont filtrés. Les résultats sont présentés aux annexes 31a, b et c.

2ième série

Un essai avec inoculation (20% v/v) et 10% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p) a été fait dans cette deuxième série d'expériences (volume de départ=200 mL). Les échantillons ont été divisés en 2 et cet essai a été suivi de différents traitements après 48 et 72 heures. Dans le premier cas, après 48 heures, 20% de sulfate ferreux est ajouté et, 24 heures plus tard, les sédiments sont décantés. Le volume du surnageant est remplacé par 2 fois le volume des sédiments décantés avec de l'eau distillée. Puis 0.082 mL $FeCl_3$/g sédiment sec est ajouté. Ici la quantité de sédiment sec correspond à 3 g. Le deuxième cas est identique au premier, sauf que 0.041 m $FeCl_3$/g sédiment sec sont rajoutés au lieu de 0.082. Les résultats sont présentés aux annexes 31a, b et c.

2.2.4.4.2 Solubilisation avec souche acclimatée au $FeCl_2$

2.2.4.4.2a) suivi d'une décantation et d'une acidification

Deux expériences de solubilisation biologique ont été faites à partir de souches acclimatées au $FeCl_2$ avec les sédiments #6 et #11. Les sédiments sont préalablement acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4, puis 20% d'inoculum acclimaté au $FeCl_2$ dans des sédiments acidifiés avec H_2SO_4, ainsi que 2% Fe (p/p) avec $FeCl_2$ est ajouté. Après 48 heures pour le sédiment #11 et 72 heures pour le sédiment #6, les sédiments sont décantés et acidifiés à pH=1.75 avec HCl. L'expérience s'est poursuivie pendant 95 heures. Les résultats sont présentés aux annexes 32a, b et c.

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 prélévé 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_3 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.

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 sequentiel 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. Dans le cas où des suivis sur les métaux ont été effectués (troisième partie, optimisation du procédé de solubilisation, voir section 2.2.4.4), les métaux Cd, Cu, Cr, Ni, Pb ont été ré-analysés sur un spectrophotomètre d'absorption atomique Varian à la flamme (modèle Spectr AA-20). Toutes les analyses sont faites selon les directives de l'APHA (1985). Le mercure et l'arsenic ont également été suivis dans la dernière partie de la recherche. Le Hg et l'As ont été déterminés dans les sédiments de chacun des échantillons au

temps 0, et après le traitement pour l'enlèvement des métaux, ainsi que dans le filtrat. La détermination du mercure a été faite par un générateur d'hydrure (vapeur froide) selon les directives de l'APHA (1985) no303F. L'As est déterminé selon la méthode no303E (i.e. avec le réactif $NaBH_4$) de l'APHA (1985), après une digestion des sédiments au HNO_3 repris dans HCl 5%.

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 Analyse des solides totaux, volatils et inertes en suspension

Dans la dernière partie de ce travail (optimisation du procédé de solubilisation des métaux), la qualité de la décantation pratiquée à la fin de certains essais est déterminée par la concentration des solides totaux, volatils et inertes en suspension. La méthode suivie est celle de l'APHA (1985) no 209c et 209d. Les solides totaux sont le résidu sec retenu sur le filtre après sèchage à 105°C. Les solides volatils sont la fraction volatilisée après 20 minutes à 550°C, alors que les

solides inertes sont la fraction restante sur le filtre Whatman GFC. Les résultats sont présentés aux annexes 26 à 32d.

2.3.5 Estimation de la solubilisation de la matière organique

Une estimation de la matière organique solubilisée par le traitement de solubilisation des métaux a été faite pour certains essais de la dernière partie de ce travail (optimisation du procédé de solubilisation des métaux). Le contenu en matière volatile, trouvé par chauffage des sédiments à 550°C au début de l'essai est comparé à celui de la fin de l'essai. La méthode suivie est la même que celle des solides volatils (méthode 209f; APHA, 1985). Les résultats sont présentés aux annexes 26 à 32e.

2.3.6 Extraction séquentielle des métaux dans les sédiments

L'enlèvement des sédiments par lessivage sélectif du Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn a été fait dans différentes phases définies selon un protocole expérimental présenté par Tessier et al., (1979). Soit la phase échangeable et acido-soluble (1 M NaOAc et pH=5 avec HOAc), la phase liée au hydroxyde de Fe et Mn (NH_2OH dans 25% HOAc, pH=2), la phase oxydable (liée à la matière organique et aux sulfures avec H_2O_2/HNO_3 et NH_4OAc) et la phase résiduelle ($HF-HClO_4$). La méthode d'extraction suivie est celle de Tessier et al.(1979). Les résultats d'extraction séquentielle sont présentés aux annexes 26 à 32f.

2.3.7 Détermination de la concentration de l'ion libre M^{z+}

La détermination de la concentration de l'ion libre M^{z+} a été faite avant et après les traitements d'enlèvement des métaux. Ceci dans le but d'évaluer un changement dans la teneur et spéciation des métaux contenus dans les sédiments suite à l'application du traitement d'enlèvement des métaux. Ce changement qui est évalué par une différence dans la concentration des ions libres n'est pas nécessairement corrélé à la teneur totale en métaux des sédiments. C'est donc plutôt la biodisponibilité des métaux ou leur toxicité, qui est évaluée ici, que la concentration totale en métaux.

Toutefois, une mise en garde doit être faite: la méthode qui a été utilisée pour calculer la concentration de l'ion libre repose sur plusieurs hypothèses: 1) le pH du site de prélèvement des sédiments dans le fleuve est utilisé dans le calcul de M^{z+} avant et après le traitement de décontamination. On suppose ici, que le rejet des sédiments décontaminés à leurs sites de prélèvement n'entraînerait pas de changement dans le pH du milieu ambiant. 2) L'hypothèse selon laquelle les teneurs en Pb, Ni, Cu et Zn sont associées à la concentration en hydroxyde de fer des sédiments, alors que celle du Cd serait plutôt associée à la teneur en matière organique du sédiment, est retenue (Tessier et al.,1992). 3) On suppose que le mécanisme de sorption des métaux aux phases solides des sédiments est semblable à celui observé dans des lacs étudiés par Tessier et al., (1992).

La détermination de l'ion libre M^{z+} a été faite via l'obtention de constante de sorption *in situ* (Tessier, 1992; Tessier et

al.,1992). En prenant pour acquis que les oxyhydroxydes de fer naturels sont surtout responsables de la sorption des métaux et qu'un seul site par oxyhydroxyde de fer est occupé par les ions métalliques adsorbés:

$$Fe\text{-}OH_x + M^{z+} \underset{<---}{\xrightarrow{K_a}} FeOM + xH^+ \qquad (2.1)$$

$$K_a = \frac{\{FeOM\}\ [H^+]^x}{\{FeOH_x\}\ [M^{z+}]} \qquad (2.2)$$

où k_a est la constante d'équilibre globale apparente; x est le nombre apparent moyen de protons libérés au cours de la réaction; $\{FeOH_x\}$ représente la concentration de sites libres sur les oxyhydroxydes de Fe en phase solide; et {FeOM} correspond à la concentration de sites occupés par M (métal) sur les oxyhydroxydes de Fe en phase solide. Ces valeurs ($\{FeOH_x\}$ et {FeOM}) sont déterminées par extraction sélective (Tessier et al., 1979). Les symboles { } et [ ] réfèrent ici à des espèces sous forme solide et des espèces en phase aqueuse respectivement. Si la concentration des sites occupés est faible comparée à la concentration des sites libres:

$$\{Fe\text{-}OH_x\} \approx \{Fe\text{-}O\}_{total} \qquad (2.3)$$

où $\{Fe\text{-}O\}_{total}$ représente la concentration totale des sites d'absorption et

$$\{Fe\text{-}O\}_{total} = N_{Fe}\ \{Fe\text{-}O_x\} \qquad (2.4)$$

où N_{Fe} est le nombre de moles de sites d'absorption par mole de Fe et $\{Fe\text{-}O_x\}$ correspond à la concentration analytique d'oxyhydroxyde de Fe (en ug/g).

Si $Fe\text{-}OH_x$ est remplacé par (N_{Fe} $\{Fe\text{-}O_x\}$) comme le permet l'équation (2.3) et (2.4), alors l'équation (2.2) devient;

$$K_a = \frac{\{FeOM\}\ [H^+]^x}{N_{Fe}\{Fe\text{-}O_x\}\ [M^{z+}]} \qquad (2.5)$$

et alors il est possible de poser:

$$K = \frac{\{FeOM\}}{\{FeO_x\}\ [M^{z+}]} = \frac{N_{Fe}\ K_a}{[H^+]^x} \qquad (2.6)$$

où K est la constante apparante d'équilibre qui est fonction du pH.

Si l'équation 2.6 est linéarisée, il est possible d'obtenir:

$$\log K = xpH + \log (N_{Fe}\ K_a) \qquad (2.7)$$

Pour tracer le graphique correspondant à l'équation (2.7), les termes du centre de l'équation (2.6), i.e. $\{FeOM\}$, $\{FeO_x\}$ et $[M^{z+}]$ pour chacun des sites d'échantillonnage sont utilisés. Ces termes permettent d'évaluer K et à partir du pH de chaque site d'échantillonnage, il est possible de tracer un graphique de K en fonction du pH où x correspond à la pente et log ($N_{Fe}*K_a$) à l'ordonnée à l'origine. Les valeurs de M^{z+} sont obtenues *in situ* par dialyse dans plusieurs sites d'échantillonnage, les fractions $\{Fe\text{-}OM\}$ et $\{Fe\text{-}OH_x\}$ sont trouvés par extraction sélective (Tessier et al., 1979) sur les différents sédiments correspondant à chacun des sites d'échantillonnages .

Par la suite de nouvelles valeurs de M^{z+} correspondant à d'autres sédiments peuvent être déterminées à partir de ce graphique si le pH des eaux et la concentration des phases $\{Fe\text{-}OM\}$ et $\{Fe\text{-}OH_x\}$ extraites de ces sédiments sont connues (voir équation 2.8).

$$[M^{z+}] = \frac{\{FeOM\}\ [H^+]^x}{\{FeO_x\}\ (N_{Fe}\ K_a)} \qquad (2.8)$$

Dans cette équation (provenant de l'équation 2.6 remaniée), les valeurs de (N_{Fe} K_a) et x sont celles obtenus avec la méthode appliquée au paragraphe précédant (i.e. l'ordonnée à l'origine et la pente du graphique). Pour calculer M^{z+} dans ce travail, la concentration des phases {Fe-OM} et {Fe-OH_x} extraites des différents sédiments étudiés a été déterminées par extraction sélective (voir les annexes 26 à 32 f); les valeurs de (N_{Fe} K_a) et x utilisées proviennent des travaux de Tessier et al. (1992) et Tessier (1992); et le pH est celui correspondant au site de prélèvement respectif de chaque sédiment.

2.3.8 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.

2.3.9 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 I^{ière} PARTIE: ÉTUDE DES FACTEURS AFFECTANT LA SOLUBILISATION DES MÉTAUX

ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS 1IÈREPARTIE; 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 et de la forme 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 $FeSO_4.7H_2O$.

Pour tous ces essais, l'inoculum utilisé provient d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ (substrat) (voir section 2.2.2a et 2.2.2b du chapitre matériel et méthodes).

3.1.1.1 Acidification avec H_2SO_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 $FeSO_4.7H_2O$ sur la solubilisation

Les résultats concernant cette section sont présentés aux figures 3.1 et 3.2. Les essais non-stériles (pH=4 avec $FeSO_4.7H_2O$, pH=7 avec ou sans $FeSO_4.7H_2O$) peuvent indiquer la présence de souches de thiobacilles déjà présentes dans les sédiments. Alors que l'essai stérile (pH=4 avec $FeSO_4.7H_2O$) 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 $FeSO_4.7H_2O$), le pH diminue de 3.7 à 2.8 en moyenne pour l'essai à pH=4+sulfate ferreux et de 5.3 à 3.3 pour l'essai à pH=7+sulfate

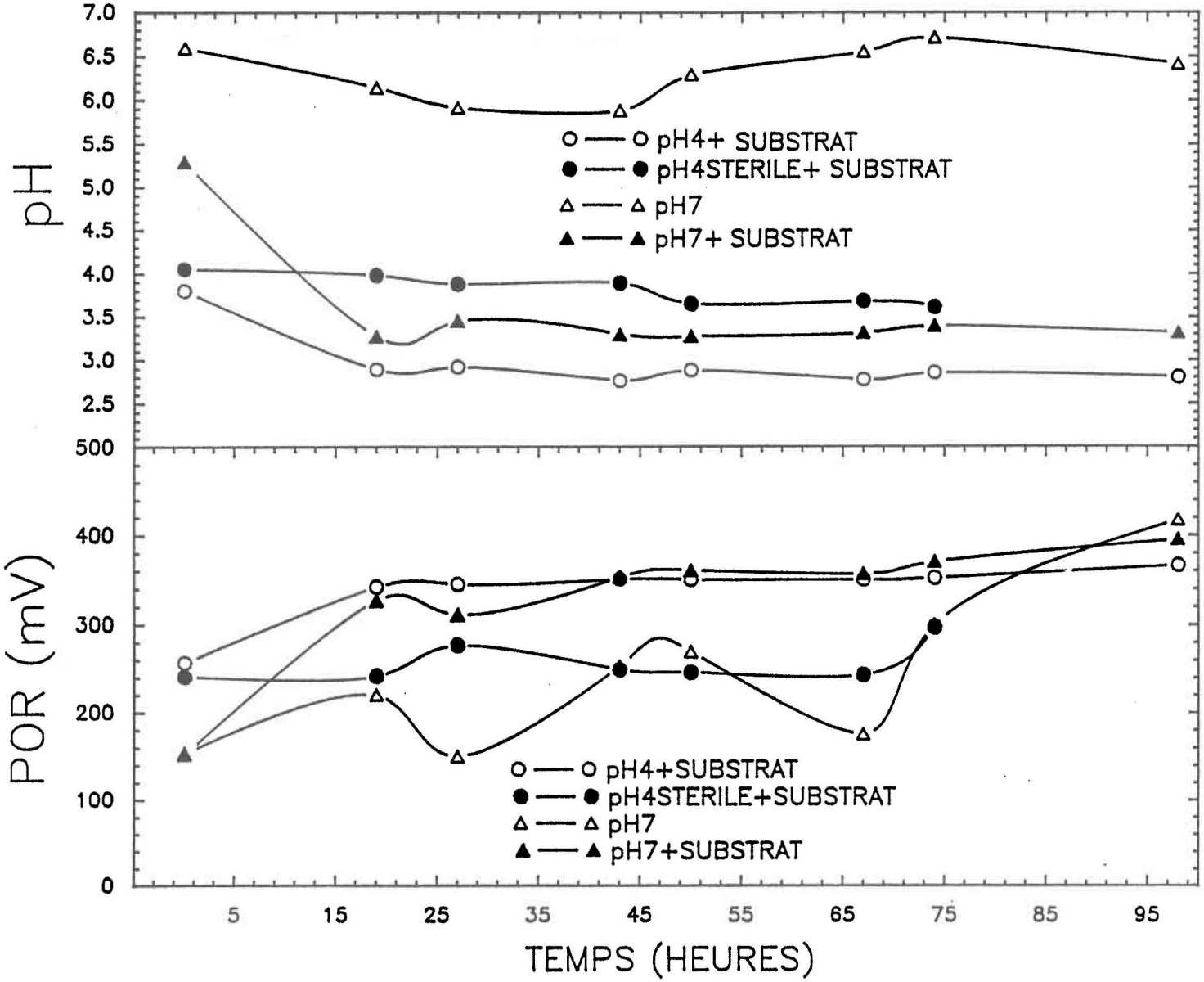


Figure 3.1 POR et pH lors de la vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet du substrat, le $FeSO_4.7H_2O$, sur la solubilisation des métaux (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

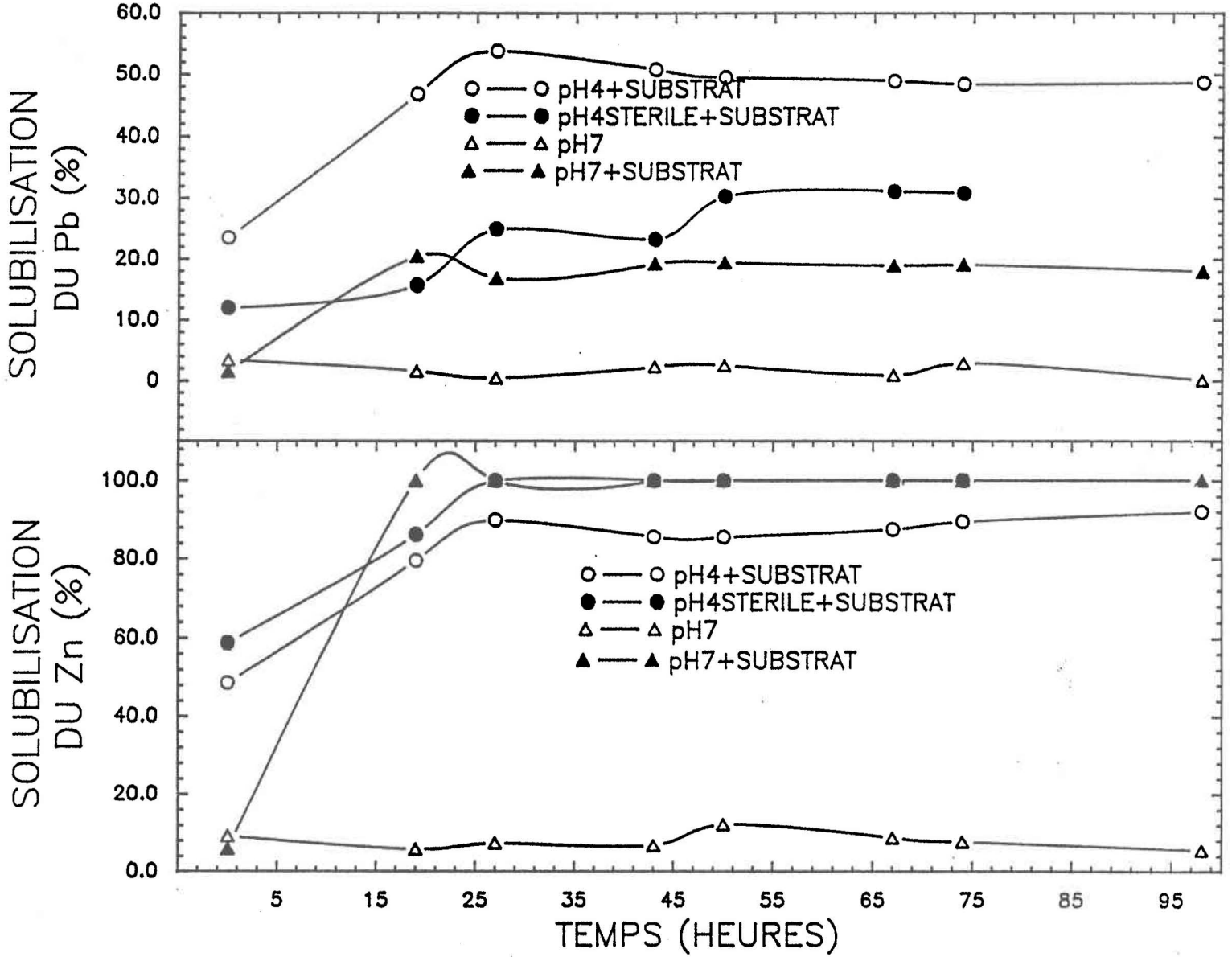


Figure 3.2 Solubilisation biologique du Zn et du Pb lors de la vérification de la présence d'une souche indigène et de l'effet du substrat, le $FeSO_4.7H_2O$ (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

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 $FeSO_4.7H_2O$. 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 rendre 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, et à la figure 3.4, les valeurs de pH et de POR avec le temps pour les différents essais sont présentés. 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

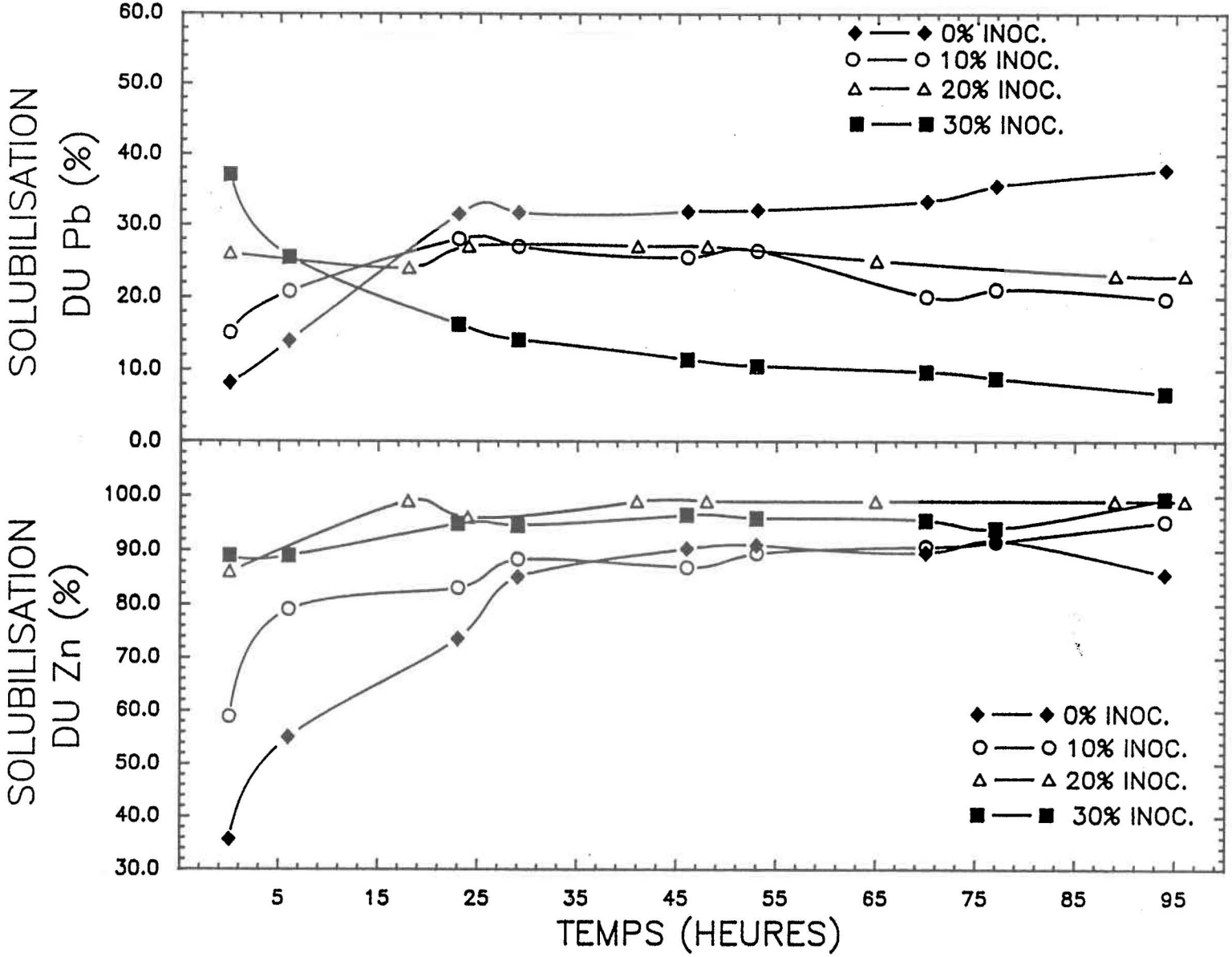


Figure 3.3 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, lors des essais avec différents pourcentages d'inoculum (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

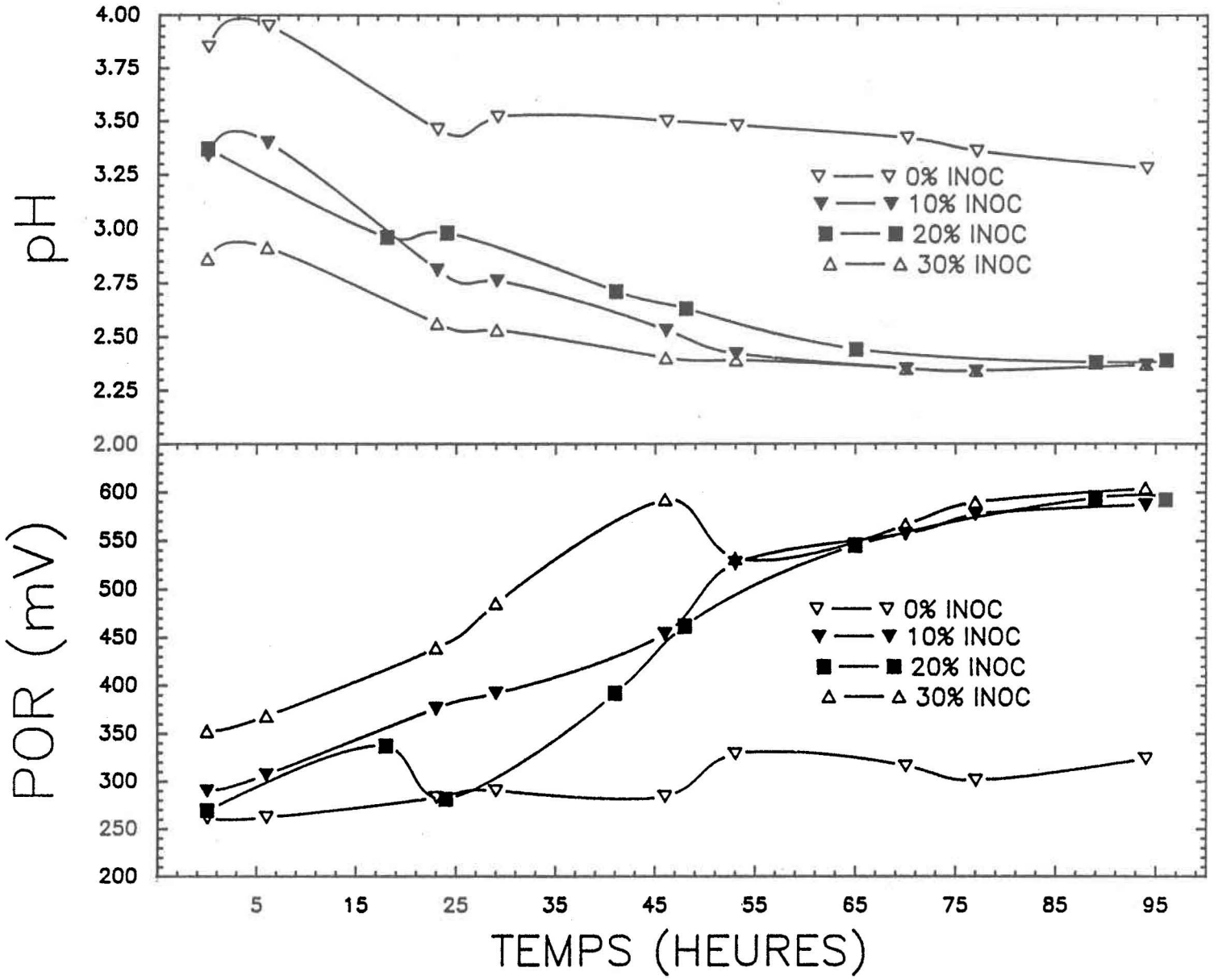


Figure 3.4 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec différents pourcentages d'inoculum (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

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 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

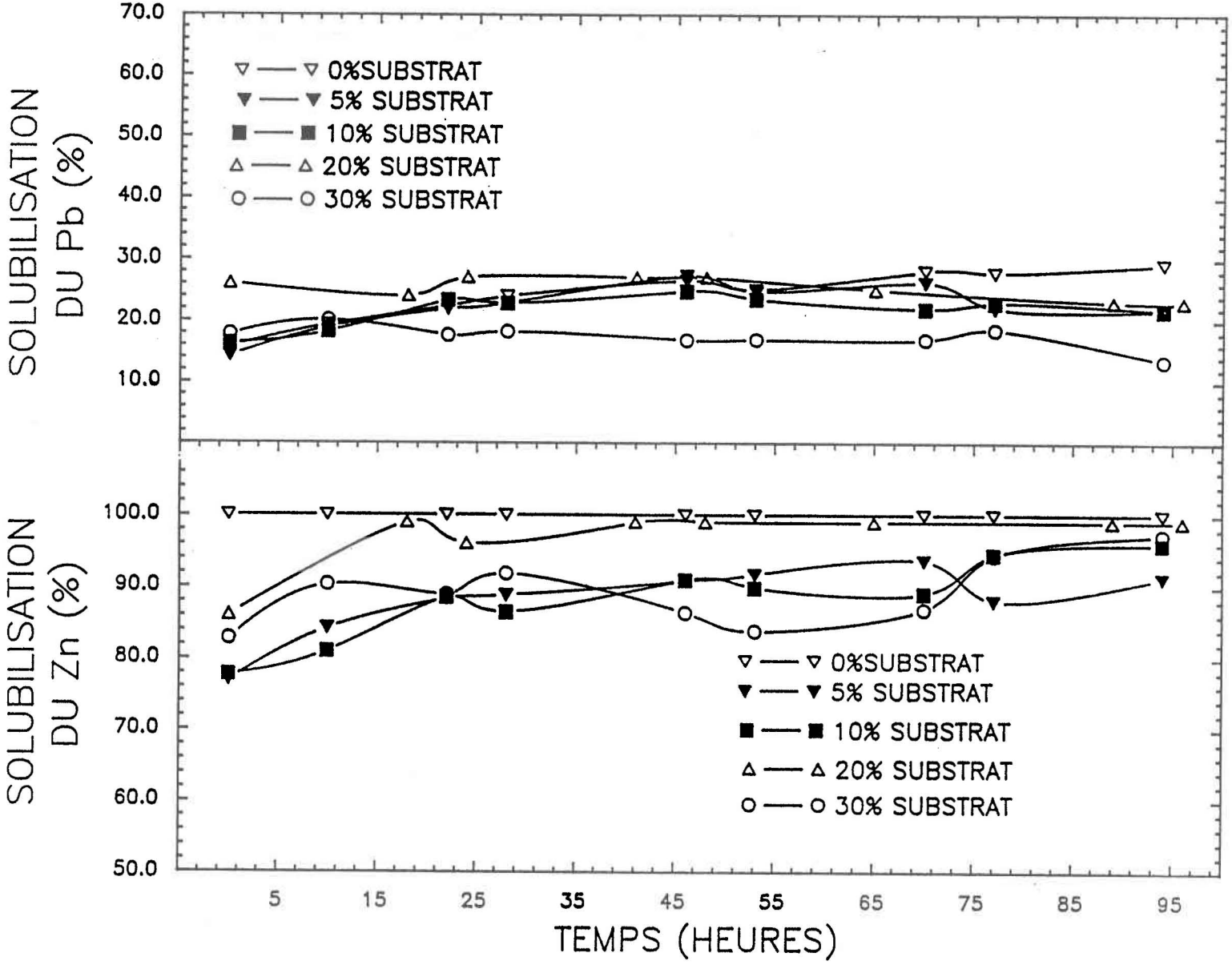


Figure 3.5 Solubilisation biologique du Zn et du Pb, lors des essais avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec ajout de différentes quantités de $FeSO_4.7H_2O$ (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

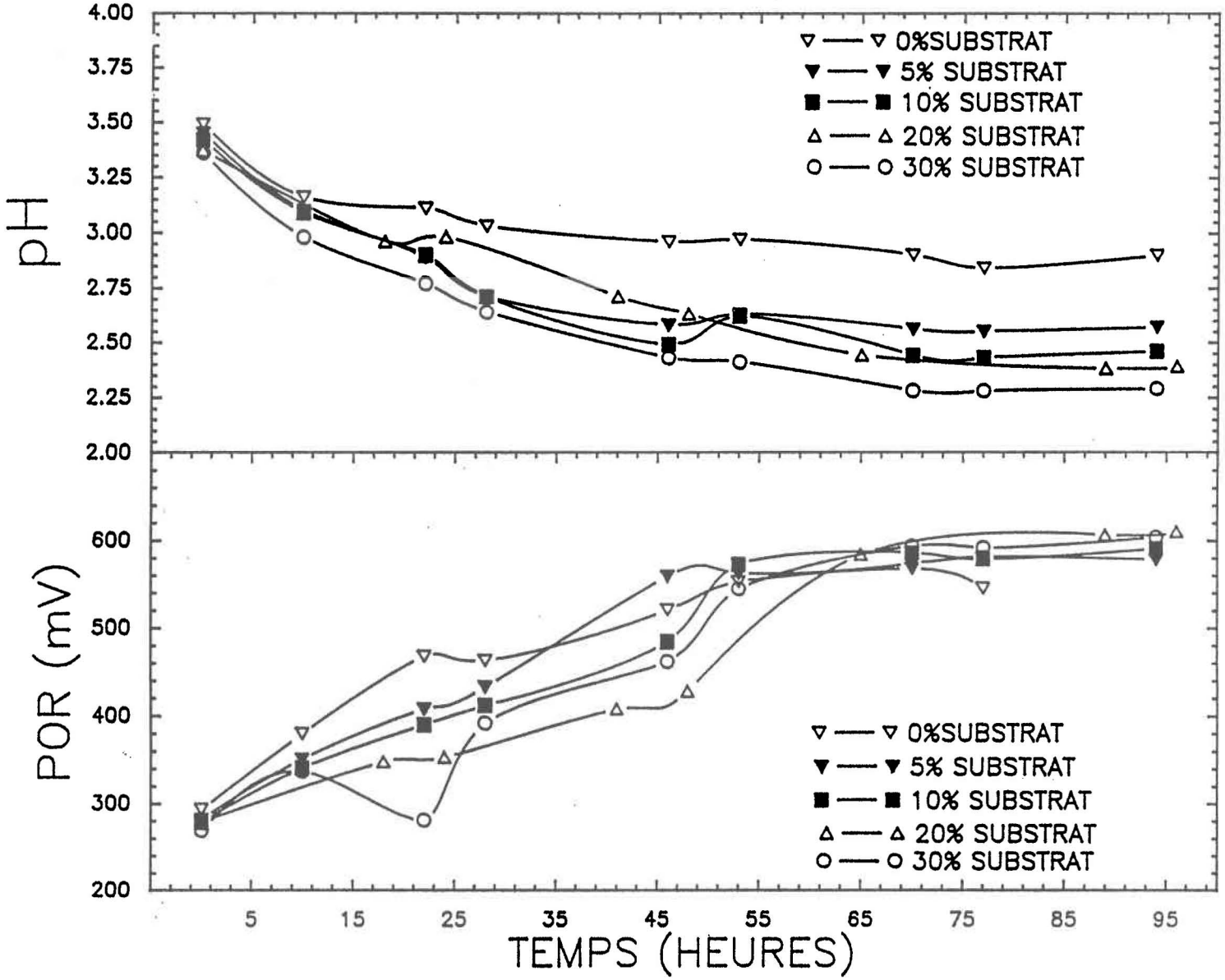


Figure 3.6 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec ajout de différentes quantités de $FeSO_4.7H_2O$ (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

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% $FeSO_4.7H_2O$ 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 NH_4^+) est augmentée de 0 à 50 mg 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 NH_4^+. Les rendements obtenus avec 100 mg NH_4^+ semblent équivalents à ceux obtenus avec 50 mg NH_4^+.

Pour le Pb, les rendements sont légèrement supérieurs à 20 mg 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 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 avec différentes quantités d'azote (séd.#12 souche acclimatée au sulfate ferreux).*

Temps (heures)	*Quantité d'azote* *0 mgNH4*		*20 mgNH4*		*50 mgNH4*		*100 mgNH4*	
	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

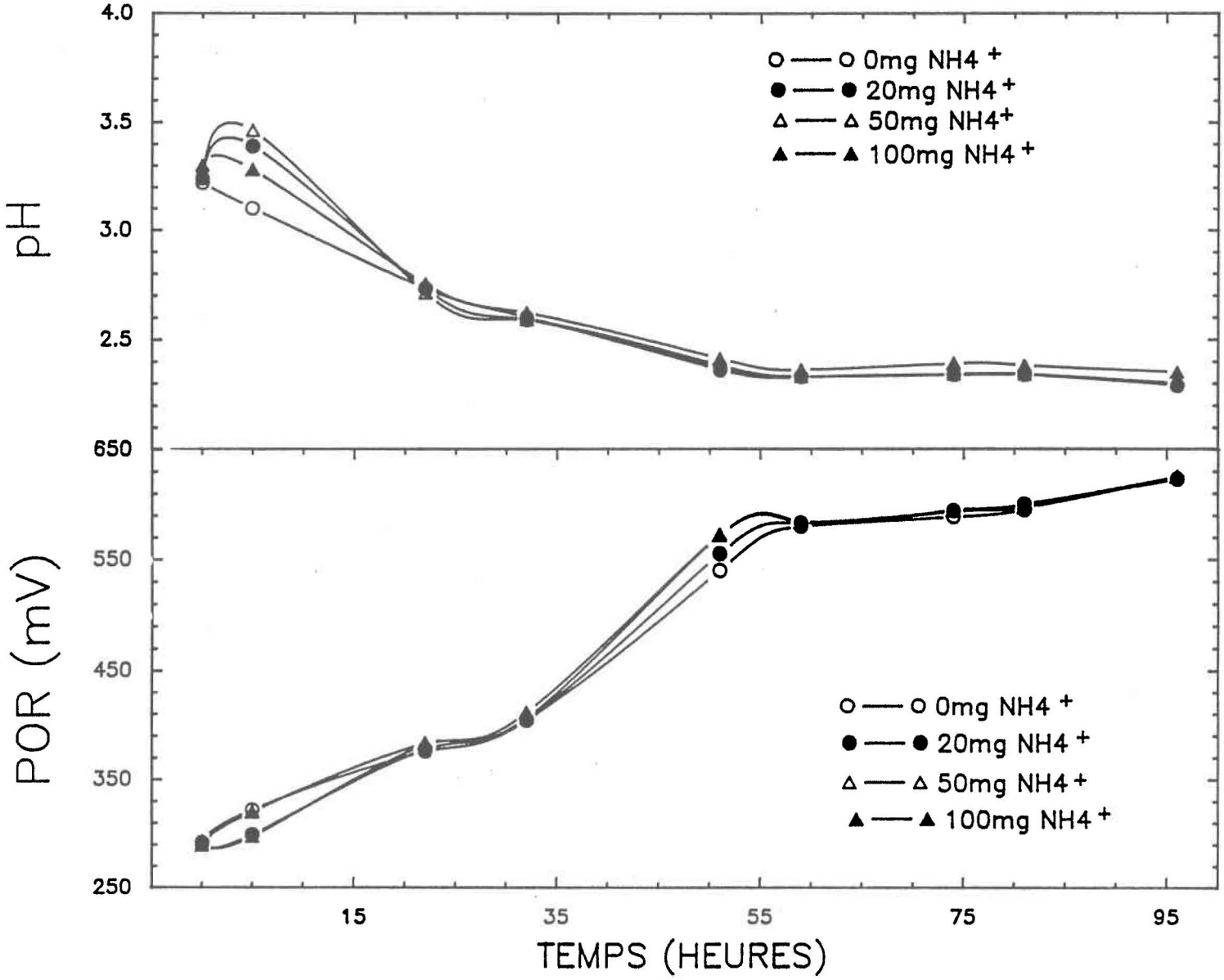


Figure 3.7 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec ajout de différentes quantités d'azote (mg NH_4^+/10.8 g séd. sec et acidification des sédiments avec H_2SO_4).

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 toutes 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 SO_4^{-2} puisque l'azote est ajouté sous forme de $(NH_4)_2SO_4$. Il se formerait alors des précipités insolubles de $PbSO_4$. 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 mgPO4*		*10 mgPO4*		*20 mgPO4*		*40 mgPO4*	
	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

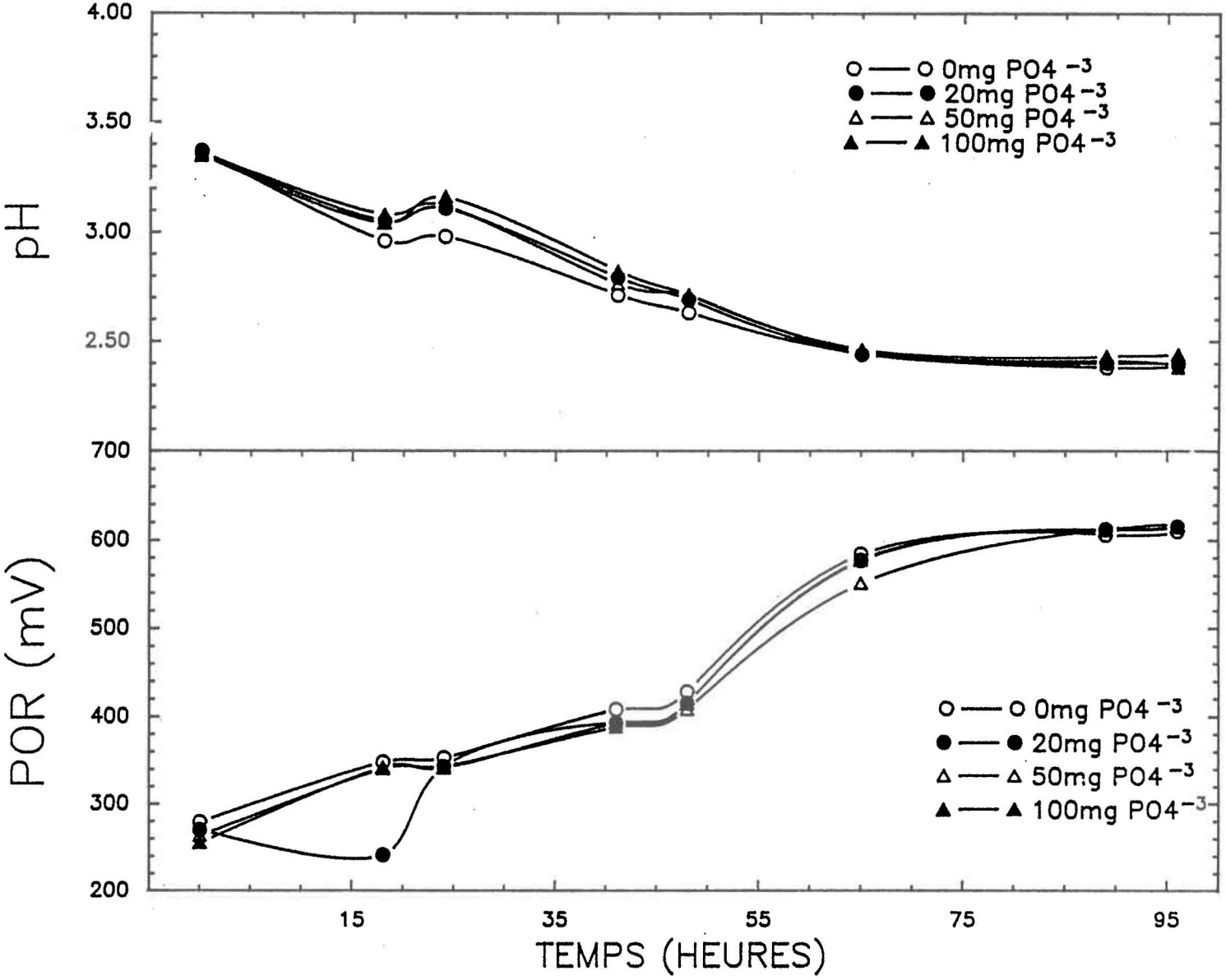


Figure 3.8 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, avec ajout de différentes quantités de phosphore (mg PO_4^{-3}/12 g séd. sec et acidification des sédiments avec H_2SO_4).

PO_4^{-3} respectivement. Après 96 heures, à 20 et 40 mg 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 3.8 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 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

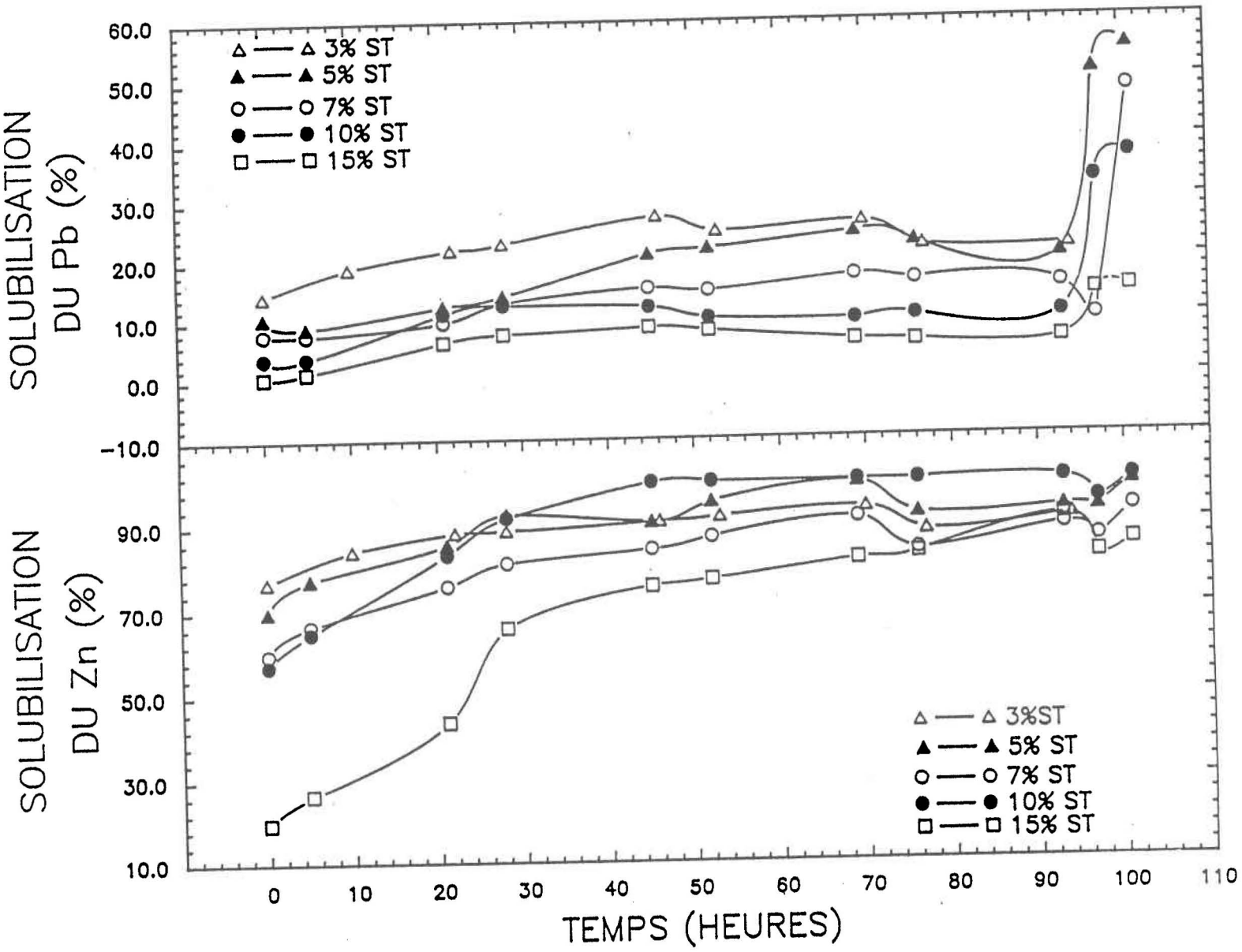


Figure 3.9 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, pour différentes concentrations de solides totaux (ST) et acidification des sédiments à pH 1.75 avec HCl après 97 heures , sauf pour l'essai à 3% ST (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

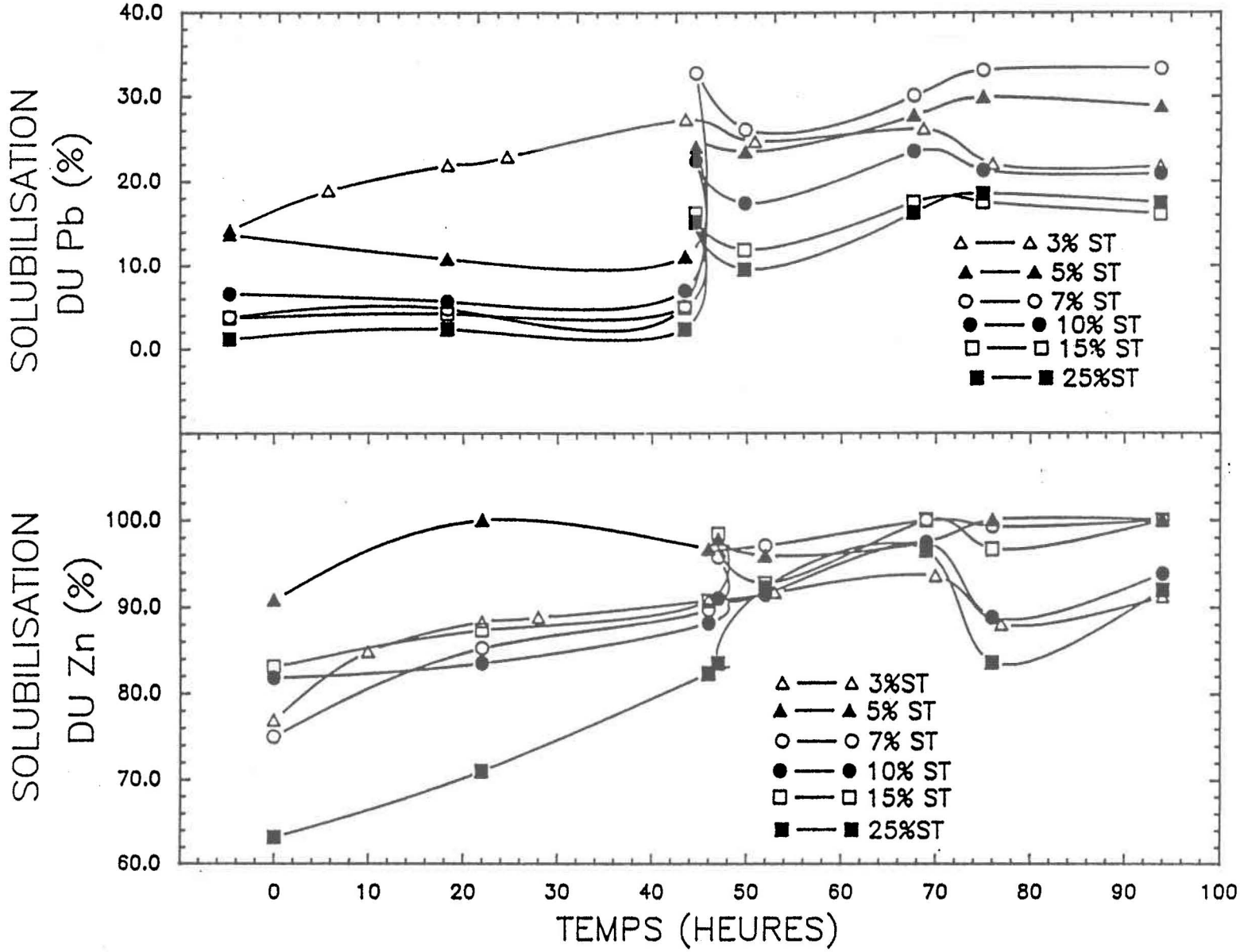


Figure 3.10 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, pour différentes concentrations de solides totaux (ST) et acidification des sédiments à pH 1.75 avec HCl après 48 heures (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

dans le 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 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 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

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).*

	Température								
	6C			10C			21C		
Temps (heures)	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	--	--	--

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 les plus faibles montées de POR sont observées à 21°C, puis à 10°C et enfin à 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 température minimale pour T. ferrooxidans était 15°C. Dans les boues, Wong et Henry (1984a), ont trouvé une hausse

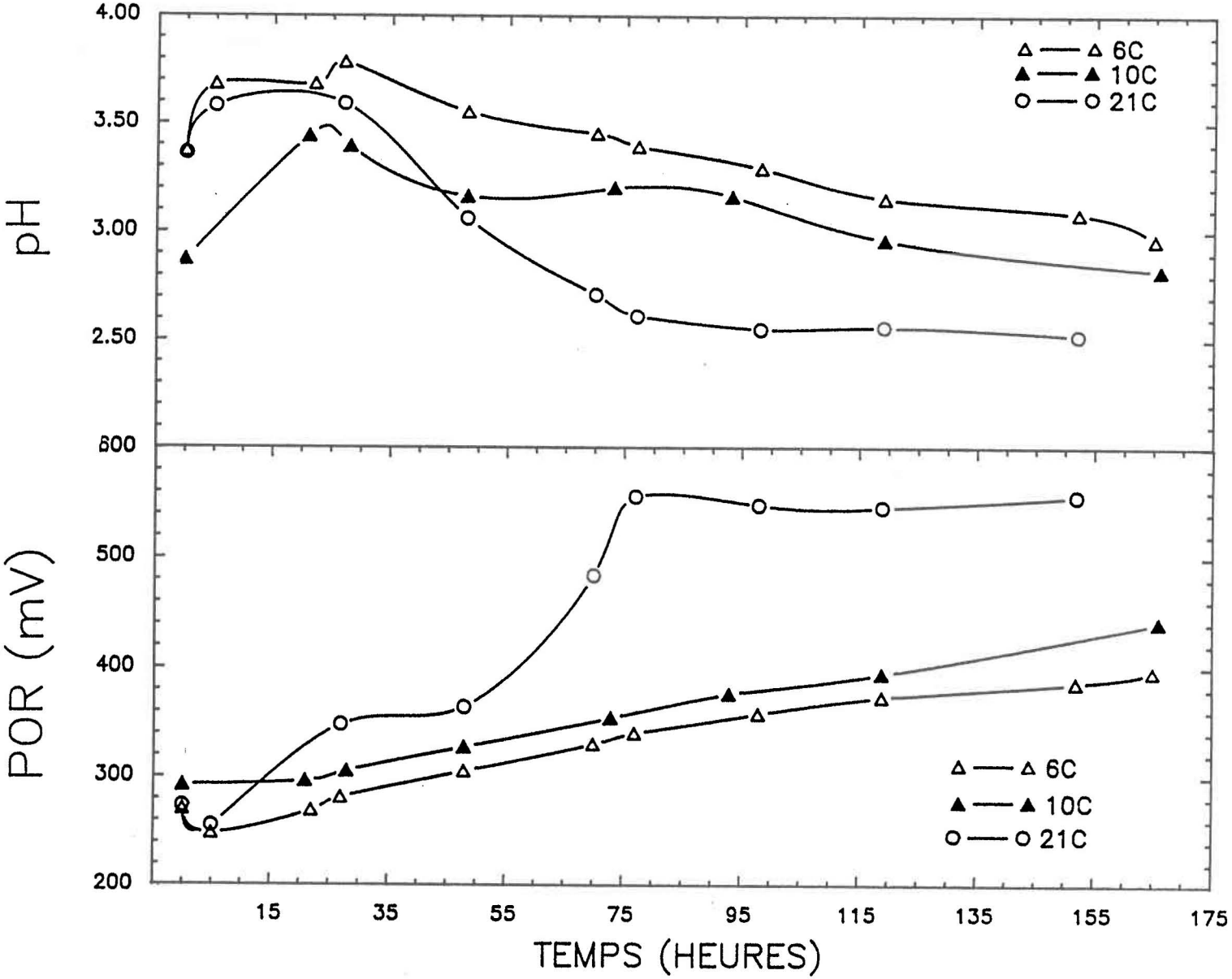


Figure 3.11 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, à différentes températures (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

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 décantation, les quantités de 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

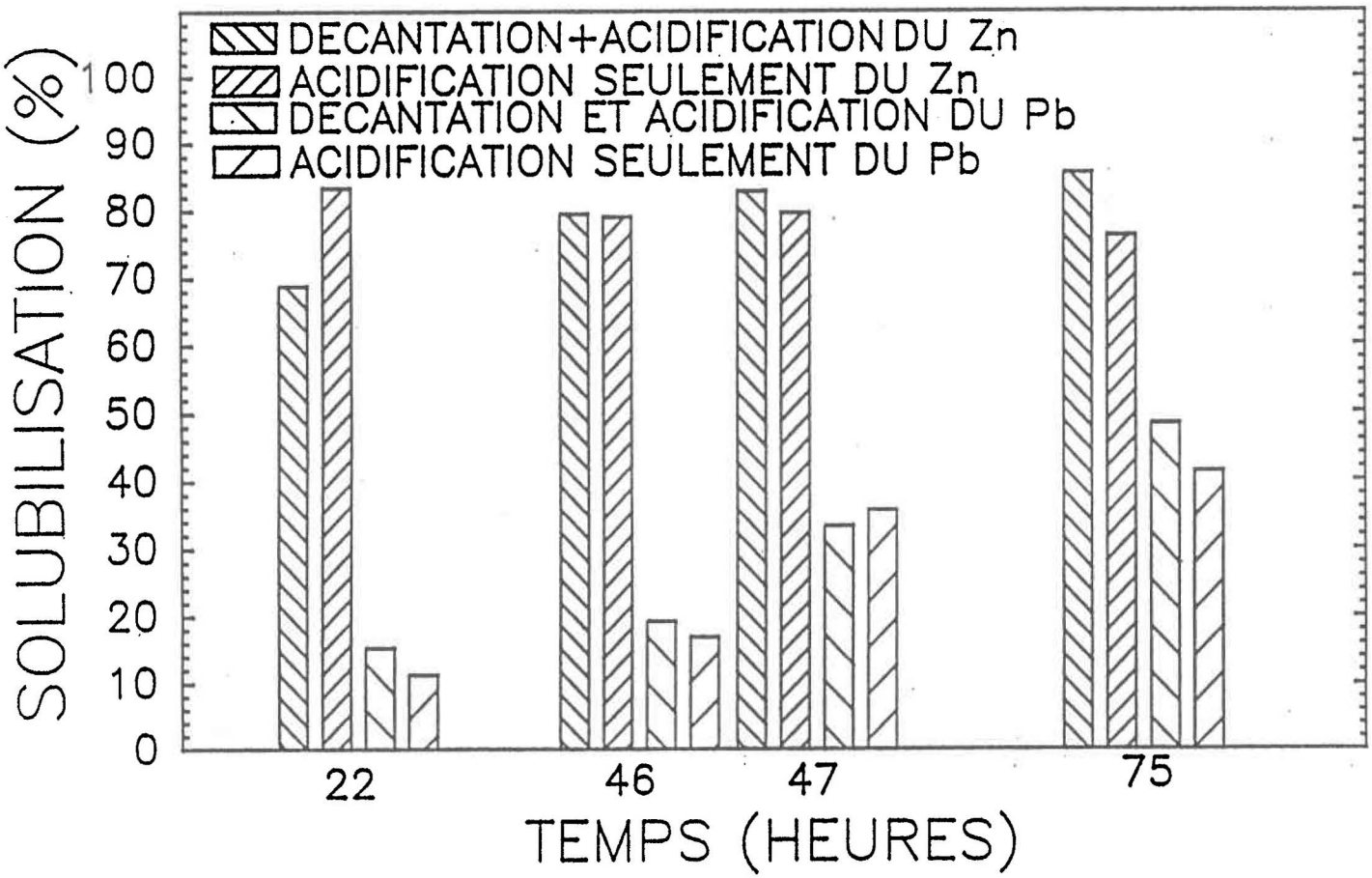


Figure 3.12 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$, pour les essais avec décantation et acidification après 46 heures et pour les essais avec une simple acidification (acidification des sédiments au départ avec H_2SO_4).

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 (pH=2)

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 $FeSO_4.7H_2O$.

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 initial est de 2 plutôt que 4: la montée de POR est semblable à celle observée pour les essais effectués avec des sédiments

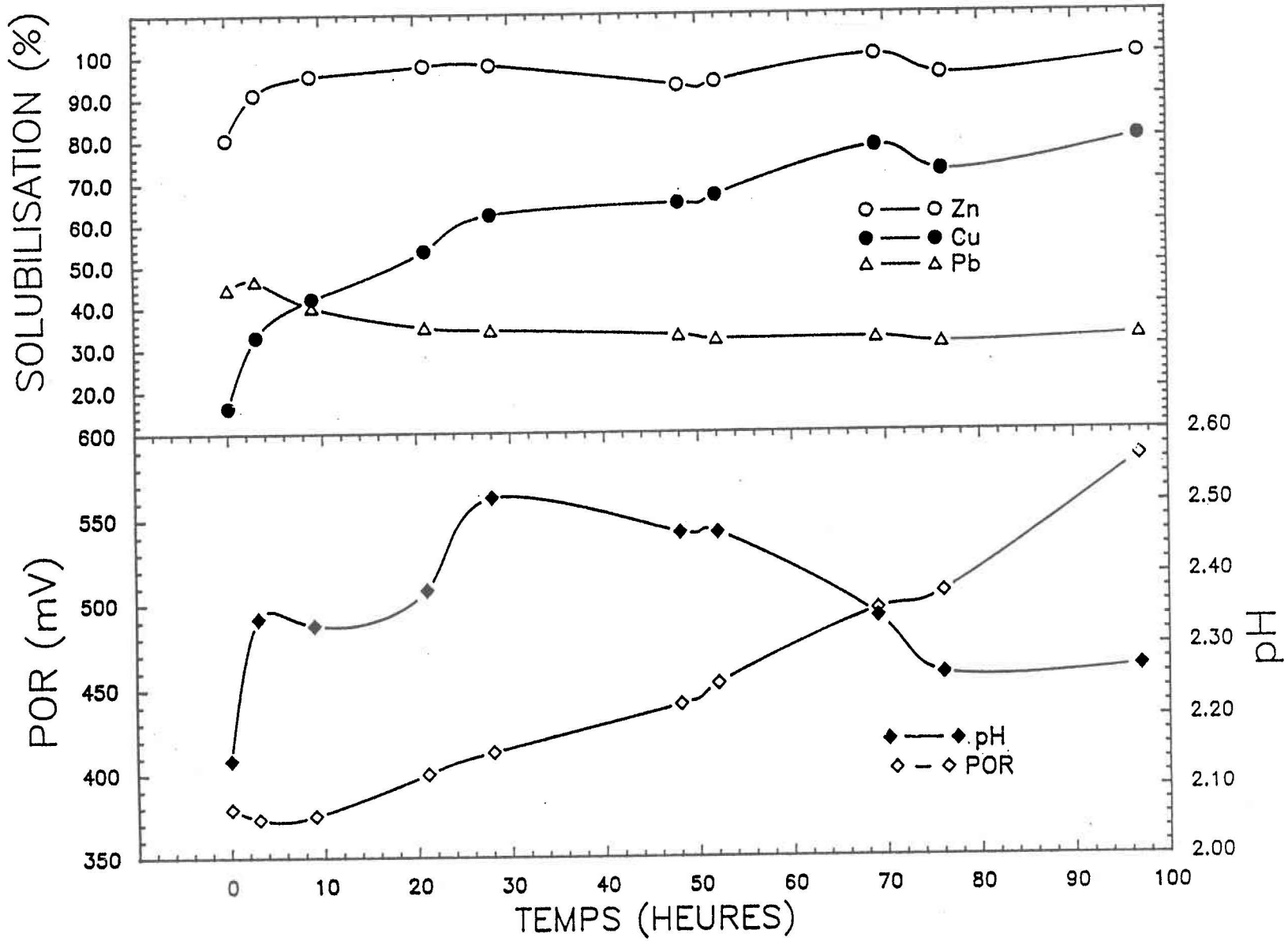


Figure 3.13 POR, pH et solubilisation biologique du Zn, Cu et Pb dans les essais avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ et acidification initiale des sédiments, à pH 2, avec HCl.

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 trouvé que Cl^- pouvait être toxique, 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_2SO_4 (i.e. un % de solubilisation se situant entre 30 et 35% obtenu à pH=2 comparé à 20 et 25% 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^- 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 $PbSO_4$ et donc plus de Pb^{+2} 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 Étude de l'influence des facteurs affectant la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments avec une souche acclimatée au $FeCl_2$.

Pour tous les essais , l'inoculum utilisé a été acclimaté au $FeCl_2$ (voir section 2.2.2c et 2.2.2d du de matériel et méthodes).

3.1.2.1 Acidification des sédiments au départ avec H_2SO_4

Pour tous les essais inclus dans cette section, l'acidification des sédiments a été fait avec H_2SO_4, y compris celle des sédiments utilisés pour l'acclimatation des inoculums.

3.1.2.1a Effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation

L'effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation biologique (sans inoculation) à partir de sédiments acidifiés avec H_2SO_4 (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 $FeCl_2$ 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 (POR) 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 $FeCl_2$ 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, alors que pour l'essai stérile, les valeurs de pH et de POR se

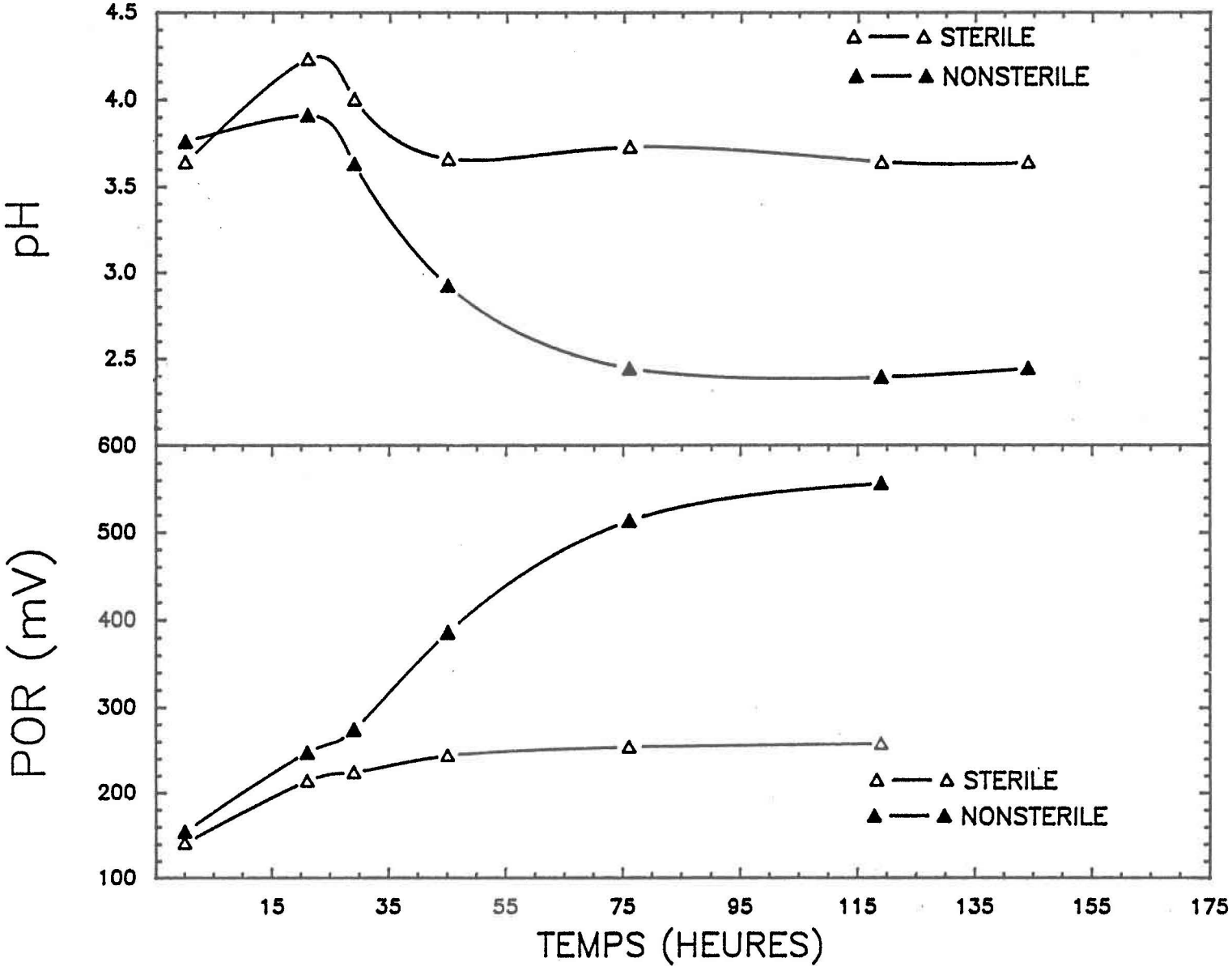


Figure 3.14 POR et pH lors de la vérification de l'effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation biologique (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

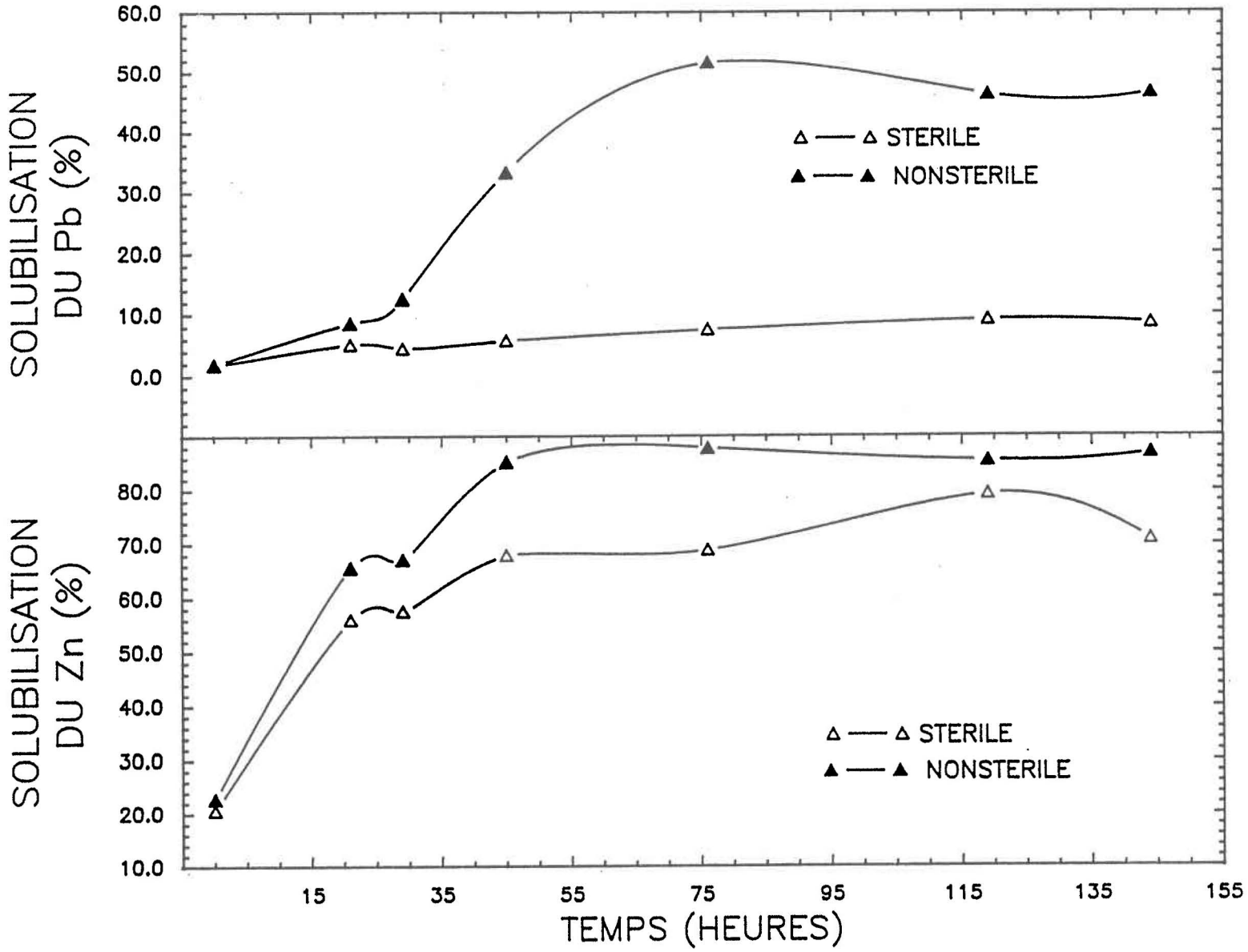


Figure 3.15 Solubilisation du Zn et du Pb lors de la vérification de l'effet du $FeCl_2$ sur la solubilisation biologique (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

stabilisent après 24 heures. Si ces résultats sont comparés à l'essai stérile fait avec ajout de $FeSO_4.7H_2O$ (voir figure 3.1), il semble que la montée de POR soit un peu plus lente dans les essais où le $FeCl_2$ est ajouté. En fait il est possible que les ions réducteurs (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 du rendement supérieur 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% (98mg 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 Cl^- en solution qui auraient dû théoriquement augmenter la solubilisation du Pb, puisqu'ils forment avec lui des complexes solubles (voir

section 3.1.3.2c).

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 $FeCl_2$.

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 pH=1.75 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 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 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

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

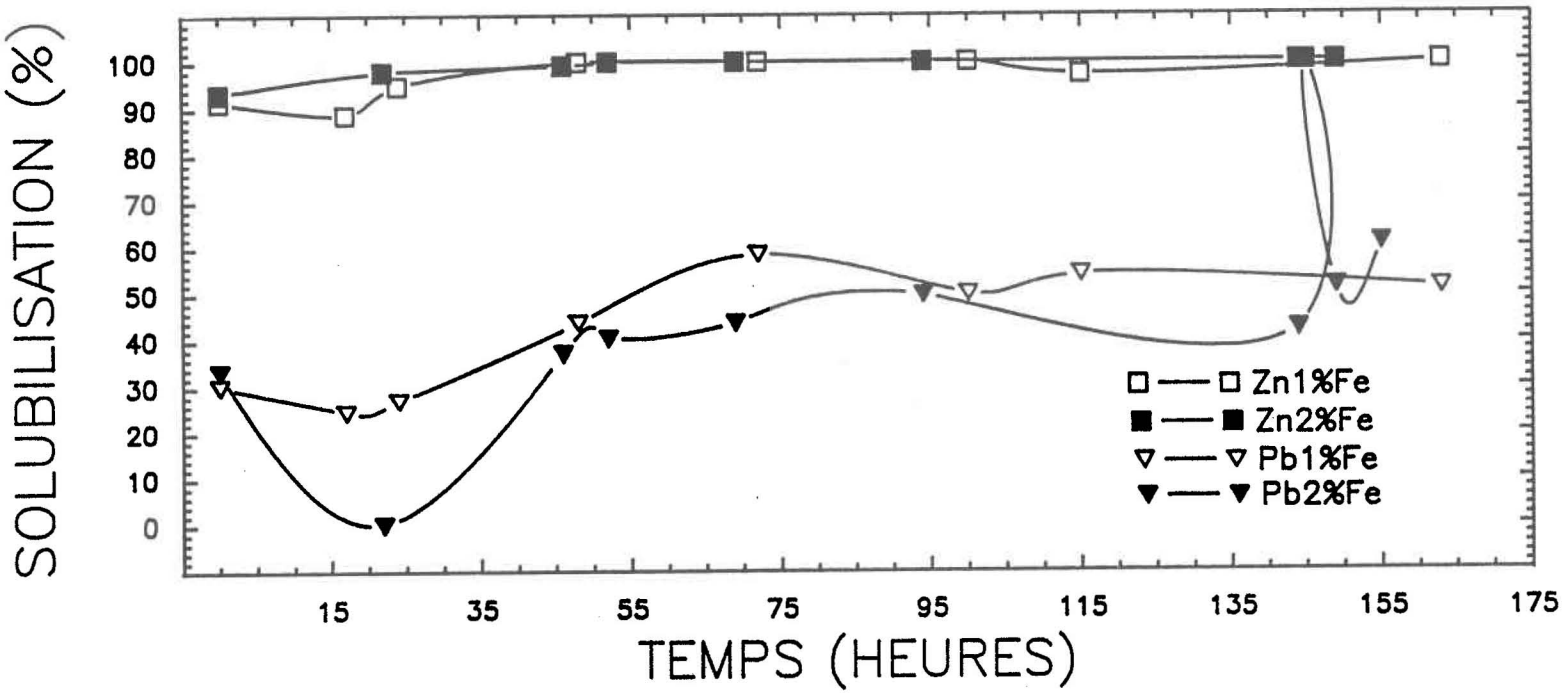


Figure 3.16 Solubilisation biologique du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeCl_2$, lors des essais avec différentes quantités de $FeCl_2$ (acidification des sédiments avec H_2SO_4).

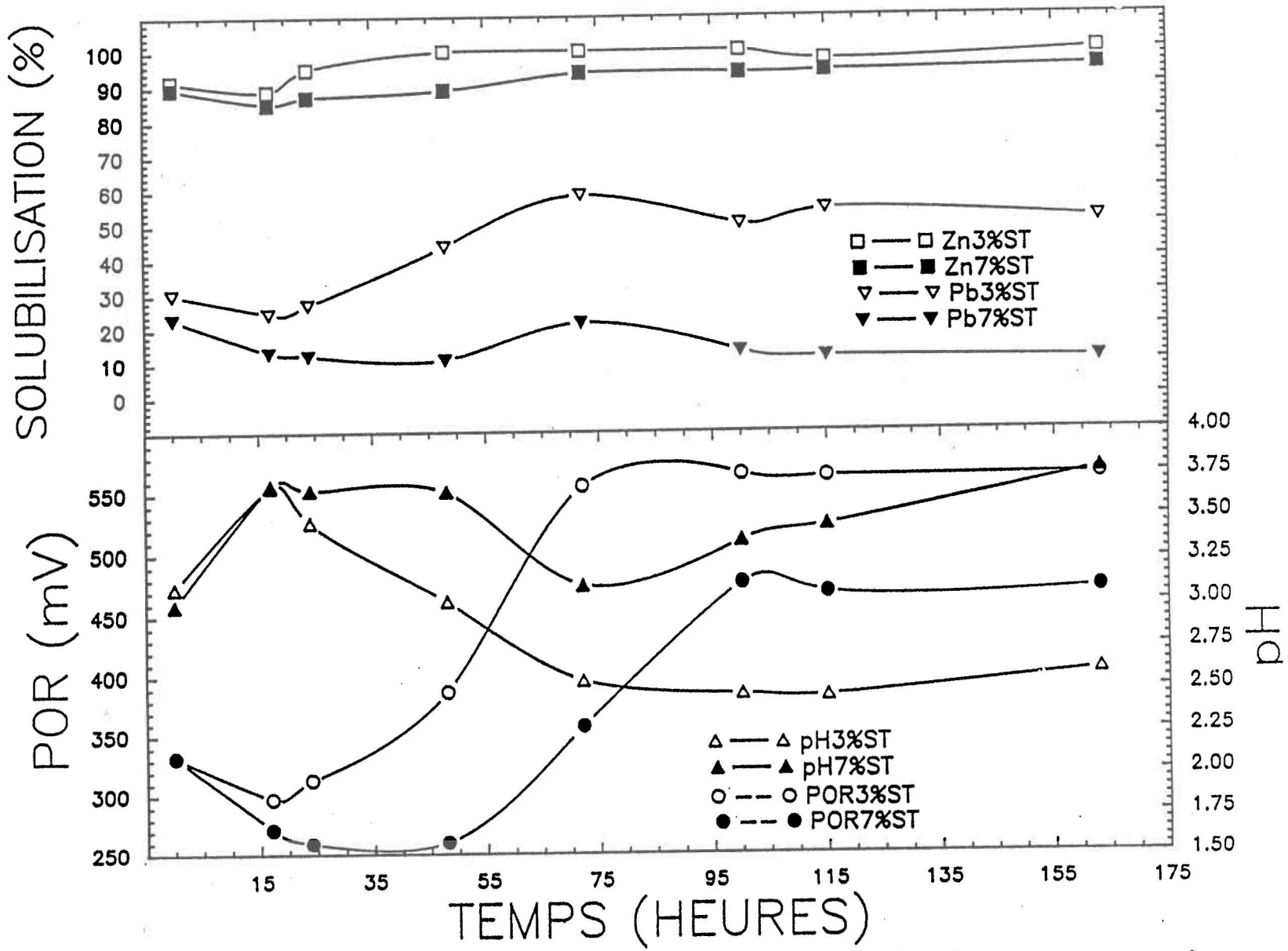


Figure 3.17 POR, pH et solubilisation du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeCl_2$, lors des essais avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec H_2SO_4 et ajout de 1% Fe avec $FeCl_2$).

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 de 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 à 149 heures.

Les essais faits avec 2% Fe semblent meilleurs que ceux fait

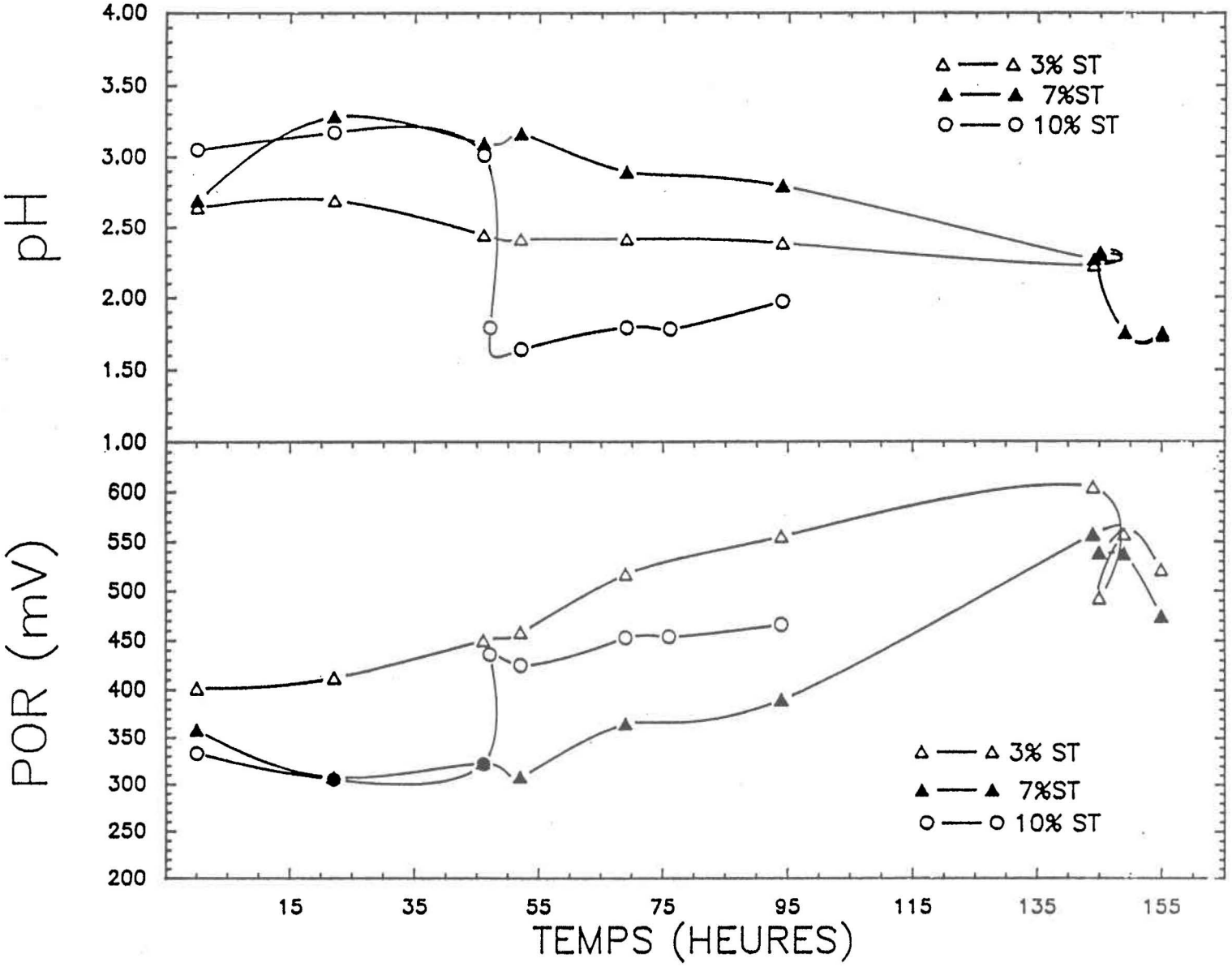


Figure 3.18 POR et pH avec une souche acclimatée au $FeCl_2$, lors des essais avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec H_2SO_4 et ajout de 2% Fe avec $FeCl_2$).

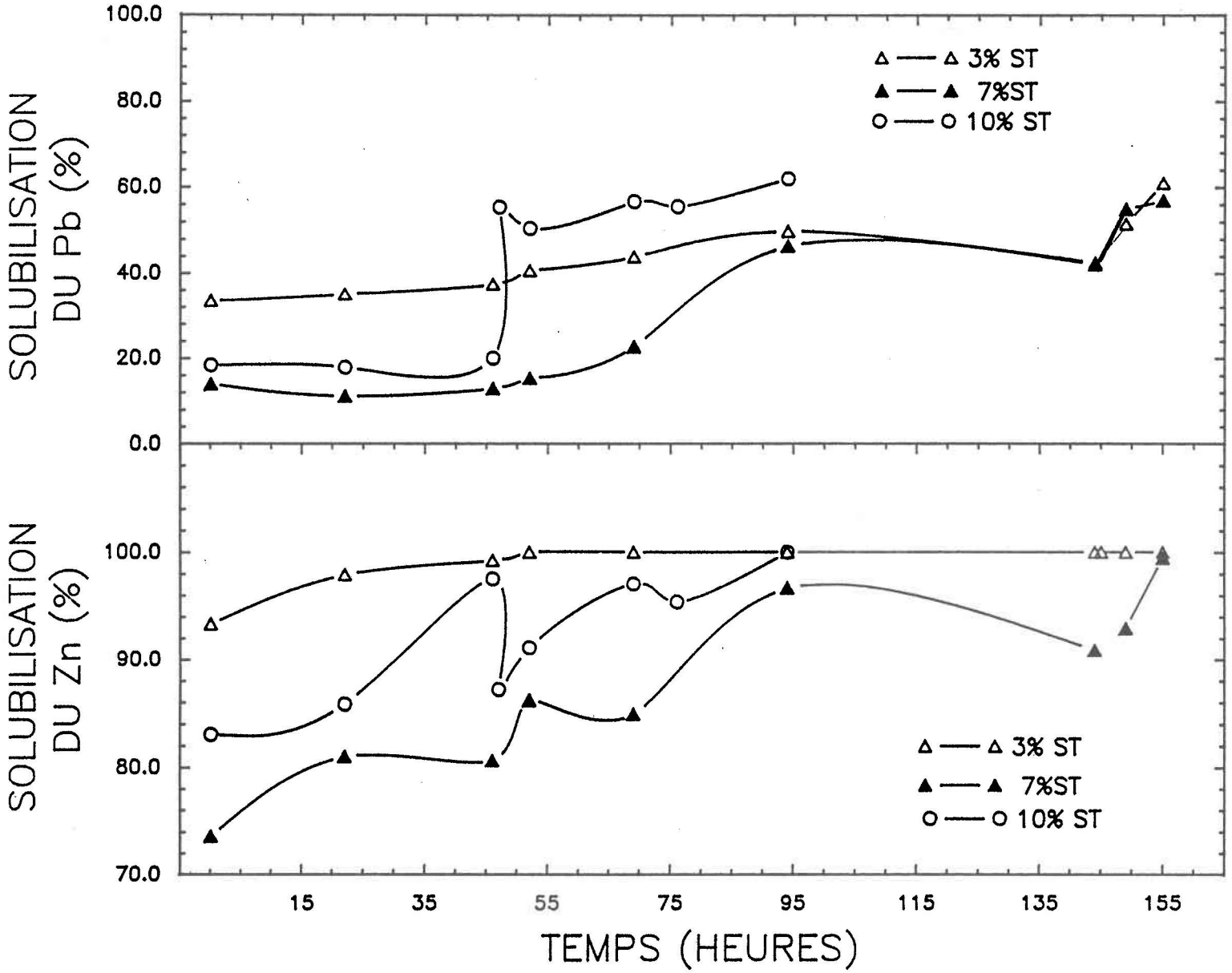


Figure 3.19 Solubilisation du Zn et du Pb avec une souche acclimatée au $FeCl_2$, lors des essais avec différentes teneurs de solides totaux (acidification des sédiments avec H_2SO_4 et ajout de 2% Fe dans $FeCl_2$).

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 (conditions de pH et viabilité des bactéries) 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%, i.e. de 40% après 48 heures, à 60%. 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 $FeCl_2$ 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 départ ne semble pas influencer la solubilisation du Zn. Déjà à 24

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

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 $FeSO_4.7H_2O$, 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 $PbSO_4$. Cette diminution des sulfates est attribuable à l'utilisation d'HCl au lieu d'H_2SO_4 et de $FeCl_2$ au lieu du $FeSO_4.7H_2O$.

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 $FeCl_2$ comme substrat et des sédiments acidifiés avec HCl, sont indiqués au tableau 3.6. Le POR et le pH de ces mêmes essai sont indiqués à la figure 3.20. Le Cu

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	--	--	--

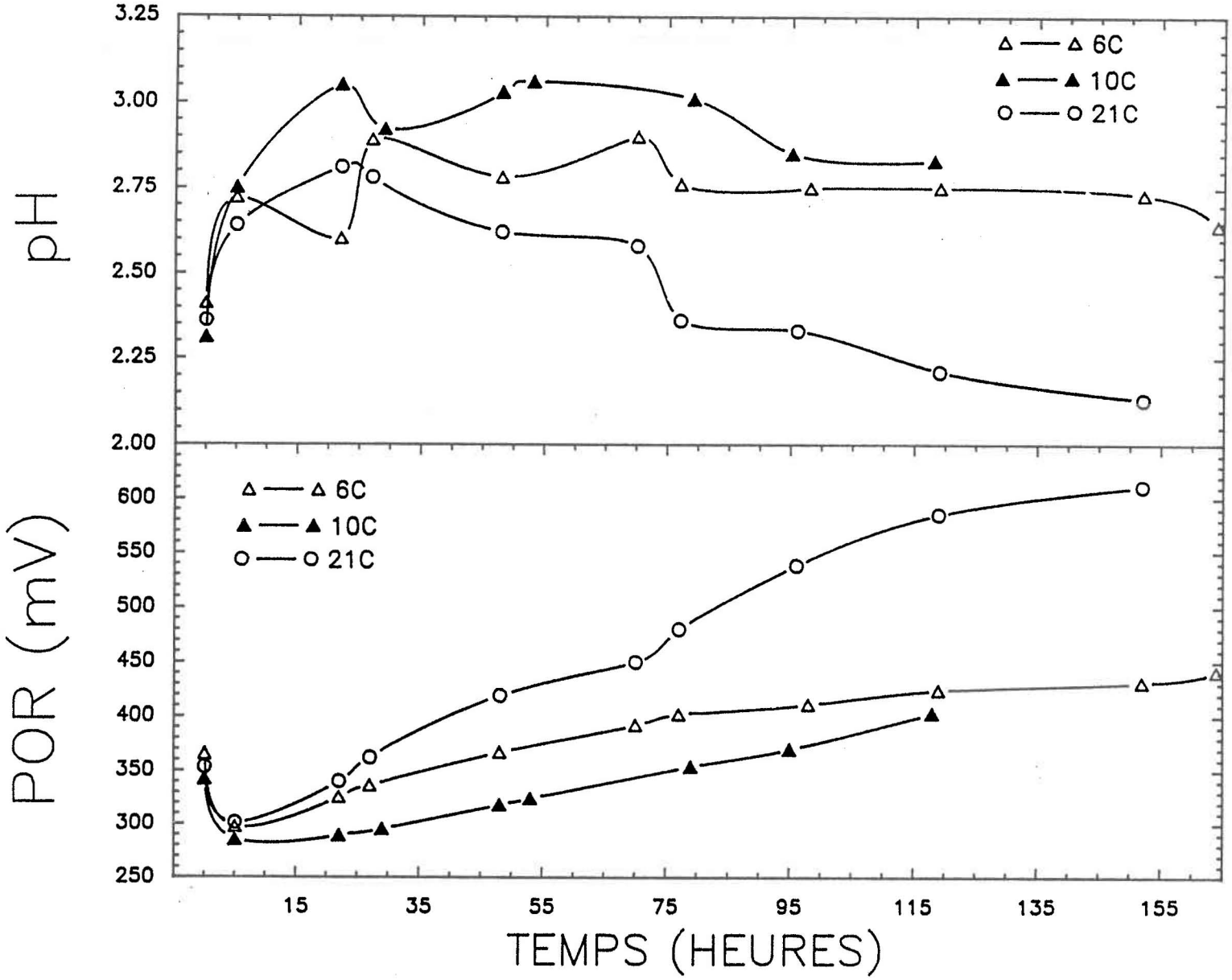


Figure 3.20 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeCl_2$, à différentes températures (acidification des sédiments avec HCl).

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 $FeSO_4.7H_2O$ (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 confirmé 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 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 $FeCl_2$ 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 17 et 100 heures, le pH passe de 3.5 à 2.89 et le POR de 238 à 382

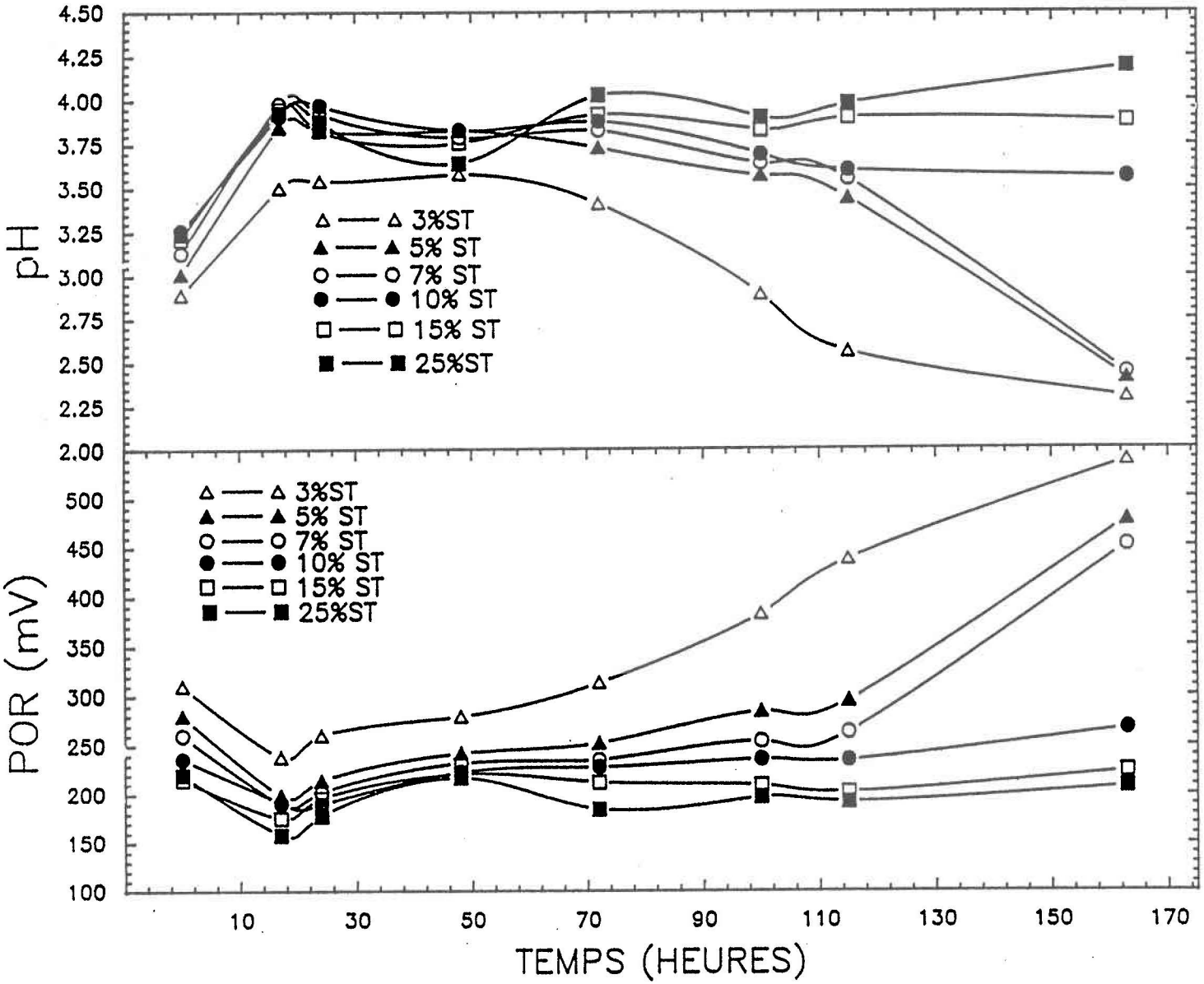


Figure 3.21 POR et pH lors des essais de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au $FeCl_2$, avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec HCl).

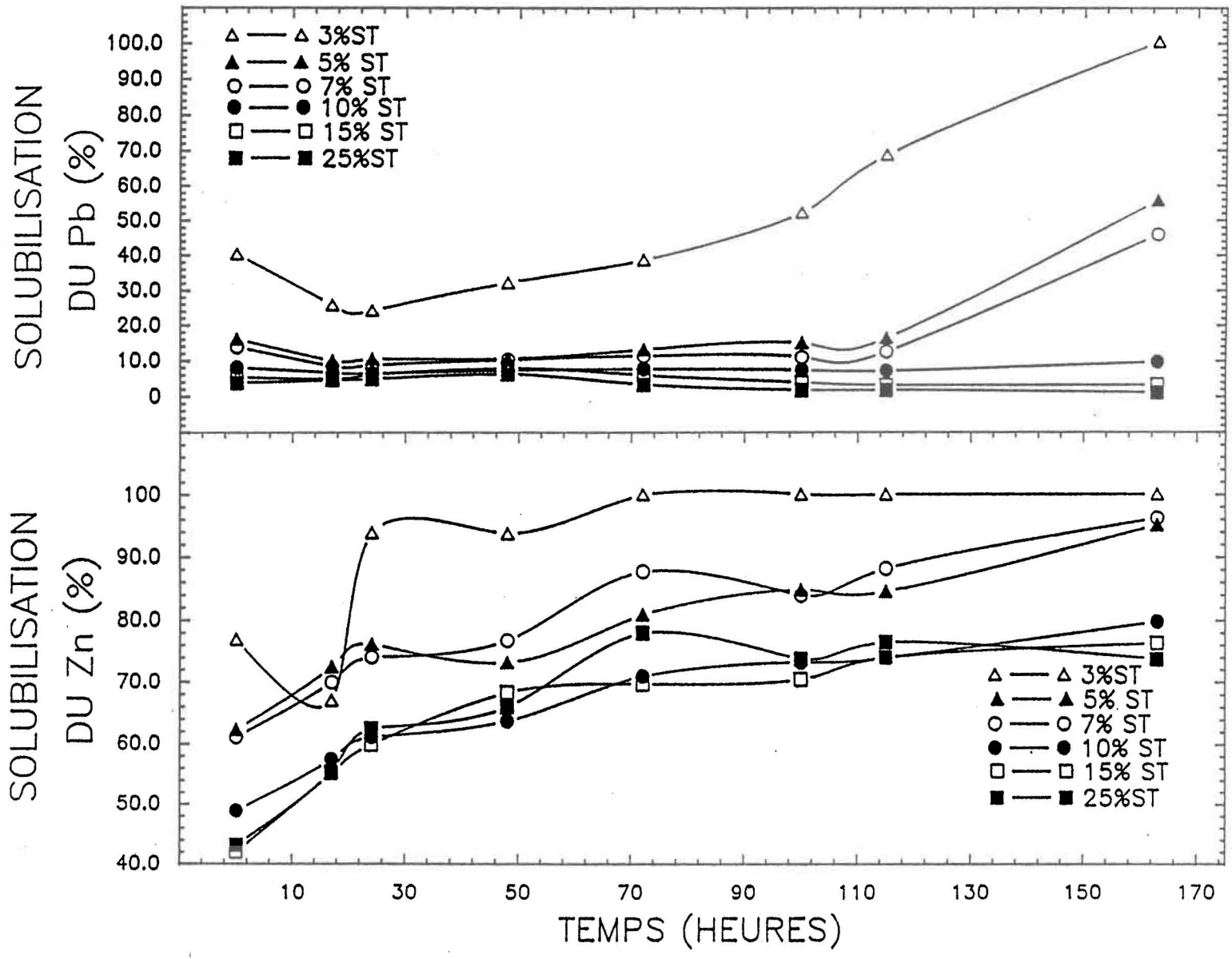


Figure 3.22 Solubilisation biologique du Zn et du Pb lors des essais avec une souche acclimatée au $FeCl_2$, avec différentes concentrations de solides totaux (acidification des sédiments avec HCl).

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 varie 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 $FeSO_4.7H_2O$ (voir section 3.1.1.1g) et dans celui de la souche acclimatée au $FeCl_2$ avec acidification des sédiments avec H_2SO_4 (voir section3.1.2.2b). 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 $FeCl_2$ 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, lors des essais effectués dans le cadre de ce mémoire. 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 ou 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 $FeCl_2$ et le $FeSO_4.7H_2O$. 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 $FeSO_4.7H_2O$. Par contre des essais effectués avec la souche acclimatée au $FeCl_2$ ont montré une différence de rendement dans le 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 privilégée. 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 de pH est en générale légèrement plus grande dans les essais où une

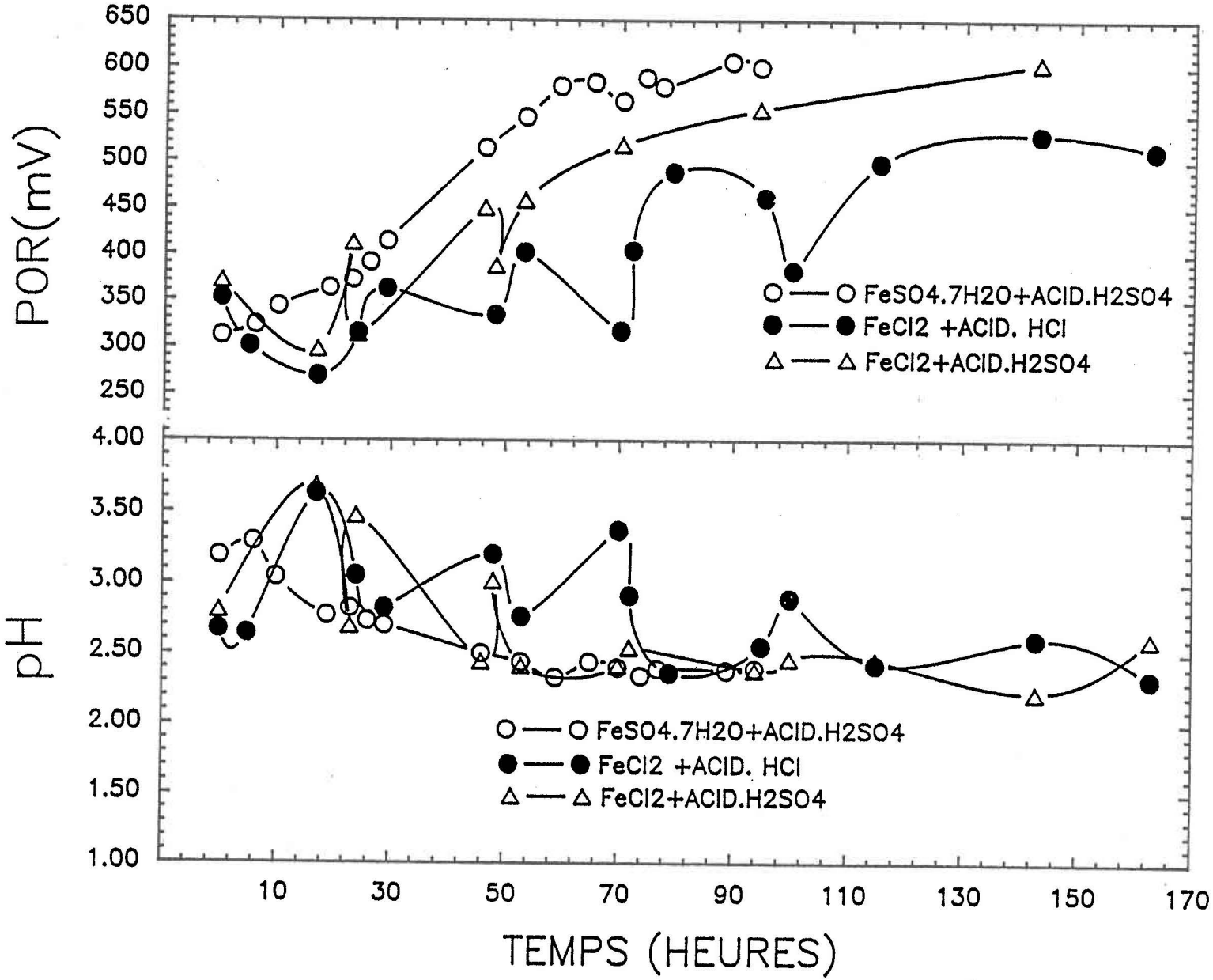


Figure 3.23 POR et pH moyens des différents essais de solubilisation biologique étudiés.

souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ et des sédiments acidifiés avec H_2SO_4 sont utilisés. Cette diminution de pH est suivie de très près par les essais faits avec $FeCl_2$ et acidification des sédiments avec H_2SO_4. Dans les deux cas, après 50 heures, le pH se stabilise autour de 2.5. Dans les essais faits avec $FeCl_2$ et acidification des sédiments avec 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 $FeSO_4.7H_2O$ et acidification des sédiments avec H_2SO_4. Elle est suivie des essais faits avec $FeCl_2$ et acidification des sédiments avec H_2SO_4, puis des essais avec $FeCl_2$ et acidification des sédiments avec 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 H_2SO_4 . Dans les essais où les sédiments sont acidifiés avec 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 H_2SO_4. Les bactéries semblent légèrement préférer comme substrat, le sulfate ferreux au chlorure ferreux. La concentration de Cl^- trouvée dans les essais avec $FeCl_2$ (2% Fe) et acidification des sédiments avec 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 chlorures sont suffisantes pour expliquer

l'instabilité des souches acclimatées au $FeCl_2$ avec acidification des sédiments avec HCl et la baisse de rendement (pH et POR) observé pour ces mêmes souches. Sans compter qu'une concentration de soufre sous forme de SO_4^{-2} moins élevée, 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 Les 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 vu plus en détail au chapitre 4. 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, de 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 les 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 (Fe^{+2}) via les substrats $FeSO_4.7H_2O$ et/ou $FeCl_2$. 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 $FeSO_4.7H_2O$, 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 au chapitre 4.

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. 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) sa 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 ($FeSO_4.7H_2O$ ou $FeCl_2$), ne semble pas affecter la solubilisation de cet élément sauf si la quantité de $FeSO_4.7H_2O$ 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 $FeCl_2$ 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 ces concentrations théoriques de Pb, pour différentes valeurs de pH, divers pourcentages de solides totaux et diverses concentration de Cl^- (pour les calculs

Tableau 3.7: *Concentration de Pb soluble calculée pour les essais avec de hautes teneurs en soufre (H2SO4+FeSO4.7H2O).*

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 (H2SO4+FeCl2).

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 chlorures (HCl+FeCl2).*

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

de concentrations, voir l'annexe 33). Les concentrations théoriques de Pb sont calculées avec les constantes de solubilité (K_{ps} de $PbSO_4$) 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 Pb^{+2} devient constante. Outre le pH, le soufre et les ions Cl^- influencent donc la solubilité du Pb. Dans le cas du soufre, ce sera via la détermination du Pb^{+2} qui est trouvée à partir du K_{ps} du $PbSO_4$ (voir équation (3) de l'annexe 33) et la présence des complexes solubles de [$PbSO_4^\circ$] (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 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 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 Cl^-, ont été expérimentés. Dans la première, les essais ont été faits avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ et des sédiments acidifiés au départ avec H_2SO_4; dans la seconde, les essais ont été faits avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ et des sédiments acidifiés au départ avec H_2SO_4; et dans la troisième, les essais ont été faits avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ 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 $FeCl_2$, dans la seconde étude, où l'acidification des sédiments a été faite avec H_2SO_4, les concentrations de Cl^- varient de 380 à 1790 mg/L selon le pourcentage de solides totaux et la concentration de substrat ($FeCl_2$) ajouté. Dans la troisième étude, l'acidification des sédiments ayant été faite avec HCl au lieu d'H_2SO_4, les concentrations de Cl^- varient de 1696 mg/L à 4995 mg/L, toujours selon le pourcentage de solides totaux et la concentration de substrat ajoutée.

Sans 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 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 $FeSO_4.7H_2O$ (substrat) et H_2SO_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 $FeCl_2$ 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 Pb^{+2} et Cl^- devient négligeable, à cause de la trop faible quantité de 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 $[PbSO_4^\circ]$ qui détermine la solubililité du Pb.

Lorsqu'il n'y a aucun ajout de soufre (substrat $FeCl_2$ 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 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 $FeCl_2$, 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 $FeSO_4.7H_2O$ et l'acidification des sédiments est faite avec H_2SO_4, les essais faits sans ajout de 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, alors que de façon théorique il aurait dû y avoir augmentation de la solubilité du Pb si la teneur en solides totaux est plus élevée (voir tableau 3.9). Toutefois à pH 2.5 et avec 3% de solides totaux, le fait que les essais sans ajout de soufre donnent des teneurs en soufre n'atteignant pas plus de la moitié du Pb soluble calculée théoriquement ne soit obtenue est

difficile à expliquer.

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 4, 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 l'acidification), d'où l'utilisation du substrat $FeCl_2$ et une acidification des sédiments au départ à pH=4 avec H_2SO_4 et une

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_2SO_4 ($CAN/t séd**sec)	HCl ($CAN/t séd**sec)	Total ($CAN/t séd**sec)	Remarques
substrat:$FeSO_4.7H_2O$ 5% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec H_2SO_4	2.75	---	7.00	---	9.75	peu coûteux bon rendement de solubilisation des métaux sauf le Pb (moins de 20%).
substrat:$FeSO_4.7H_2O$ 5% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec H_2SO_4 acid.* à t=48h à pH=1.75 avec HCl	2.75	---	7.00	20.00	29.75	plus coûteux mais augmente la solubilisation du Pb à 50%.
substrat:$FeCl_2$ 2% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec H_2SO_4	---	17.00	7.00	---	24.00	bon rendement de solubilisation des métaux et la solubilisation du Pb varie entre 30 et 50%.
substrat:$FeCl_2$ 2% (p/p) acid.* des sédiments au départ à pH=4 avec H_2SO_4 acid. à t=48h à pH=1.75 avec HCl	---	17.00	7.00	10.00	34.00	plus coûteux mais augmente la solubilisation du Pb à 100%(163h) après l'acidification.
substrat:$FeCl_2$ 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 solubilisation du Pb varie entre 35 et 70%.
substrat:$FeSO_4.7H_2O$ 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 solubilisation du Pb varie entre 40 et 45%.

*acid.:acidification

**séd.:sédiment

acidification après 48 heures avec 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 HCl sont rejettés 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 H_2SO_4 pour les sédiments contenant du Pb. Pour l'option avec $FeCl_2$ une acidification en fin de procédé doit être faite pour élever la solubilisation du Pb. Au chapitre 4, 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 $FeCl_3$ et/ou du 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 illutrée 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 $FeCl_3$

Les résultats concernant la solubilisation du Zn et du Pb pour les essais de solubilisation chimique faits à partir du $FeCl_3$ sont présentés sous forme d'histogramme à la figure 3.24. L'ajout de $FeCl_3$ s'est fait jusqu'à l'obtention de deux valeurs de pH; 1.5 et 2.0. Il faut mentionner que le $FeCl_3$ 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 (Fe^{+3}) provenant du $FeCl_3$. Pour le Zn, peu de 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%

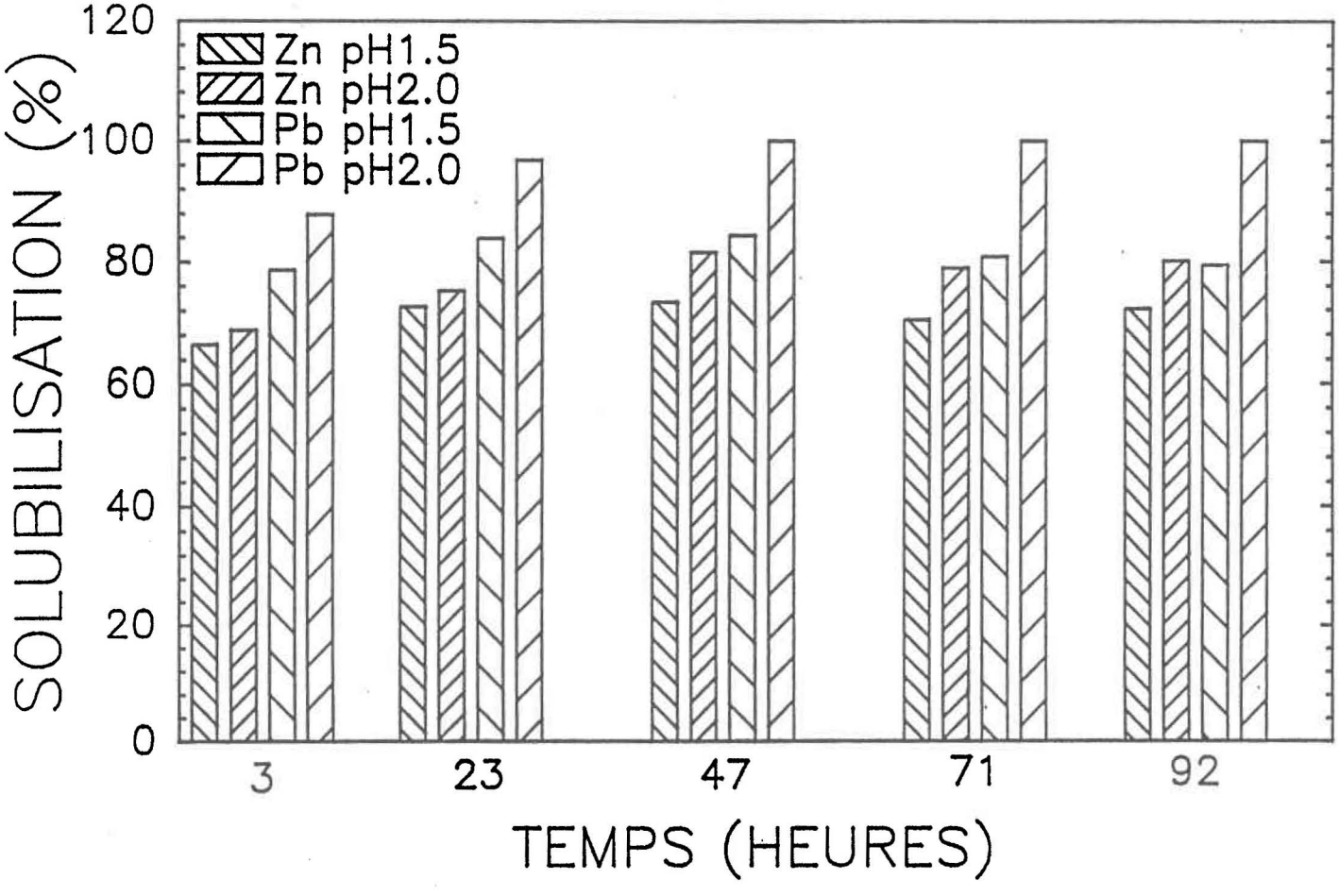


Figure 3.24 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec $FeCl_3$ lors des essais à différents pH.

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

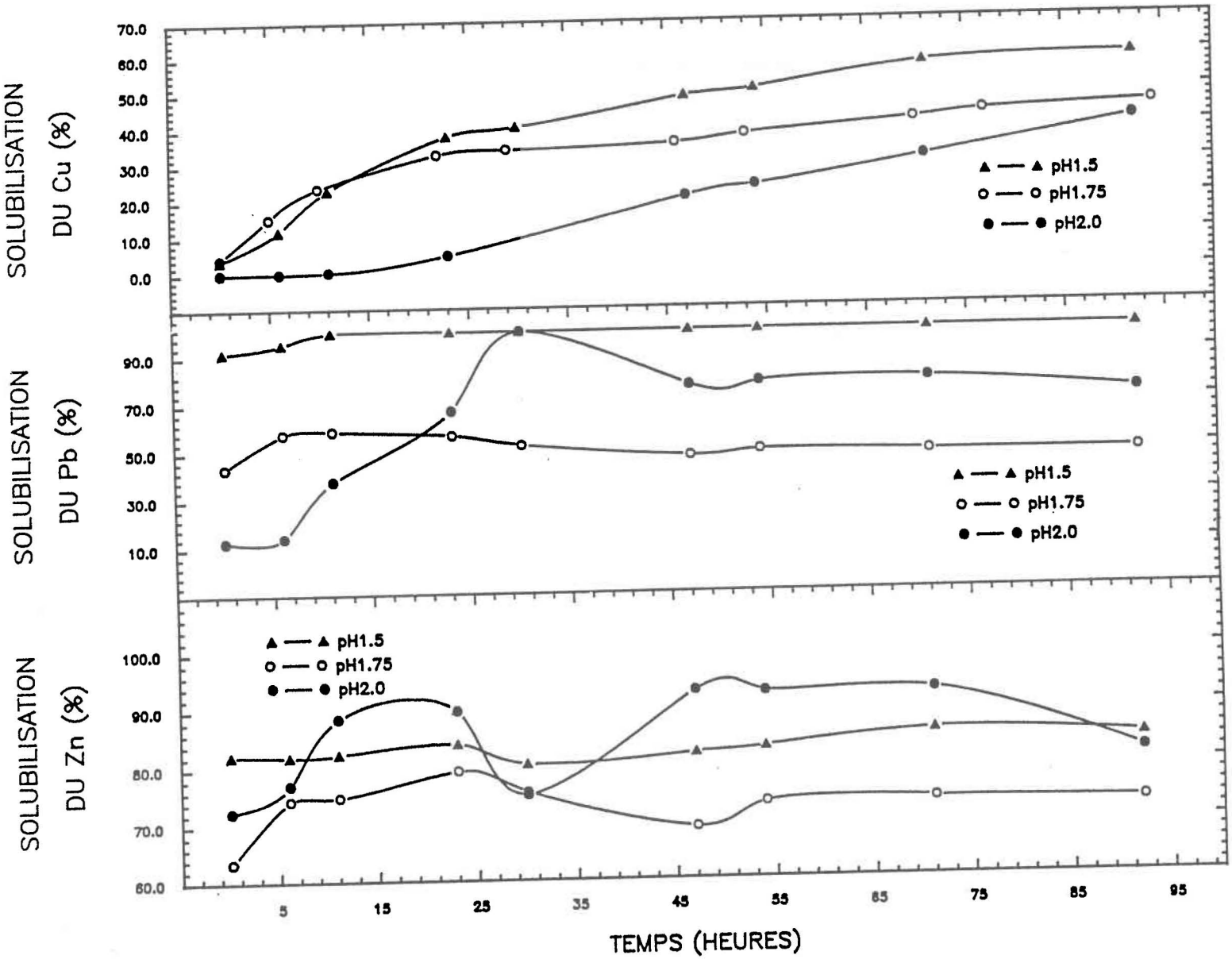


Figure 3.25 Solubilisation chimique du Zn, du Pb et du Cu avec HCl lors des essais à différents pH.

D'après ces essais, il ne semble pas que la diminution de pH favorise la solubilisation du Zn. Et même, pour l'essai au plus bas pH les rendements de solubilisation sont inférieurs de 10% par rapport aux autres pH. C'est ce qui avait aussi été constaté dans les essais de solubilisation avec $FeCl_3$ (voir figure 3.24).

Dans le cas du Pb, mis à part l'essai à pH=1.75 où on peut probablement parler d'un cas isolé, à pH=2 et surtout à pH=1.5, de bons rendements de solubilisation sont atteints. L'acidification initiale des sédiments avec HCl à 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 solubilisée, 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 $FeCl_3$

Dans cette section , la solubilisation chimique a été effectuée à partir de HCl et de $FeCl_3$. Une certaine quantité fixe de $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$ 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 . L'analyse du Pb solubilisé sur le spectromètre d'émission au plasma séquentiel, pourrait expliquer cette absence de profil. Pour conclure, de façon générale la

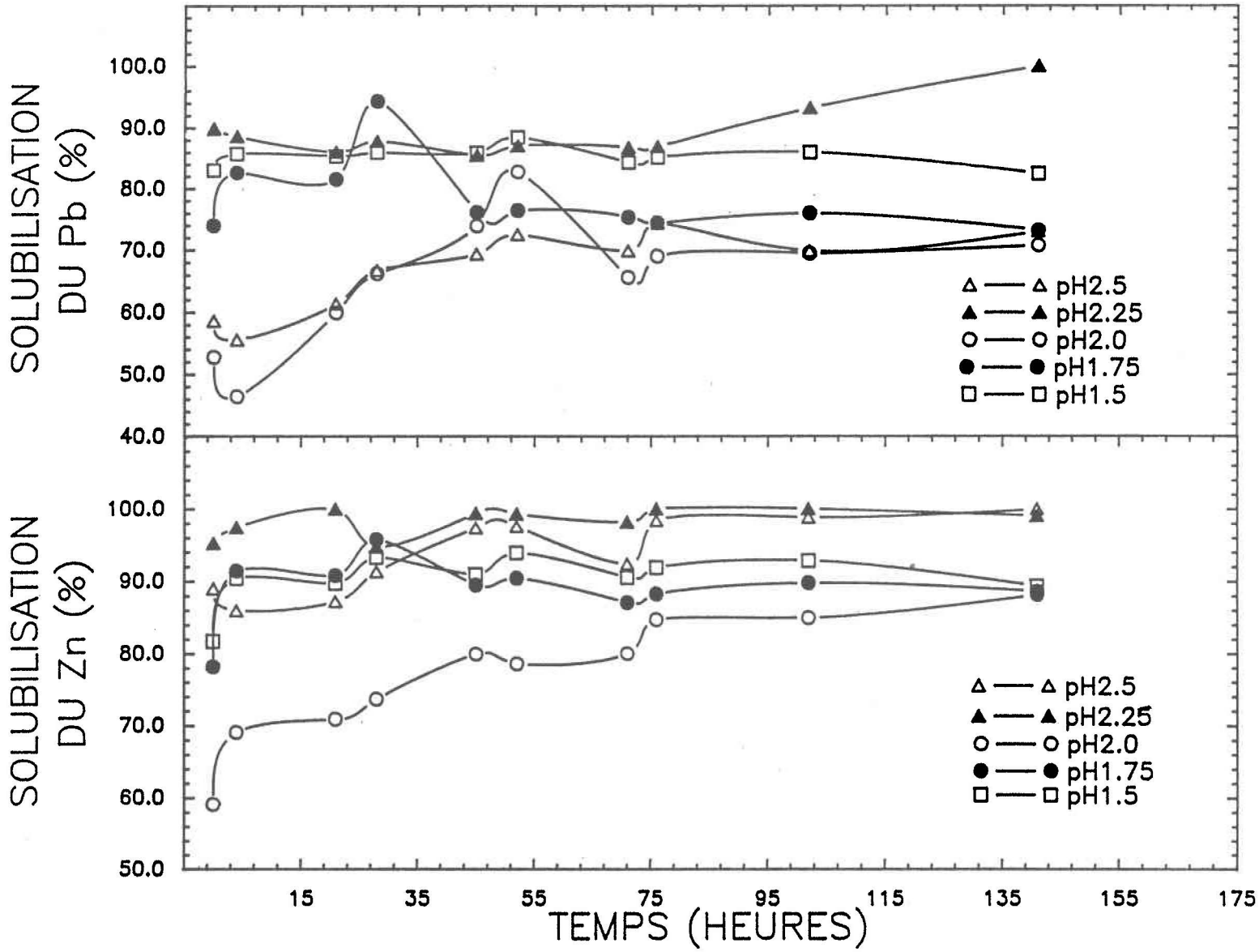


Figure 3.26 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec $FeCl_3$ (0.08 mL $FeCl_3$/g séd. sec) et HCl lors des essais à différents pH.

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 $FeCl_3$

La solubilisation du Zn et du Pb pour différentes concentrations de $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$/g sédiment sec, les rendements de solubilisation sont de 80 à 88% (66 à 71 mg/L). A 0.082 mL $FeCl_3$/g sédiment sec, il varient de 70 à 80% (66 à 75 mg/L) et à 0.12 mL $FeCl_3$/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 $FeCl_3$/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 $FeCl_3$/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 $FeCl_3$/g sédiment sec, les rendements de solubilisation sont entre 50 et 70% (6.7 à 9.0 mg/L) et à 0.12 mL $FeCl_3$/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 $FeCl_3$ ajoutée sur la solubilisation de cet élément. De bons rendements sont obtenus à 0.12 mL $FeCl_3$/g sédiment sec et à 0.041 mL $FeCl_3$/g sédiment sec;

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

soit autour de 85 à 90% de solubilisation. Les mêmes remarques s'appliquent au Pb où l'effet de l'augmentation graduelle du $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$/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 $FeCl_3$, les sédiments sont décantés et le surnageant est remplacé par de l'eau acidifiée avec HCl dans l'un des cas et 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 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 HNO_3 pour la réacidification des sédiments après la décantation.

Malgré la hausse de 5 à 10% de rendement apportée par la

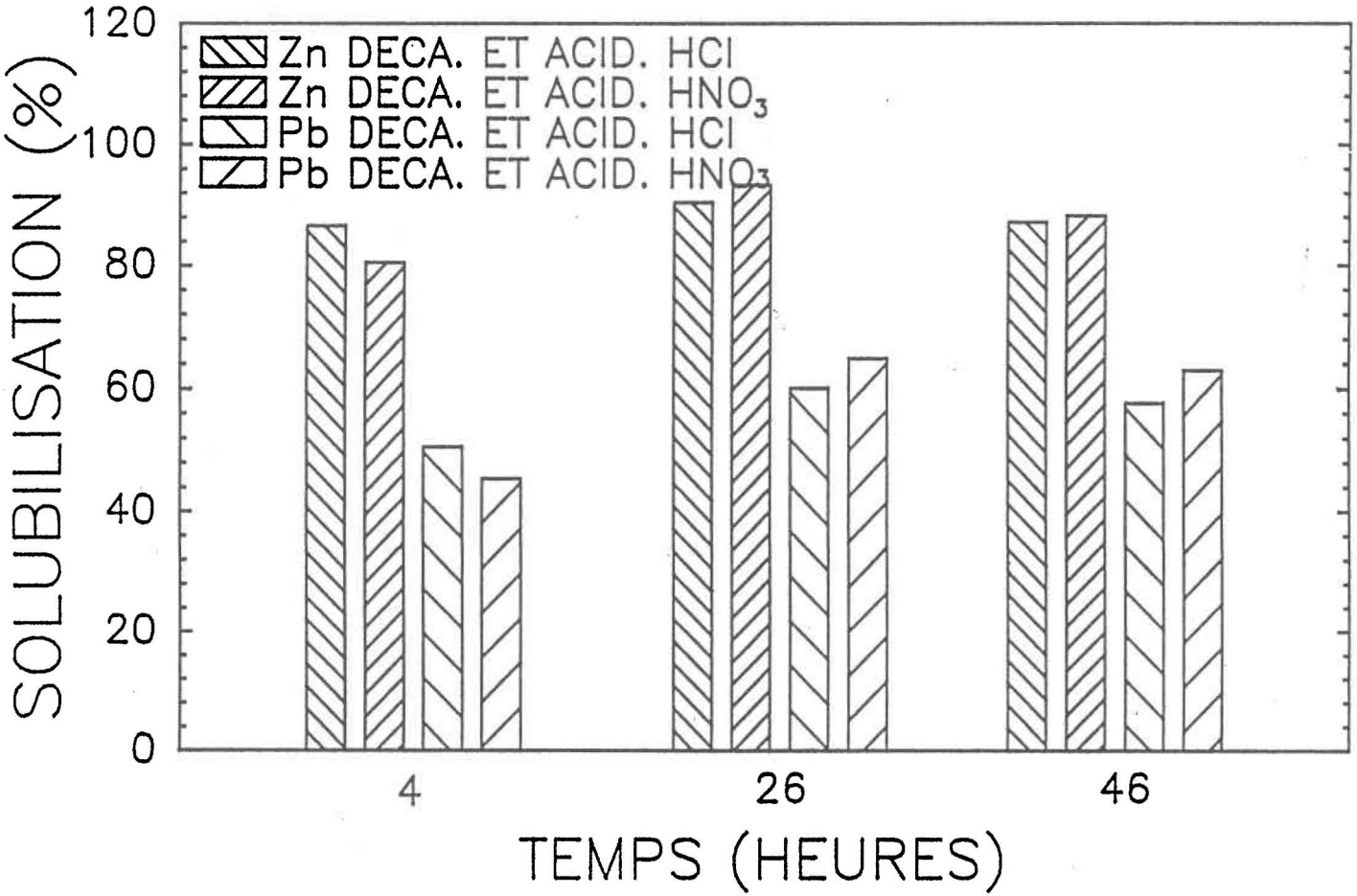


Figure 3.27 Solubilisation chimique du Zn et du Pb avec $FeCl_3$ (0.08 mL $FeCl_3$/g séd. sec) et HCl, lors des essais pour vérifier l'effet de la décantation et acidification après 23 heures.

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

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).*

Temps (heures)	Température 6C pH 2		6C pH 2.5		10C pH 2		10C pH 2.5		21C 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	--	--	--	--

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 3.28, l'effet de différents pourcentages de solides totaux sur la solubilisation du Zn et du Pb est ilustré. 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 retard à 15 et 25% de solides totaux. A ces pourcentages de solides totaux (15 et 25%), plus de 73 heures sont nécessaires pour

Tableau 3.13: Effet de différentes teneurs en solides totaux sur la solubilisation chimique avec FeCl3 (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

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 $FeCl_3$ ou du HCl ou les deux produits, comme agents acidifiants et lixiviants, 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 $FeCl_3$ seul 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 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 $FeCl_3$. 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 $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$ (0.04, 0.08 et 0.12 mL $FeCl_3$/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_3 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 Les 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 phophore, 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 $FeCl_3$, 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 $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$, la solubilisation du Cu varie en général entre 50% après 21 heures et 75-80% après 97 heures. Sans $FeCl_3$, sa solubilisation n'excède pas 50%.

Dans les essais faits avec du HCl seulement ou HCl et $FeCl_3$, la solubilisation du Fe varie entre 30 et 50%. Dans les essais fait seulement avec $FeCl_3$, 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 $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$ 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 4 où le sédiment #3 étudié contient du Ni en plus grande concentration.

Dans les essais où le HCl et le $FeCl_3$ 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 $FeCl_3$ 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 $FePO_4$, 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 $FeCl_3$ et HCl ensembles (pH=1.5, 1.75) et ceux réalisés avec HCl ou $FeCl_3$ employé seul (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 $FeCl_3$ seul, mais son coût est trop élevé (124 à 300 $/t sédiment sec). Il est cependant à remarquer que la quantité de $FeCl_3$ ajoutée pour arriver à une valeur de pH donnée peut varier, l'acidité du $FeCl_3$ 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 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 $FeCl_3$ et le HCl pour acidifier les sédiments se révèle préférable: le coût est autour de 33 $/t sédiment sec. La concentration de $FeCl_3$ ajoutée est de 0.08 mL/g sédiment sec et le pH d'acidification est de 2. Cette dernière option sera vue plus en détail au chapitre 4.

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	289.00	---	289.00	très haute solubilisation du Pb (80 à 100%) et POR élevé très coûteux.
	pH 2.0	124.00	---	124.00	
HCl utilisé seul	pH 1.5	---	64.00	64.00	haute solubilisation du Pb (50 à 100%) et faible POR faible solubilisation du Cu.
	pH 1.75	---	26.00	26.00	
	pH 2.0	---	42.00	42.00	
HCl pH 2	0.041 mL FeCl3/g séd* sec	6.05	33.00	39.00	haute solubilisation du Pb (70 à 90%) et bon POR.
	0.08 mL FeCl3/g séd* sec	12.09	21.00	33.00	
	0.12 mL FeCl3/g séd* sec	18.00	21.00	39.00	
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 mLFeCl3/g séd*sec	6.00	6.00	41.00	bonne solubilisation du Pb (63 à 78%) et bon POR.
	0.08 mL FeCl3/g séd*sec	16.50	16.50	51.00	

*séd.:sédiment

CHAPITRE 4

ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS IIième PARTIE: OPTIMISATION DU PROCÉDÉ DE SOLUBILISATION DES MÉTAUX PAR VOIE BIOLOGIQUE ET/OU CHIMIQUE SUR DIFFÉRENTS SÉDIMENTS

ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS IIième partie:

OPTIMISATION DU PROCÉDÉ DE SOLUBILISATION DES MÉTAUX

PAR

VOIE BIOLOGIQUE ET/OU CHIMIQUE SUR DIFFÉRENTS SÉDIMENTS

Un des buts de ce travail de recherche est de déterminer le procédé de solubilisation des métaux des sédiments, potentiellement les plus applicables, en regard du rendement de solubilisation et des coûts d'application. Les différents essais effectués en cuvée de 500 mL (voir chapitre 3), en plus de déterminer l'influence de divers facteurs sur la solubilisation des métaux, ont permis d'explorer différentes combinaisons de procédés de solubilisation biologique et chimique. Les procédés potentiellement intéressants ont été retenus (voir 3.1.3.3 et 3.2.4.3) et refaits en cuvée de 2 L (voir annexe 26 à 32), avec des sédiments d'origine différentes. Ceci afin d'être plus en mesure d'évaluer l'effet de différents types de sédiment et des teneurs variables en métaux. Ce sont ces résultats qui sont présentés au chapitre 4.

Ce chapitre peut-être divisé en deux parties. Dans la première partie, le(s) procédé(s) potentiellement le(s) plus applicable(s) sera(ont) déterminé(s). Dans la seconde partie, divers aspects ayant trait à l'application du procédé(s) choisi(s) seront étudiés de plus près.

4.1 Choix du (des) procédé(s) potentiellement applicable(s)

Le tableau 4.1 résume le coût des différentes options, de même que l'efficacité d'enlèvement des métaux contenus dans les sédiments où leur teneur est deux fois supérieure à la norme recommandée par Environnement Canada, 1978 (voir annexe 34). Les différents essais expérimentés jusqu'à maintenant (voir chapitre 3) ont permis de retenir trois procédés potentiellement applicables. Il s'agit du procédé chimique avec HCl et $FeCl_3$ et des procédés biologiques à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ et d'une souche acclimatée au $FeCl_3$. Pour les deux procédés biologique, en fin de traitement, les essais sont acidifiés à pH=1.75 avec HCl.

De plus, il a été jugé utile d'évaluer dans le cadre du traitement #2, l'effet oxydant du H_2O_2 sur la solubilisation chimique des métaux. Suite au traitement biologique, la décantation des sédiments traités suivie de différents essais de solubilisation des métaux à partir de NaCl et $FeCl_3$, ont été faits (voir traitement #4, #5 et #6). Le NaCl a été utilisé suite aux résultats obtenus par Legiec et al. (1989a,b) sur les cendres d'incinérateurs. Enfin les propriétés oxydantes du fer ferrique comme agent lixiviant rend le $FeCl_3$ intéressant pour la solubilisation des métaux.

Les résultats de solubilisation ont été suivis sous forme d'enlèvement réel total des métaux. C'est-à-dire que les teneurs en métaux après l'application du traitement sont comparées aux teneurs initiales. Le calcul de l'efficacité du traitement est

Tableau 4.1. Coût de l'enlèvement des métaux et de l'ion de remplacement M^{Z+} pour différents types de sédiments suite à l'application de divers traitements de solubilisation des métaux.

	Sédiment #2		Sédiment #3						Sédiment #6								
Métaux dans sédiment avant traitement (mg/kg séd. sec)	Zn 767		Zn 984		Cu 361		Ni 148		Pb 433		Zn 10547		Cu 483		Cd 49,5		Hg 15,8
	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{Z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{Z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{Z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{Z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{Z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{Z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{Z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{Z+} (%)	Enlèv. Total (%)
#1) trait. chim.*1 $HCl + FeCl_3$ déc.*2	31.3	82.8	73.4	70.9	70.5	43.8	10.6	1.4	0.05	0	59.3	0	0	0	6.4	0	0
#2) trait. chim.*1 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ déc.*2 et $FeCl_3$ (avec H_2O_2)																	
#3) trait.*3 biol. et chim. H_2SO_4 pH 4 + $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ HCl pH 1.75	53.2	94.5	74.1	89.1	69.2	49.6	20.0	70.0									
#4) trait.*3 biol. et chim. H_2SO_4 pH 4 + $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ déc. et NaCl (0.5M)			63.3	86.8	61.5	35.7	21.1	62.5	47.9	80.3	71.4	95.9	19.4	0	67.4	71.9	100.0
#5) trait.*3 biol. et chim. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ déc. et NaCl (0.5M)																	
#6) trait.*3 biol. et chim. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ déc. et $FeCl_3$																	
#7) trait.*3 biol. et chim. H_2SO_4 pH 4 + $FeCl_2$ *2 déc. + HCl pH 1.75									40.8	88.2	76.8	97.9	55.6	74.1	84.5	87.8	2.5

*1 traitement chimique *2 décantation *3 traitement biologique et chimique

Tableau 4.1. Suite.

	Sédiment #8			Sédiment #11										Coûts ($/t séd. sec)				
Métaux dans sédiment avant traitement (mg/kg séd. sec)	Ni 54.8		Hg 24.8	Pb 349		Zn 2232		Cu 129		Ni 76		Cr 178						
	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{z+} (%)	Enlèv. Total (%)	Enlèv. M^{z+} (%)	Enlèv. Total (%)			Séd.#2	Séd.#3	Séd.#8	Séd.#6	Séd.#11
#1) trait. chim.*1 HCl + $FeCl_3$*2 déc.	0	28.3	0	61.9	0	88.4	87.2	54.7	31.6	16.1	0	0.71		HCl/HNO	24.00	26.00	52.00	80.00	24.00
														$FeCl_3$	12.09	12.09	12.09	12.09	12.09
														Déc.	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
														Total	41.00	43.00	69.00	97.00	41.00
#2) trait. chim.*1 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ déc.*2 et $FeCl_3$ (avec H_2O_2)				48.6	-	79.9	--	60.4	--	14.8	-	27.7		$FeSO_4 \cdot 7H_2O$					11.00
														Déc.					10.00
														$FeCl_3$					12.00
														H_2O_2					3.00
														Total					36.00
#3) trait.*3 biol. et chim. H_2SO_4 pH 4 + $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ HCl pH 1.75	9.4	79.9	0											H_2SO_4	3.00	2.00	10.00		
														$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	2.75	2.75	2.75		
														HCl	32.00	24.00	30.00		
														Total	37.75	28.75	43.00		
#4) trait.*3 biol. et chim. H_2SO_4 pH 4 + $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ déc. et NaCl (0.5M)				47.1	85.1	80.0	95.6	53.6	64.9	20.3	86.5	13.5		H_2SO_4	2.00	3.50		12.00	
														$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	2.75	2.75		2.75	
														Déc.+boucle	40.00	40.00		40.00	
														NaCl (0.5M)	9.00	9.00		9.00	
														Total	53.75	55.25		59.00	
#5) trait.*3 biol. et chim. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ déc. et NaCl (0.5M)				52.8	86.0	78.7	87.9	64.2	61.1	8.7	77.0	8.7		$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	11.00				
														Déc.+boucle	35.00				
														NaCl (.5M)	9.00				
														Total	55.00				
#6) trait.*3 biol. et chim. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ déc.*2 et $FeCl_3$				52.1	83.7	77.6	89.6	69.6	75.5	0	82.4	3.9		$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	11.00				
														Déc.	10.00				
														$FeCl_3$	12.09				
														Total	33.00				
#7) trait.*3 biol. et chim. H_2SO_4 pH 4 + $FeCl_2$ déc.*2 + HCl pH 1.75				43.2	78.0	89.3	84.6	69.6	77.0	20.8	50.7	0		H_2SO_4				11.00	3.50
														$FeCl_2$				17.00	17.00
														Déc.				5.00	5.00
														HCl				28.00	18.00
														Total				61.00	44.00

*1 traitement chimique *2 décantation *3 traitement biologique et chimique

tributaire de la qualité de la séparation solide-liquide: l'erreur dépend de la quantité de métaux solubles contenus dans l'eau résiduelle des sédiments concentrés.

Prenons par exemple 1 L de sédiment à 3% (p/p) de solides totaux; ce litre contient 30g de sédiment sec et 970 g d'eau. Après filtration, si celle-ci se fait jusqu'à 30% (p/p) de solides totaux, on obtiendra 100 g de sédiments filtrés et 900 g de surnageant. Les sédiments filtrés qui sont à 30% (p/p) de solides totaux contiennent donc encore 70 g d'eau, ce qui signifie qu'il reste encore 7% d'eau dans les sédiments filtrés (i.e. 70 g vs 970 g d'eau du départ). Etant donné que les métaux solubles se retrouvent dans cette eau, le suivi des métaux dans les sédiments traités et filtrés sous-estimera de 7% la quantité de métaux enlevée par rapport aux métaux solubilisés dans le surnageant. Meilleure sera la déshydratation des sédiments, plus petite sera l'erreur de calcul.

Pour certains métaux, i.e. le Pb, le Zn, le Cu, le Ni et le Cd, la concentration de l'ion libre (M^{z+}) a également été determinée avant et après le traitement de solubilisation (voir annexes 26g à 32g). Ceci devrait donc nous permettre de s'assurer en terme de biodisponibilité de ce qu'il advient des métaux suite au traitement de décontamination. Comme il a été vu au chapitre 1, la teneur en métaux totaux du sédiment est rarement représentative de la quantité de métaux disponibles (Campbell et al.,1988). C'est dans le but d'estimer une certaine biodisponibilité des métaux contenus dans les sédiments que la détermination de la concentration de

l'ion libre M^{z+} a été faite. La concentration de cet ion en phase aqueuse a en effet été corrélée à la toxicité des métaux dans les sédiments (Tessier et al.,1984).

La concentration d'oxyhydroxydes de Fe permettrait d'évaluer bien l'adsorption du Pb, du Zn, du Cu et du Ni (Tessier, 1992). D'où pour la détermination de M^{z+}, l'évaluation des concentrations des métaux liés aux oxyhydroxydes de fer (Fe-M), de même que celle de la constante reliée aux oxyhydroxydes de fer ont pu être utilisés, tel que décrit dans la section 2.3.7 de matériel et méthode. Pour le Cd, il semble que le ratio Cd lié aux oxyhydroxydes sur les oxyhydroxydes de fer total, ne soit pas représentatif du ratio retrouvé dans la nature (Tessier et al., 1992). Donc l'équation utilisant le Cd extrait à la fraction 3b (i.e. la fraction liée aux oxyhydroxydes de Fe), n'est pas valable puisqu'une partie importante du Cd serait aussi lié à la matière organique. Pour la détermination de M^{z+}, la mesure de la concentration de Cd total, en tenant compte de la matière organique, est un meilleur estimateur (voir annexe 26g à 32 g). Donc le Cd total plutôt que le Cd lié au Fe a été utilisé pour le calcul de M^{z+} du Cd. Pour déterminer la concentration de l'ion libre, la méthode d'extraction sélective de Tessier et al., (1979) a été utilisée. Les résultats sont présentés au tableau 4.1 sous forme de pourcentage d'enlèvement de M^{z+}; les teneurs en M^{z+} après le traitement sont comparées à celles avant le traitement.

Les coûts indiqués au tableau 4.1 sont en dollars canadiens par tonne métrique sèche de sédiments. Les prix utilisés pour

estimer les coûts du HCl concentré sont de 163 $/t, ceux du $FeSO_4.7H_2O$ de 55 $/t, ceux du H_2O_2 (50%) de 115 $/t, ceux du H_2SO_4 (98%) de 122 $/t, ceux du $FeCl_3$ de 1.14 $/kg Fe, ceux du $FeCl_2$ de 0.85 $/kg Fe et ceux du NaCl de 50 $/t. Le prix de la décantation est estimé à 5 $/t sédiment sec à partir d'une étude économique pour les boues d'usine d'épuration (46 t/jour) effectuée par BPR (1991). Dans le cas où les traitements de solubilisation comportent du NaCl, une boucle effectuée suite à l'application du traitement est inclus. Cette boucle permettrait le recyclage du NaCl et son coût d'opération est estimée à 30.00 $/t sédiment sec, en utilisant le même type de calcul fait par BPR (1991).

Les sédiments utilisés pour les essais sont les sédiments #11, #6, #3, #2 et #8 (voir annexe 1a). Le sédiment #11 (voir tableau 4.1) provient du canal Lachine, tout comme le sédiment #12 dont il a été question au chapitre 3. Ce sédiment est fortement contaminé en Pb et en Zn et, dans une moindre mesure, en Cu, en Ni et en Cr. Il dépasse les normes d'Environnement Canada (1978), par un facteur d'environ 6 fois pour le Pb, 2 fois pour le Cu, 12 fois pour le Zn, 3 fois pour le Ni et 2 fois pour le Cr. Le sédiment #6 provient d'un site situé tout près de l'île-aux-Chats dans la région de Valleyfield (voir annexe 1a). Ce sédiment est spécialement contaminé en Zn avec 10547 mg Zn/kg sédiment sec; il excède les normes d'Environnement Canada (1978) par 60 fois. Il est aussi très contaminé en Pb, Cu et Cd. Pour ces derniers métaux, il dépasse les normes par un facteur d'environ 7 fois pour le Pb, 8 fois pour le Cu et entre 5 et 6 fois pour le Cd. Le

mercure dépasse la norme par un facteur de 15 dans ce sédiment.

Le sédiment #3 qui provient de l'estuaire de la rivière Maskinongé dans le lac Aylmer, est surtout contaminé en Cu, Zn et Ni. Pour ces trois métaux, il est de 5 à 6 fois plus contaminés que les normes recommandées par Environnement Canada (1978).

Le sédiment #2 a été prélevé dans le port de Québec vis-à-vis la Daishowa Inc. dans l'estuaire de la rivière St-Charles (voir annexe 1a). Ce sédiment est surtout contaminé en Zn, dont la teneur est 4 fois plus élevée que la norme recommandée. Sa teneur en Mn est également assez élevée (917 mg Mn/kg sédiment sec).

Le sédiment #8 provient de l'estuaire de la rivière St-Louis dans le lac St-Louis. Ce sédiment est en général assez faiblement contaminé, sauf pour le mercure. Pour ce métal, il excède la norme recommandée par un facteur de 25. Il dépasse aussi les normes pour le Ni par 2 fois.

4.1.1 Procédé de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$

Le traitement #1 indiqué au tableau 4.1, consiste en l'ajout d'une quantité fixe de $FeCl_3$, soit 0.08 mL $FeCl_3$/g sédiment sec, suivie d'une acidification des sédiments jusqu'à pH 2 avec HCl. Après 23 heures, les sédiments sont décantés et le volume du surnageant est remplacé par le même volume d'eau distillée. Le tout est réacidifié à pH=2 avec HNO_3. Les tableaux 4.2 à 4.6 indiquent l'enlèvement réel total pour tous les métaux analysés dans les sédiments.

Avec des coûts variant entre 41.00 à 97.00$/t sédiment sec,

Tableau 4.2: *Suivi des métaux dans le sédiment #2 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3.*

Métaux	Teneur en métaux		Enlèvement
	Sédiment avant traitement à t=0h (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement à t=29h (mg/kg séd.sec)	(%)
Pb	75.6	57.9	23.4
Cu	94.0	64.2	31.7
Zn	744.0	511.4	31.3
Mn	917.0	264.7	71.1
Ni	35.0	35.4	0
Cr	116.0	89.1	23.1
Fe	39344	29133	25.9
Cd	2.5	2.3	10
Hg	0.67	0.75* 0.77**	0* 0**

*t= 22h
**t= 25h

Tableau 4.3: *Suivi des métaux dans le sédiment #3 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3.*

Métaux	Teneur en métaux		Enlèvement
	Sédiment avant traitement à t=0h (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement à t=29h (mg/kg séd.sec)	(%)
Pb	62.2	36.3	41.6
Cu	334.5	985.0	70.5
Zn	1016.3	270.7	73.4
Mn	707.5	304.3	56.9
Ni	132.9	118.9	10.6
Cr	95.1	85.9	13.3
Fe	35132	38614	0
Cd	5.1	1.0	79.6
Hg	0.26	0.23* 0.17**	11.5* 32.8**

*t= 22h
**t= 25h

Tableau 4.4: *Suivi des métaux dans le sédiment #6 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3.*

Métaux	Teneur en métaux		Enlèvement
	Sédiment avant traitement à t=0h (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement à t=48h (mg/kg séd.sec)	(%)
Pb	410.0	409.8	0.05
Cu	482.0	522.3	0
Zn	11608	4718.9	59.3
Mn	240.0	130.7	45.5
Ni	36.0	35.1	2.5
Cr	158.0	515.1	4.4
Fe	160904	163143	0
Cd	44.9	42.0	6.4
Hg	15.8	16.5* 18.0**	0* 0**

*t= 22h
*t= 25h

Tableau 4.5: *Suivi des métaux dans le sédiment #8 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3.*

Métaux	*Teneur en métaux*		*Enlèvement*
	Sédiment avant traitement à t=0h (mg/kg séd.sec)	*Sédiment après traitement à t=29h* (mg/kg séd.sec)	(%)
Pb	54.6	40.4	26.0
Cu	54.6	36.6	32.9
Zn	223.9	122.4	45.3
Mn	873.6	379.7	56.5
Ni	54.6	57.9	0
Cr	111.4	131.7	18.2
Fe	57866	41226	28.7
Cd	0.65	0.15	76.9
Hg	24.8	24.0* 24.5**	0* 0**

*t= 22h

**t= 27h

Tableau 4.6: *Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3.*

Métaux	*Teneur en métaux*		*Enlèvement*
	Sédiment avant traitement à t=0h (mg/kg séd.sec)	*Sédiment après traitement à t=50h* (mg/kg séd.sec)	(%)
Pb	281.1	106.9	61.9
Cu	123.1	55.7	54.7
Zn	2035	236.8	88.4
Mn	520.1	229.8	55.8
Ni	78.1	65.5	16.1
Cr	182.1	183.3	0.71
Fe	46774	36543	21.9
Cd	3.2	1.3	58.7
Hg	2.3	2.85* 2.20**	0* 5.2**

*t= 22h

**t= 25h

c'est un type de traitement qui peut être très coûteux. La variation dans le coût d'application s'explique par la plus grande quantité d'acide consommée par certains sédiments (le sédiment #6 par exemple). C'est donc l'acidification des sédiments à pH=2 avec HCl qui contribue le plus à augmenter le coût total du procédé.

Dans le cas du sédiment #2, seulement un faible enlèvement du Zn total est obtenu (voir tableau 4.2). Ce qui est étonnant puisque le Zn est habituellement un métal qui se solubilise facilement. L'expérience a été refaite quatre fois avec le sédiment #2 (voir annexe 26a) et les résultats de pourcentage de solubilisation pour les 4 essais indiquent des rendements se rapprochant de 43%. Il semble que ce serait plutôt la spéciation du Zn qui interviendrait pour expliquer sa plus faible solubilité. Le tableau 4.7 montre la répartition du Zn entre les différentes fractions dans le sédiment #2. Tout semble indiquer que le Zn enlevé provient en majeure partie des fractions échangeables (NaOAc) et liés aux hydroxydes de Fe (3b). Une quantité relativement faible serait extraite à la fraction H_2O_2 (moins de 20%). Le fait qu'au moins 60% du Zn présent dans le sédiment #2 au départ, est contenu dans la fraction H_2O_2, peut expliquer les faibles rendements d'enlèvement du Zn. Pour extraire cette fraction (lors de l'extraction sélective), les sédiments sont maintenus à pH=2 avec HNO_3 et H_2O_2 et chauffés à 85°C pendant plus de 5 heures (Tessier et al., 1979). Ces conditions sont beaucoup plus agressives que le traitement de solubilisation chimique, où les sédiments sont maintenus à pH 2 pendant plus de 23 heures à une

température de 21°C.

Tableau 4.7 Répartition du Zn dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #2: traitement #1.

Fractions	Zn (ug/g) Avant traitement (t= 0h)	Après traitement (t=29h)
Total	696.6	506.4
NaOAc	75.4	4.9
3b	134.2	40.5
H_2O_2	420.0	386.0
HF	67.0	75.0

Le Zn de la fraction H_2O_2 est très peu accessible. L'enlèvement de l'ion libre est satisfaisant puisque près de 83% d'enlèvement est atteint (voir tableau 4.1). Ces bons rendements s'expliquent par le fait qu'une bonne proportion de Zn est enlevée dans les fractions NaOAc et 3b lors de l'application du traitement.

Dans le sédiment #3, près de 73 et 70% d'enlèvement réel du Zn et du Cu sont respectivement obtenus. Dans le cas du Ni, seulement 10% initialement présent est enlevé (voir tableau 4.3). Pour la diminution de l'ion libre suite au traitement de solubilisation, dans le cas du Zn, l'enlèvement est presque total, soit 70.9% (8.1 à 2.3 nmole/L) d'enlèvement du M^{z+} comparativement à 73% d'enlèvement total. Pour le Cu, seulement 44% de M^{z+} (soit de 5.9 à 3.3 nmole/L) est enlevé comparativement à 70% d'enlèvement total. Et pour le Ni, la diminution de M^{z+} est très faible, soit 1% (5.8 à 5.7 nmole/L).

Le tableau 4.8 indique la répartition du Zn, Cu et Ni dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective.

Tableau 4.8 Répartition du Zn, Cu et Ni dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #3: traitement #1.

Fractions	Zn (ug/g)		Cu (ug/g)		Ni (ug/g)	
	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=29h)	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=29h)	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=29h)
Total	1195	300.2	458.6	109.2	159.3	120.2
NaOAc	503.0	10.4	75.5	1.31	13.4	1.31
3b	472.9	114.9	8.7	4.2	47.5	39.3
H_2O_2	108.2	82.4	310.0	82.2	18.2	21.6
HF	111.5	92.5	64.0	21.5	80.5	58.0

La majeure partie du Zn est enlevée dans les deux premières fractions (NaOAc et 3b), ce qui explique les rendements supérieurs obtenus en terme d'enlèvement total et de M^{z+}. Il est à remarquer que la proportion du Zn trouvée dans la fraction H_2O_2 est de beaucoup inférieure à celle qui était trouvée dans le sédiment #2; soit moins de 10% dans le sédiment #3 comparativement à 60% dans le sédiment #2.

La majeure partie du Cu est enlevée, lors de l'application du traitement dans la fraction NaOAc et la fraction H_2O_2. Peu de Cu serait donc lié aux hydroxydes de Fe, alors qu'une proportion plus importante serait lié à la matière organique. Le fait que le calcul de M^{z+} fait intervenir seulement la fraction 3b, peut expliquer le plus faible rendement d'enlèvement de M^{z+} par rapport à l'enlèvement total. En effet peu de Cu est enlevé suite au traitement dans cette fraction (soit 4.5 ug/g, voir tableau 4.8).

De plus, puisque la quantité de Fe trouvée dans la fraction 3b est utilisée pour le calcul de M^{z+} (voir section 2.3.7), et que dans le sédiment #3, suite au traitement de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$, le Fe diminue un peu, soit de 8571 à 7184 ug/g (voir annexe 26fiii), le calcul de l'enlèvement de M^{z+} est affecté.

Le Ni demeure difficile à solubiliser. Une acidification à pH=2 avec ajout de $FeCl_3$ semble insuffisant pour assurer une décontamination significative pour ce métal. Le tableau 4.8 indique que la moitié du Ni se retrouve dans la phase résiduelle. Bien qu'une diminution de Ni est observée dans cette phase après l'application du traitement, les métaux retrouvés dans cette phase sont peu disponibles. Cette fraction contient les métaux liées aux minéraux qui normalement, dans les milieux naturels, sont peu libérés (Tessier et al., 1979). Donc tout semblerait indiquer que les rendements d'enlèvement totaux trouvés pour le sédiment #3, lors du suivi des métaux (i.e. 10%), sont plus près de la réalité. Et cet enlèvement se ferait surtout dans la fraction échangeable (NaOAc). Les métaux liés à la fraction 3b semblent peu solubilisés par le traitement chimique.

Dans le sédiment #6, le Pb, le Cu et le Hg n'ont pu être solubilisés lors de l'application du traitement #1, alors que seulement 6% du Cd a pu être enlevé et que les rendements d'enlèvement du Zn atteignent 59% (voir tableau 4.4). Il n'y a aucune diminution de l'ion libre pour tous les métaux. Ce sédiment est particulièrement contaminé en Zn et s'est montré très difficile à acidifier. Ainsi, il a été difficile de maintenir un pH égal à

2 de façon continue, et le potentiel-rédox est demeuré en bas de 300 mV durant les 48 heures d'expérimentation. A l'annexe 26a, il est possible de constater que le sédiment #6 contient une grande proportion de sulfures (autour de 500 mg/L de soufre insoluble) expliquant les conditions réductrices qui prévalent dans ce sédiment et la faible solubilisation des métaux. L'application d'un traitement chimique semble donc plus approprié pour effectuer la lixiviation des métaux dans un tel type de sédiment.

Le tableau 4.9 indique la répartition du Fe dans le sédiment #6. La fraction 3b est constituée par les métaux liés aux oxyhydroxydes de Fe et de Mn. Les oxyhydroxydes de Fe et de Mn seraient un réservoir important de métaux et via leur cycle de réduction et d'oxydation, ils sont soupçonnés de jouer un rôle important dans la biodisponibilité des métaux traces (Belzile et al.,1989). La quantité de Fe trouvée dans la fraction 3b, est utilisée pour le calcul de l'ion libre (voir section 2.3.7). Le fait que le sédiment avant traitement contient beaucoup plus de Fe qu'après traitement, pourrait expliquer qu'il n'y ait pas de diminution de M^{z+} (dans le calcul de M^{z+}, la concentration de métaux est divisée par la concentration de Fe), suite à l'application du traitement et ce malgré un enlèvement réel de 59.3%. Dans le cas du sédiment #6, suite au traitement chimique #1, une très grande proportion de Fe se trouve dans la phase résiduelle.

Tableau 4.9 Répartition du Fe dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #6: traitement #1.

Fractions	Fe (ug/g) Avant traitement (t=0h)	Après traitement (t=30h)
Total	135000	168237
NaOAc	2627	418
3b	12142	5481
H_2O_2	1064	1238
HF	119450	161100

Le traitement de solubilisation chimique n'a pas réussi à diminuer la teneur en Ni et Hg dans le sédiment #8 (voir tableau 4.5). Une certaine diminution de M^{z+} pour le Ni peut être observée. Le tableau 4.10 indique la répartition du Ni et du Fe dans le sédiment #8 .

Tableau 4.10 Répartition du Ni et du Fe dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #8: traitement #1.

Fractions	Ni (ug/g)		Fe (ug/g)	
	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=30h)	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=30h)
Total	58.7	50.6	41940	41019
NaOAc	2.9	0.6	8845	141
3b	8.1	6.2	5326	5694
H_2O_2	8.6	8.8	870	1434
HF	39.0	35.0	34860	33750

Tel qu'indiqué au tableau 4.10, une légère diminution de la quantité de Ni contenue dans la fraction 3b (8.1 à 6.2 ug/g) combinée à une légère augmentation de la quantité de Fe (5326 à

5694 ug/g) explique la diminution de M^{z+} pour le Ni, suite au traitement chimique: il passe, pour le Ni, de 1.38 à 0.99 nmole/L.

Les pourcentages d'enlèvement total du Pb, du Zn et du Cu dans le sédiment #11 atteignent 62, 88 et 55% (voir tableau 4.6). Le Ni est faiblement enlevé (16%) alors que le Cr l'est à moins de 1%. Une certaine diminution de l'ion libre n'a été observée que pour le Zn et pour le Cu (voir tableau 4.1): dans le cas du Zn, la diminution de M^{z+} est semblable à l'enlèvement total, alors que pour le Cu, la diminution observée pour M^{z+}(32%) est inférieure à l'enlèvement total (55%).

Le tableau 4.11 indique la répartition du Pb, Cu, Ni et Cr dans le sédiment #11 lors de l'extraction sélective.

Tableau 4.11 Répartition du Pb, Zn, Cu, Ni et Cr dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #11: traitement #1 (t après traitement=29h).

Fractions	Pb (ug/g)		Zn (ug/g)		Cu (ug/g)		Ni (ug/g)		Cr (ug/g)	
	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.
Total	372.8	138.9	1757	191.8	129.5	55.9	73.1	61.9	173.7	135.0
NaOAc	157.0	32.6	919.0	41.9	8.7	0.7	4.4	1.1	7.5	5.4
3b	114.9	48.2	665.7	34.9	4.4	1.3	10.4	8.2	40.5	18.3
H_2O_2	19.4	26.0	77.8	43.0	87.0	34.4	8.1	9.6	20.1	26.2
HF	79.2	32.0	94.7	72.0	31.0	19.5	47.2	43.0	107.5	86.0

Les rendements d'enlèvement du Pb et du Zn sont semblables à ceux trouvés avec le sédiment #12 (voir tableau 4.6 et chapitre 3). La majeure partie du Pb solubilisé se trouve dans les fractions échangeables et liés aux hydroxydes de Fe et Mn (fraction NaOAc et 3b). En plus, dans le cas du Zn, une certaine partie se situe dans la fraction liée aux sulfures et à la matière organique i.e. la

fraction H_2O_2 (voir tableau 4.11). Pour tous ces éléments, la différence observée dans la fraction résiduelle (HF) avant et après traitement, est fort probablement attribuable à une variabilité expérimentale, puisqu'il est très improbable que le procédé de solubilisation chimique #1, effectué à pH=2 avec HCl, puisse extraire des métaux dans cette fraction.

La solubilisation du Cu est inférieure à celle trouvée avec le sédiment #3. Il est possible que la plus faible teneur en Cu du sédiment #11 par rapport au sédiment #3, explique ce fait. De fait, Couillard et Chartier (1992) avait montré dans le cas des boues d'usine d'épuration que plus la teneur en Cu des boues est élevée, plus les rendements de solubilisation du Cu augmentent. Le tableau 4.11 indique qu'une bonne partie du Cu enlevée provient de la fraction H_2O_2, i.e. celle qui est liée à la matière organique. Cette fraction contient 67% du Cu.

Les rendements de solubilisation du Ni demeurent faibles. Tout comme pour le sédiment #3, le Ni se solubilise très peu. Le tableau 4.11 indique que la majeure partie du Ni enlevé l'est à la fraction échangeable. Et cette fraction ne contient qu'une faible partie du Ni (6%).

Le Cr est très peu solubilisé. Cet élément est très difficile à lixivier. Sa répartition entre les différentes phases d'extraction sélective (voir tableau 4.11), indiquent que près de 60% du Cr se trouve dans la phase résiduelle, c'est-à-dire qu'il n'est pas mobilisable et qu'une digestion totale est requise pour l'extraire. Ce métal n'a pas été étudié par Tessier et al.,

(1992). Legret et al. (1987), ont trouvé que dans les boues d'usine d'épuration , le Cr se trouvait sous forme réductible et résiduelle et que des conditions très acides étaient requises pour le solubiliser.

La quantité de Fe avant et après traitement dans le sédiment #11 dans la fraction 3b passe de 16600 ug/g à 6846 ug/g (voir annexe 26 fiii). Ce fait explique, tout comme dans le cas du sédiment #6, pourquoi aucune réduction de M^{z+} n'est observée pour le Pb. Une diminution de la quantité de Fe défavorise la réduction de l'ion métallique.

En conclusion, le traitement de solubilisation chimique semble apte à solubiliser de façon adéquate les métaux totaux suivants; le Zn, le Cu et le Pb dans les sédiments où les conditions ne sont pas trop réductrices. Ce type de traitement n'est pas apte à solubiliser le Hg et le Cr et solubilise seulement une faible proportion du Ni. De plus aucune diminution de l'ion libre dans les sédiments #6 et #11 n'a lieu suite à l'application du traitement chimique avec HCl et $FeCl_3$, car le Fe diminue de façon importante suite au traitement en raison de le solubilité du Fe^{+3} et Fe^{+2} dans HCl à pH=2.

4.1.2 Procédé de solubilisation chimique avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$

Le traitement #2 indiqué au tableau 4.1, consiste en l'ajout dans les sédiments de 20% $FeSO_4.7H_2O$ (p/p). Après 5 heures d'expérimentation, les sédiments sont décantés, le volume du surnageant est remplacé par un volume d'eau distillée qui permet de

revenir au volume d'avant la décantation, et 4.5% (v/v) de H_2O_2 (30%) ainsi que 0.08 mL $FeCl_3$/g sédiment sec sont ajoutés. Trois heures plus tard, une seconde décantation est faite et le volume du surnageant est remplacé par deux fois le volume des sédiments décantés en eau distillée (pH=3 avec HCl). Les échantillons pour le suivi des métaux et le calcul l'enlèvement de M^{z+} sont pris au départ et à la fin, après la seconde décantation. L'ajout de H_2O_2 a été fait dans le but de favoriser les conditions oxydantes. Le coût du procédé (voir tableau 4.1) est estimé à 36 $/t sédiment sec. Il n'y a aucune acidification requise, ce qui rend les manipulations à grande échelle plus faciles et simples. Le coût de ce procédé est parmi les plus faibles.

Seul le sédiment #11 a été traité avec ce type de procédé. Il y a un enlèvement total de 49% pour le Pb, 80% pour le Zn et 60% pour le Cu. Le Ni est faiblement enlevé avec 15% et le Cr est enlevé à 28% (voir tableau 4.12). Pour ces essais, la détermination de la concentration de l'ion libre M^{z+} (après traitement) n'a pas été faite.

Le même type de traitement a également été appliqué, mais sans ajout de H_2O_2. Les résultats sont indiqués au tableau 4.13. L'enlèvement pour le Pb, le Zn et le Cu après le dernier rinçage est de 27, 67 et 79%, alors qu'il est de 11% pour le Ni et 22% pour le Cr (voir tableau 4.13). Les coûts de ce procédé seraient un peu moins élevés puisqu'il n'y a pas d'ajout de H_2O_2 (soit près de 33 $/t sédiment sec).

Pour ce qui est du H_2O_2, il semble qu'il ait pour effet

Tableau 4.12: Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec FeSO4.7H2O et FeCl3 (avec H2O2).

Métaux	Teneur en métaux									
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)				Enlèvement (%)			
	0h	7h	7.6h	9h	rinçage	7h	7.6h	9h	rinçage
Pb	365.9	246.1	206.7	205.0	188.2	32.7	43.5	43.9	48.6
Cu	147.6	84.4	66.7	79.7	58.3	42.8	64.8	45.9	60.4
Zn	2879.5	940.2	727.9	676.0	578.9	67.4	74.7	76.5	79.9
Mn	506.8	450.3	410.6	380.5	361.8	11.1	18.9	24.9	28.6
Ni	94.5	84.4	73.3	85.4	80.9	10.7	22.4	9.6	14.8
Cr	177.1	161.7	153.3	136.7	127.9	8.7	13.5	22.8	27.7
Fe	55812	69631	66327	61961	60560	0	0	0	0
Hg	2.3	--	--	--	25	--	--	--	0

Tableau 4.13: Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec FeSO4.7H2O et FeCl3 (sans H2O2).

Métaux	Teneur en métaux									
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)				Enlèvement (%)			
	0h	7h	7.6h	9h	rinçage	7h	7.6h	9h	rinçage
Pb	365.9	258.5	247.7	247.6	267.9	29.4	32.3	32.3	26.8
Cu	147.6	81.6	69.1	64.8	62.7	44.7	53.2	56.1	67.5
Zn	2879.5	994.6	772.4	738.2	592.6	65.5	73.2	74.4	79.4
Mn	506.8	434.3	429.3	435.9	374.7	14.3	15.2	13.9	26.1
Ni	94.5	81.6	86.4	88.4	84.2	13.7	8.5	6.4	10.8
Cr	177.1	176.9	167.0	170.9	137.9	0.12	5.7	3.4	22.1
Fe	55812	57356	57375	60728	50036	0	0	0	10.3

d'augmenter d'environ 20% l'enlèvement du Pb et aussi dans une moindre mesure, celui du Cu. L'enlèvement du Cr semble également favorisé (d'environ 10%) par la présence d'H_2O_2. Dans le cas du Ni et du Zn, le H_2O_2 ne semble pas avoir d'influence. Toutefois une légère variabilité expérimentale dans l'analyse des sédiments traités et filtrés pour le Ni, rend l'interprétation des résultats un peu plus difficile.

Avec l'ajout de $FeSO_4.7H_2O$, le pH et le POR des échantillons passent, en moyenne, après 7 heures, à 2.46 et 427 mV, s'il n'y a pas d'ajout de H_2O_2 et à 2.30 et 522 mV avec ajout de H_2O_2 (voir annexe 27a). Les conditions plus oxydantes en présence de H_2O_2 pourraient expliquer la légère hausse de rendement obtenue avec ce dernier pour le Pb, Cu et Cr.

Pour conclure, l'ajout de $FeSO_4.7H_2O$ et de $FeCl_3$ avec ajout de H_2O_2 donnent des rendements semblables (sauf pour le Pb) à l'acidification des sédiments à pH=2 avec HCl et ajout de $FeCl_3$, tout en étant la moitié moins coûteux. Toutefois l'enlèvement du Pb demeure un peu faible (49%), probablement en raison de la teneur un peu élevée en sulfate, soit autour de 900 mg/L pour le traitement #2 comparativement à moins de 5 mg/L pour le traitement #1. Comme il a été vu au chapitre 3, les sulfates entraînent la précipitation du Pb. D'autres essais seraient à refaire pour confirmer l'effet du H_2O_2.

4.1.3 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ et acidification des sédiments à pH 1.75 après 48 heures de traitement.

Le traitement #3 consiste en un traitement de solubilisation biologique standard. Les sédiments acidifiés à pH=4 avec H_2SO_4, sont additionnés de l'inoculum (20% v/v) et du substrat ($FeSO_4.7H_2O$, 5% p/p). Après plus de 48 heures environ, les essais sont acidifiés à pH=1.75 avec HCl. Ce type de traitement a déjà été présenté au chapitre 3 (voir section 3.1.3.3). Les tableaux 4.14, 4.15 et 4.16 présentent l'enlèvement total pour tous les métaux dans chacun des sédiments.

Lorsque l'acidification des sédiments ne requiert pas trop d'acide, le prix de ce procédé est peu élevé comparativement aux autres procédés, soit autour de 35 $/t sédiment sec (voir tableau 4.1). La plus grande partie des coûts provient de l'ajout de HCl (entre 24.00 et 32.00 $/t sédiment sec, voir tableau 4.1). Toutefois comme il a été vu au chapitre 3, un tel procédé demeure acceptable avec des sédiments peu contaminés en Pb, étant donné qu'en raison de la présence relativement élevée de sulfate, la solubilisation du Pb plafonne vite.

Pour le sédiment #2, l'enlèvement total du Zn est de 53% et celui du Zn^{+2} (M^{z+}) de 94.5%. Le tableau 4.17 indique la répartition du Zn dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective.

Même si une partie importante du Zn se trouve dans la fraction

Tableau 4.14: *Suivi des métaux dans le sédiment #2 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O complété par une acidification au HCl après 48 heures.*

Métaux	Teneur en métaux				Enlèvement (%)		
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)					
	0h	45h	52h	77h	45h	52h	77h
Pb	73.3	145.6	206.1	123.2	0	0	0
Cu	80.1	49.4	37.2	82.6	49.4	37.2	82.6
Zn	790.1	30.2	97.4	369.8	58.2	24.4	53.2
Mn	539.1	238.8	356.0	247.9	55.7	33.9	54.0
Ni	30.7	49.5	35.6	65.7	0	0	0
Cr	109.1	127.7	65.4	131.0	0	40.0	0
Fe	23580	54229	5566	38992	0	0	0
Cd	2.6	1.6	0	1.4	37.7	0	44.9
Hg	0.67	0.92	1.1	--	0	0	--

Tableau 4.15: *Suivi des métaux dans le sédiment #3 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO4.7H2O complété par une acidification au HCl après 45 heures.*

Métaux	Teneur en métaux			Enlèvement (%)	
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)			
	0h	45h	77h	45h	77h
Pb	97.0	102.5	80.4	0	17.1
Cu	343.6	151.4	105.7	55.9	69.2
Zn	984.4	299.8	254.7	69.5	74.1
Mn	1053	272.4	286.6	74.10	72.80
Ni	154	116.6	123.1	24.3	20.0
Cr	136.4	120.1	131.8	11.9	3.3
Fe	35881	47864	47665	0	0
Cd	7.1	0.44	0.33	93.8	95.30
Hg	0.26	0.35	0.47	0	0

Tableau 4.16: *Suivi des métaux dans le sédiment #8 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO4.7H2O complété par une acidification au HCl après 71 heures.*

Métaux	Teneur en métaux			Enlèvement (%)	
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)			
	0h	71h	91h	71h	91h
Pb	48.1	48.4	43.5	0	9.54
Cu	55.1	53.7	28.5	2.45	48.23
Zn	240.5	134.4	107.0	44.11	55.51
Mn	851.7	376.3	363.8	55.82	57.29
Ni	55.1	53.8	49.9	2.45	9.40
Cr	113.7	133.5	88.45	0	22.23
Fe	57866	49638	40658	14.22	29.74
Cd	0.6	0.9	0.7	0	0
Hg	24.8	30.0	32.0	0	0

H_2O_2, le procédé de solubilisation biologique semble capable de solubiliser plus facilement le Zn lié à cette fraction, que le procédé de solubilisation chimique (voir tableau 4.7). Ainsi, après l'application du traitement, il reste dans la fraction H_2O_2, 282 ug Zn/kg dans le cas du procédé biologique versus 386 ug Zn/kg dans le cas du procédé chimique. Il n'en demeure pas moins que pour le sédiment #2, l'enlèvement total du Zn est relativement faible, en raison de sa spéciation.

Tableau 4.17 Répartition du Zn dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #2: traitement #3 (t après traitement=52h).

Fractions	Zn (ug/g)	
	Avant traitement	Après traitement
Total	696.6	405.2
NaOAc	75.4	21.5
3b	134.2	32.02
H_2O_2	420.0	282.0
HF	67.0	69.5

Mais la diminution de l'ion libre de 94% pour le Zn indique que très peu de Zn demeure biodisponible. Il est à remarquer que l'augmentation du Fe dans la fraction 3b suite à l'application du traitement (de 4600 à 17275 ug/kg, voir annexe 28fiii), favorise la diminution de M^{z+}. Selon la théorie, moins d'ion métallique se trouve sous forme libre quand la quantité d'hydroxyde de Fe est plus élevée.

Pour le sédiment #3, l'enlèvement total du Zn est de 74%, celui du Cu de 69% et celui du Ni de 20% (voir tableau 4.5). Pour

ce qui est de la diminution de M^{z+}, elle est de 89, 50 et 70% pour le Zn, le Cu et le Ni respectivement (voir tableau 4.1).

L'enlèvement total du Zn et du Cu est semblable à celui obtenu lors du traitement chimique #1 (voir tableau 4.1), alors que celui du Ni, est plus élevé de 10% environ. Le tableau 4.18 indique la répartition du Zn, Cu et Ni entre les différentes fractions lors de l'extraction sélective, avec le sédiment #3.

Tableau 4.18 Répartition du Zn, Cu et Ni dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #3: traitement #3.

Fractions	Zn (ug/g)		Cu (ug/g)		Ni (ug/g)	
	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=52h)	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=52h)	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=52h)
Total	1195	318.9	458.6	135.7	159.3	125.4
NaOAc	503.0	35.0	75.5	6.3	13.4	5.6
3b	472.9	120.8	8.7	11.7	47.5	39.4
H_2O_2	108.2	49.0	310.0	87.8	18.2	18.4
HF	111.5	117.0	64.0	30.0	80.5	62.0

Plus de 80% du Zn est enlevé dans les deux premières fractions (NaOAc et 3b). Dans le cas du sédiment #3, la solubilisation du Zn est comparable pour la solubilisation biologique et la solubilisation chimique. A nouveau les rendements d'enlèvement totaux sont élevés en raison de la spéciation du Zn. Les métaux contenus dans les deux premières fractions, sont aussi disponibles à la solubilisation lors de l'application d'un traitement de solubilisation biologique.

La majeure partie du Cu (68%) se trouve dans le fraction

contenant les métaux liés à la matière organique (H_2O_2). Il reste 16% du Cu qui est contenu dans la fraction NaOAc. Les métaux solubilisés sont principalement enlevés dans ces deux fractions. La différence de concentration observée avant et après traitement, dans la fraction résiduelle (HF), est probablement causée par une variabilité expérimentale en raison probablement du manque d'homogénéité des sédiments, puisqu'il est improbable qu'il y ait enlèvement des métaux dans cette fraction lors de l'application du procédé.

La spéciation du Ni lors de l'application du procédé biologique est également comparable à celle trouvée lors de l'application du procédé chimique. (voir tableaux 4.8 et 4.18). La majeure partie du Ni contenue dans la phase résiduelle est donc peu disponible à la solubilisation. Toutefois en terme d'enlèvement réel, de plus hauts rendements, i.e. 20% au lieu de 10%, ont été obtenus avec le procédé biologique. Un manque d'homogénéité dans les échantillons de sédiments quant à la teneur en Ni explique probablement cette différence.

Pour le sédiment #3, la spéciation des métaux Zn, Cu et Ni est semblable lors de l'application du traitement biologique ou du traitement chimique, mais il n'en va pas de même pour la diminution de M^{z+}. De plus grandes diminutions de M^{z+} sont observées lors de l'application du traitement biologique, notamment dans le cas du Ni. Ces diminutions s'expliquent par l'ajout de Fe (via le substrat), lors de l'application du traitement de solubilisation biologique, qui devient de plus en plus insoluble avec le temps.

Dans la fraction 3b, la quantité de Fe passe de 8500 ug/g avant traitement à 21400 ug/g après traitement (45 heures, voir annexe 28fiii). Selon la théorie de la biodisponibilité des métaux, il y a diminution de la concentration de l'ion libre en solution et donc diminution de la toxicité, si le réservoir d'hydroxyde de Fe augmente.

Le procédé de solubilisation biologique a également été appliqué au le sédiment #8. Un enlèvement global du Ni de 10% est observé alors qu'il n'y a aucun enlèvement du Hg (voir tableau 4.16). Dans le cas du Ni, la diminution de M^{z+} atteint 80% (voir tableau 4.1). L'enlèvement global du Ni reste semblable à celui observé avec le sédiment #3 ou lors de l'application du traitement chimique (#1) dans le cas du sédiment #8 (voir tableau 4.1). Le tableau 4.19 indique la spéciation du Ni et du Fe dans les différentes phases, lors de l'extraction sélective.

Tableau 4.19 Répartition du Ni et du Fe dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #8: traitement #3 (t après traitement=72h).

Fractions	Ni (ug/g) Avant trait.	Ni (ug/g) Après trait.	Fe (ug/g) Avant trait.	Fe (ug/g) Après trait.
Total	58.7	49.3	41940	48456
NaOAc	2.9	0.9	8845	776
3b	8.1	6.3	5326	12068
H_2O_2	8.6	6.6	870	1562
HF	39.0	35.5	34860	34050

La légère diminution du Ni ainsi que l'augmentation de la concentration de Fe dans la fraction 3b (voir tableau 4.19)

expliquent la grande diminution de M^{z+} pour le Ni (80%). Et comme il a été vu avec le sédiment #3, la majeure partie du Ni se trouve dans la fraction résiduelle (HF). Enfin le procédé de solubilisation biologique ne semble pas plus apte à solubiliser le Hg que le procédé chimique (voir traitement #1 et #3, tableau 4.1)

En conclusion, le procédé de solubilisation biologique avec acidification des sédiments, à pH=1.75 après 48 heures, permet des rendements d'enlèvement semblables au traitement de solubilisation chimique #1 à la moitié prix. Toutefois comme il a été vu dans le chapitre 3, le Pb n'est solubilisé qu'à 50% avec un tel procédé, en raison de la teneur plus élevée en sulfate. Pour les sédiments ne contenant pas de Pb, seul la phase biologique est requise (voir tableaux 4.14, 4.15, 4.16). En effet l'acidification des sédiments ne semble pas diminuer de façon importante les métaux dans les sédiments traités et filtrés. Le coût diminue alors pour se situer entre 6 à 13 $/t sédiment sec.

4.1.4 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel (acidification des sédiments au départ à pH = 4).

Avec des procédés utilisant du NaCl et du HCl, Legiec et al. (1989a,b) ont obtenu de bons rendements d'enlèvement du Pb, Cd et Zn dans les cendres d'incinérateur. Théoriquement, l'augmentation d'ions chlorures en solution devrait augmenter le Pb soluble total,

via la formation de complexes solubles entre le Pb et le Cl^- (voir tableaux 3.7, 3.8 et 3.9). Le traitement #4 indiqué au tableau 4.1, utilise une solution de NaCl (0.5 M) pour solubiliser les métaux dans les sédiments. Suite à un traitement biologique standard (appliqué durant environ 48 heures), i.e. acidification des sédiments à pH=4 avec H_2SO_4, ajout de l'inoculum (20%, v/v) et du substrat, le $FeSO_4.7H_2O$ (5%, p/p), les sédiments sont décantés. Le surnageant est remplacé par un volume d'une solution de NaCl (0.5 M) égal au double du volume des sédiments décantés. Par la suite, deux rinçages des sédiments sont effectués.

Le coût du traitement #4 varie entre 55.00 et 59.00 $/t sédiment sec (voir tableau 4.1). Mis à part le sédiment #6 qui est fortement anoxique et difficile à acidifier, les coûts en acide ne sont pas trop élevés. Ce qui augmente le coût total, c'est la boucle rendue nécessaire pour le recyclage du NaCl. Les coûts du traitement au sel sont les plus élevés avec ceux du traitement chimique.

Les tableaux 4.20, 4.21 et 4.22 présentent le suivi des métaux pour cette option, pour chacun des sédiments, la solution de NaCl étant de 0.5 M. Et, au tableau 4.23, la solubilisation des métaux à partir d'une solution de NaCl 0.2 M est présentée.

Pour le sédiment #3, l'enlèvement total du Zn atteint 63%, celui du Cu 61% et celui du Ni 21% (voir tableau 4.20). La diminution de M^{z+} pour ces mêmes métaux est de 87, 36 et 62% (voir tableau 4.1). Pour le Zn et le Cu, l'enlèvement global est inférieur de 10% aux enlèvements obtenus dans le sédiment #3, dans

Tableau 4.20: *Suivi des métaux dans le sédiment #3 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO4.7H2O complété par une décantation et un traitement au sel après 46 heures.*

Métaux	Teneur en métaux							
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)				Enlèvement (%)			
	0h	46h	46.5h	48h	rinçage	46h	46.5h	48h	rinçage
Pb	90.2	77.8	76.5	69.9	53.0	13.7	15.2	22.4	41.2
Cu	405.7	192.7	181.6	180.3	156.0	52.5	55.2	55.6	61.5
Zn	952.9	391.3	363.7	384.4	350.0	58.9	61.8	59.7	63.3
Mn	642.8	453.2	446.5	452.4	412.1	29.5	30.5	29.6	35.9
Ni	157.8	129.7	143.4	139.3	124.4	17.8	9.1	11.7	21.1
Cr	159.6	122.3	148.2	151.6	126.8	23.4	7.2	4.9	20.6
Fe	48145	57814	65151	65281	52000	0	0	0	0
Hg	0.27	--	--	--	0.29	--	--	--	0

Tableau 4.21: *Suivi des métaux dans le sédiment #6 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO4.7H2O complété par une décantation et un traitement au sel après 46 heures.*

Métaux	Teneur en métaux							
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)				Enlèvement (%)			
	0h	46h	46.5h	48h	rinçage	46h	46.5h	48h	rinçage
Pb	466.2	310.8	296.6	211.3	243.1	33.3	36.4	54.7	47.9
Cu	480.5	340.1	363.2	344.6	387.5	29.2	24.4	28.3	19.4
Zn	10183	3328.2	2703.3	2620.1	2913.5	67.3	73.4	74.3	71.4
Mn	286.6	233.2	236.8	197.7	241.8	18.6	17.4	31.0	15.6
Ni	36.1	29.3	35.3	32.2	34.2	18.8	1.9	10.7	5.1
Cr	192.2	186.5	223.9	225.2	230.3	2.9	0	0	0
Fe	181697	163468	189216	181686	204865	10.0	0.01	2.05	0
Cd	38.5	14.6	12.1	0	12.6	62.0	68.6	100	67.4
Hg	17.4	--	--	--	0	--	--	--	100

Tableau 4.22: Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO4.7H2O complété par une décantation et un traitement au sel (0.5 M) après 46 heures.

Métaux	Teneur en métaux								
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)				Enlèvement (%)			
	0h	46h	46.5h	48h	rinçage	46h	46.5h	48h	rinçage
Pb	379.7	252.9	229.8	180.1	200.8	33.4	39.5	52.6	47.1
Cu	132.2	64.4	56.9	56.3	61.3	51.3	56.9	57.4	53.6
Zn	2070	528.8	483.1	410.5	412.8	74.6	76.7	80.2	80.0
Mn	436.5	359.9	345.5	319.9	347.8	17.6	20.9	26.7	20.4
Ni	78.9	62.2	62.6	56.3	62.9	21.3	20.7	28.7	20.3
Cr	200.4	184.3	214.2	191.5	173.3	0.02	0	4.4	13.5
Fe	45692	64392	68787	62059	66649	0	0	0	0

Tableau 4.23: Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO4.7H2O complété par une décantation et un traitement au sel (0.2 M) après 46 heures.

Métaux	Teneur en métaux								
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)				Enlèvement (%)			
	0h	46h	46.5h	48h	rinçage	46h	46.5h	48h	rinçage
Pb	379.7	296.5	221.9	251.0	209.3	21.9	41.6	33.9	44.9
Cu	132.2	65.8	61.2	91.9	54.9	50.2	53.7	30.5	58.4
Zn	2070	541.4	427.8	474.2	393.8	73.0	79.3	77.1	80.9
Mn	436.5	363.5	333.9	361.7	334.7	29.5	30.5	29.6	35.9
Ni	78.9	63.3	51.8	67.3	57.2	19.8	34.4	14.7	27.5
Cr	200.4	188.3	207.7	217.3	152.5	0.05	0	0	23.9
Fe	45692	35539	32882	40942	65882	22.2	28.0	10.3	0
Hg	2.32	--	--	--	2.70	--	--	--	0

le cas de l'application du traitements chimique (#1) et biologique (#3).

Le tableau 4.24 indique la répartition des métaux dans les différentes phases lors de l'extraction sélective.

Tableau 4.24 Répartition du Zn, Cu et Ni dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #3: traitement #4 (t après traitement=48h).

Fractions	Zn (ug/g)		Cu (ug/g)		Ni (ug/g)	
	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.
Total	1195	305.9	458.6	153.0	159.3	116.6
NaOAc	503.0	18.3	75.5	12.2	13.4	2.4
3b	472.9	97.4	8.7	9.1	47.5	29.4
H_2O_2	108.2	43.4	310.0	98.0	18.2	13.8
HF	111.5	146.4	64.0	34.0	80.5	71.0

Bien que l'enlèvement total du Zn soit inférieur à celui des autres traitements (voir tableau 4.1), la spéciation du Zn est semblable pour le traitement de solubilisation au sel à celle des autres traitements (voir tableaux 4.8 et 4.18), ce qui laisse supposer une légère variabilité expérimentale dans l'analyse du suivi des métaux. La majeure partie du Zn est enlevée dans les deux premières fractions (NaOAc et 3b), tout comme dans le cas du traitement #1 et #3.

Le cas du Cu ressemble à celui du Zn; c'est-à-dire que la spéciation du Cu est semblable, après le traitement au NaCl, à celle trouvée après les autres traitements de solubilisation (voir tableaux 4.8 et 4.18). Encore ici, une certaine variabilité expérimentale est probablement en cause pour expliquer la

diminution de l'enlèvement total par rapport aux autres traitements (voir tableau 4.1). Il est aussi probable que la valeur de Cu trouvée dans la phase résiduelle (HF) avant traitement (i.e. 64 ug/g, voir tableau 4.24) soit surestimée, puisqu'il est improbable qu'un enlèvement intervienne dans cette fraction, dans les conditions dans lesquelles le procédé est appliqué.

Comme il a été vu dans le cas des autres traitements de solubilisation , l'enlèvement total du Ni est faible et sa spéciation (voir tableau 4.24) est semblable à celle observée pour les autres traitements (voir tableaux 4.8 et 4.18).

La diminution de M^{z+} pour le Zn est semblable à celle obtenue avec l'autre traitement biologique (#3); i.e. 87% avec le traitement #4 plutôt que 89% avec le traitement #3 (voir tableau 4.1). Le tableau 4.24 indique que la majorité du Zn est enlevée dans les deux premières fractions (NaOAc et 3b), ce qui explique les bons rendements d'enlèvement de M^{z+}. Notamment la fraction 3b passe de 473 ug Zn/g à 97.4 ug Zn/g suite à l'application du traitement au NaCl (voir tableau 4.24).

Pour le Cu, la diminution de M^{z+} est plus faible; i.e. 36% avec le traitement #4 plutôt que 50% avec le traitement #3. En fait le tableau 4.24, indique une légère augmentation du Cu suite à l'application du traitement au NaCl (de 8.7 nmole/L à 9.1 nmole/L), ce qui explique le plus faible rendement d'enlèvement de M^{z+}. Peu ou pas du tout de Cu est enlevé dans la fraction 3b, la majeure partie du Cu se trouvant dans la fraction H_2O_2.

La diminution de Ni suite à l'application du traitement

combinée à une augmentation de Fe (8571 ug/g à 14150 ug/g, voir annexe 29fiii), expliquent les bons rendements d'enlèvement de l'ion libre dans ce cas.

Pour le sédiment #6, le Pb est diminué de 48% par rapport à sa teneur initiale totale, le Zn de 71%, le Cu de 19% et le Cd de 67% (voir tableau 4.21). Pour ce qui est de la diminution de M^{z+}, elle est de 80% pour le Pb, 96% pour le Zn, nulle pour le Cu et 72% pour le Cd (voir tableau 4.1). Le tableau 4.25 présente la répartition de ces métaux dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective.

Tableau 4.25 Répartition du Pb, Zn, Cu et Cd dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #6: traitement #4 (t après traitement= 48 heures).

Fractions	Pb (ug/g)		Zn (ug/g)		Cu (ug/g)		Cd (ug/g)	
	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.
Total	479	241	9717	2628	551.4	356.0	45.9	13.5
NaOAc	69.1	77.9	617	92.2	0.62	20.8	0.14	0.57
3b	273	76.2	5987	345	2.8	4.7	28.2	0.52
H_2O_2	49.8	16.2	1964	976	350	148	8.9	2.9
HF	87.0	71.0	1149	1215	198.0	182.5	8.8	9.4

Les rendements d'enlèvement du Pb dans le sédiment #6 lors de l'application du traitement au NaCl sont largement supérieurs à ceux obtenus avec le traitement chimique (voir tableau 4.1). Après 48 heures, il ne reste que 311 mg Pb/kg sédiment sec dans les sédiments traités et filtrés lors de l'application du traitement au NaCl, comparativement à 410 mg Pb/kg sédiment sec, lors de l'application du traitement chimique #1 (voir tableau 4.21 et 4.4).

Les valeurs de pH et de POR dans l'essai au NaCl sont de 3.05 et 391 mV alors qu'elles sont près de 2.5 et 300 mV dans les essais chimiques (voir annexe 26a et 29a). Dans le cas du sédiment #6, les conditions oxydantes créées par la solubilisation biologique semblent donc favoriser l'enlèvement du Pb. Le traitement de décantation et d'enlèvement par le sel ainsi que le rinçage, augmente l'enlèvement du Pb de près de 20%, i.e. que la diminution du Pb dans les sédiments traités et filtrés passe de 311 à 243 mg Pb/kg sédiment sec (voir tableau 4.21). Le tableau 4.25 indique que la majorité de l'enlèvement du Pb se fait dans la fraction 3b et, dans une moindre mesure dans la fraction H_2O_2.

L'efficacité d'enlèvement du Zn sont également plus élevées avec l'application du traitement au sel que celle avec le traitement chimique #1 (voir tableau 4.1). Plus de 50% du Zn est contenu dans la fraction 3b et c'est dans cette fraction qu'il y a le plus grand enlèvement (94%). La fraction H_2O_2 arrive en deuxième rang pour la teneur en Zn dans le sédiment #6 (20%). Et l'enlèvement dans cette fraction arrive également au second rang après la fraction 3b. Ces résultats montrent donc une spéciation un peu particulière pour le sédiment #6 fortement contaminé en Zn, alors que pour les sédiments #3 et #11, le Zn était surtout contenu dans les deux premières fractions NaOAc et 3b (voir tableau 4.8 et annexe 26fiii).

Le Cu est faiblement enlevé dans le sédiment #6 et il est difficile d'expliquer pourquoi, suite au traitement, la fraction NaOAc augmente sa teneur en Cu (voir tableau 4.25). Toutefois, les

valeurs de potentiel-rédox inférieures à 400 mV (voir annexe 29a), lors de l'application du traitement peuvent probablement expliquer le faible rendement d'enlèvement obtenu pour cet élément, la solubilisation du Cu dépendant beaucoup du POR pour lequel il faut une valeur seuil.

Le traitement au sel assure de bons rendements d'enlèvement du Cd dont la majeure partie (plus de 50%) est comprise dans la phase 3b (voir tableau 4.25) et est enlevée en majorité dans cette phase, lors de l'application du procédé de solubilisation. Dans le cas du Hg, malgré qu'un enlèvement total théorique de 100% était anticipé (voir annexe 29c), il est difficile d'affirmer de façon certaine que le traitement au sel en permette la solubilisation, puisque l'étude n'a pas été faite en duplicata et qu'il y a eu quelques problèmes analytiques. Cette étude devrait donc être répétée avant de pouvoir tirer une conclusion .

Pour le Pb, le Zn et le Cd, les hauts pourcentages de diminution de M^{z+} s'expliquent par la grande réduction de ces métaux dans la fraction 3b suite à l'application du traitement au sel. L'augmentation de la teneur en Fe après l'application du traitement au sel, de 1200 ug/g à 16800 ug/g (voir annexe 29fiii, sédiment #6), contribue aussi à la diminution de l'ion libre. Dans le cas du Cu, il n'y a pas de diminution de l'ion libre dont la concentration est même augmentée dans la fraction 3b. En fait pour cet élément, le seul enlèvement intervient dans la fraction H_2O_2 (voir tableau 4.25).

Pour le sédiment #11, l'enlèvement des métaux par rapport à la

teneur totale initiale, atteint 47, 80, 54, 20 et 13% pour le Pb, le Zn, le Cu, le Ni et le Cr respectivement (voir tableau 4.22). La diminution de M^{z+} est de 85, 96, 65 et 87% pour le Pb, le Zn, le Cu et le Ni (voir tableau 4.1).

Mis à part le Pb, les résultats d'enlèvement totaux obtenus pour le sédiment #11 avec le traitement au sel, sont semblables à ceux obtenus avec le traitement de solubilisation chimique #1 (voir tableaux 4.6 et 4.22). Il ne semble donc pas que les étapes supplémentaires du traitement au sel, soit la décantation et le traitement de solubilisation au NaCl suivis des rinçages, augmentent la solubilisation des métaux (voir tableaux 4.6 et 4.22): l'enlèvement du Pb est même diminué de 62 à 47% (voir tableau 4.1).

Le tableau 4.26 indique la spéciation du Pb lors de l'extraction sélective dans le sédiment #11 avec la solubilisation chimique (traitement #1) et la solubilisation biologique au sel (traitement #4).

Tableau 4.26 Répartition du Pb dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #11: traitement #1 et traitement #4.

Fractions	Traitement #1 Pb(ug/g)		Traitement #4 Pb(ug/g)	
	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=29h)	Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=29h)
Total	372.8	138.9	378.0	198.0
NaOAc	157.0	32.64	158.3	48.5
3b	114.9	48.2	145.9	62.1
H_2O_2	19.4	26.0	32.2	19.0
HF	79.2	32.0	42.0	61.5

D'après ce tableau, il semble que l'enlèvement un peu plus élevé dans les deux premières fractions (NaOAc et 3b ,voir tableau 4.26), expliquerait la différence de 15% de l'enlèvement total entre les traitements #1 et #4. Il est possible que les moins bons rendements du traitement au sel pour l'enlèvement du Pb (traitement #4), soient dus aux 250 mg/L de sulfates qui n'étaient que de 5 mg/L pour le traitement #1 (voir annexes 26 et 29c).

Par contre si l'enlèvement global de tous les métaux est semblable pour ce qui a trait aux procédés de solubilisation #1 et #4, la diminution de M^{z+} dans le cas du traitement au sel (trait. #4) est nettement supérieure à celle du traitement chimique (trait. #1), dépassant même l'enlèvement global la plupart du temps. Avec le traitement chimique (#1), peu de diminution de M^{z+} avait pu être observée (voir tableau 4.1).

La concentration de Fe insoluble qui augmente suite à l'application du traitement au sel, en raison de l'ajout de $FeSO_4.7H_2O$ (la teneur en Fe dans la fraction 3b passe de 7412 à 21240 ug/g, voir annexe 29fiii), explique la diminution de M^{z+} observée. La biodisponibilité de l'ion libre décroît avec l'augmentation de la concentration de Fe. Par ailleurs, il ne semble pas que la concentration de sel utilisée pour la solubilisation des métaux dans le traitement au sel, affecte la solubilisation des métaux. En effet, les rendements d'enlèvement des métaux avec un traitement au sel, 0.5 M ou 0.2 M, sont semblables (voir tableaux 4.22 et 4.23).

En conclusion le traitement au sel n'a pas augmenté

l'enlèvement des métaux comme la théorie le laissait prévoir (surtout dans le cas du Pb). Toutefois de meilleurs résultats ont été obtenus avec ce type de traitement (#4) plutôt que le traitement chimique (#1) dans le cas du sédiment #6. Mais les coûts du traitement, ainsi que sa complexité accrue à cause du recyclage du NaCl sont des désavantages importants pour ce type de traitement.

4.1.5 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel (sans acidification des sédiments au départ).

Le traitement #5 au sel, consiste en un traitement biologique sans acidification préalable des sédiments à pH=4 afin de diminuer les coûts et les difficultés posés par l'acidification. Le substrat $FeSO_4.7H_20$ (20% p/p) est ajouté aux sédiments, de même que l'inoculum (20% v/v). Après 48 heures de traitement, les sédiments sont décantés et le volume du surnageant est remplacé par une solution de NaCl (0.5 M), d'un volume qui permet de retrouver le volume d'avant la décantation. Puis, après 2 heures, les sédiments sont de nouveau décantés et rincés avec un volume d'eau distillée égal à deux fois celui des sédiments décantés.

Le coût total d'un traitement au sel, sans acidification des sédiments au départ atteint 55 $/t sédiment sec (voir tableau 4.1). Ce coût se rapproche de celui du traitement au sel avec

acidification des sédiments au départ (traitement #4) parce qu'une plus grande quantité de sulfate ferreux est requise pour atteindre des conditions permettant la solubilisation des métaux, soit 20% (p/p) au lieu de 5% (p/p). Toutefois, l'avantage réel du procédé est qu'il est plus simple et plus facile à utiliser.

Seul le sédiment #11 a été traité avec un tel type de traitement et les résultats d'enlèvement totaux des métaux sont présentés au tableau 4.27. En terme d'enlèvement total des métaux et de la diminution de M^{z+}, suite à l'application du traitement #5, les résultats obtenus avec les deux procédés au sel avec et sans acidification de sédiments, sont semblables (voir tableau 4.22, 4.27 et 4.1), ce qui indique que l'acidification préalable des sédiments peut être remplacée par l'ajout d'une plus grande quantité de $FeSO_4.7H_2O$. Ceci est un avantage appréciable. Toutefois les conclusions sont les mêmes que celle du procédé de solubilisation au sel (traitement #4); des coûts relativement élevés et une solubilisation du Pb qui demeure autour de 50%.

4.1.6 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$ (sans acidification des sédiments au départ).

Le protocole suivi pour le traitement #6 (voir tableau 4.1) est le même que celui pour le traitement #5, sauf qu'au lieu de

Tableau 4.27: *Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO4.7H20 complété par une décantation et un traitement au sel (0.5 M) sans acidification des sédiments au départ.*

Métaux	*Teneur en métaux*								
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	*Sédiment après traitement* (mg/kg séd.sec)			*Enlèvement* (%)		
	0h	*48h*	*50h*	*rinçage*	*48h*	*50h*	*rinçage*
Pb	374.4	267.4	178.9	174.9	28.6	52.2	53.5
Cu	123.2	53.5	44.9	44.1	56.6	62.8	64.2
Zn	1949	584.2	453.3	424.0	70.0	76.6	78.2
Mn	435.7	381.9	367.7	343.5	12.6	15.8	21.3
Ni	71.1	57.9	59.6	60.4	18.5	16.1	15.1
Cr	170.6	164.9	160.6	150.9	3.4	5.9	11.6
Fe	60138	97096	94400	84252	0	0	0
Hg	2.32	--	--	2.5	--	--	0

remplacer le volume du surnageant lors de la décantation des sédiments après 48 heures par une solution de sel, c'est du $FeCl_3$ qui est ajouté. Donc 0.08 mL $FeCl_3$/g sédiment sec est ajouté dans un volume d'eau égal à deux fois celui des sédiments décantés.

Puisqu'il n'y a plus de boucle requise pour le recyclage du NaCl, le coût total du procédé biologique avec FeCl3 n'est que de 33 $/t sédiment sec au lieu de 55 $/t sédiment sec comme dans le cas du procédé au sel (voir tableau 4.1). C'est le coût le moins élevé de tous les traitements étudiés (voir tableau 4.1). Ce procédé est aussi très simple d'application puisqu'aucune acidification préalable des sédiments n'est requise.

Seul le sédiment #11 a été traité avec le procédé biologique au $FeCl_3$ (traitement #6). Les résultats d'enlèvement totaux des métaux sont présentés au tableau 4.28: ils sont de 52% pour le Pb, 78% pour le Zn, 70% pour le Cu, 0% pour le Ni et 4% pour le Cr (voir tableau 4.28). Dans le cas de M^{z+}, la diminution suite à l'application du traitement est de 84%, 90%, 76% et 82% pour le Pb, Zn, Cu, et Ni respectivement (voir tableau 4.1).

Le tableau 4.29 indique la répartition du Pb, Zn, Cu, Ni et Cr entre les différentes fractions lors de l'extraction sélective.

Tableau 4.28: *Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeSO4.7H20 complété par une décantation et un traitement au FeCl3 (0.08 mL FeCl3/g séd. sec) sans acidification des sédiments au départ.*

Métaux	Teneur en métaux									
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)				Enlèvement (%)			
	0h	7h	7.6h	9h	rinçage	7h	7.6h	9h	rinçage
Pb	374.4	288.4	206.3	199.6	210.3	25.4	46.9	48.4	45.6
Cu	123.2	51.3	46.2	47.3	41.5	60.2	64.2	63.3	67.8
Zn	2022	582.8	459.6	474.9	422.1	71.2	77.3	76.5	79.1
Mn	437.5	384.8	371.4	375.5	343.9	12.0	15.1	14.1	21.4
Ni	60.7	51.3	56.5	63.0	70.1	15.9	6.9	0	0
Cr	174.4	173.1	164.3	162.8	168.7	0.77	5.8	6.6	3.2
Fe	60500	100124	98348	103832	8472	0	0	0	0
Hg	2.32	--	--	--	2.4	--	--	--	0

Tableau 4.29 Répartition du Pb, Zn, Cu, Ni et Cr dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #11: traitement #6 (t après traitement=48 heures).

Fractions	Pb (ug/g)		Zn (ug/g)		Cu (ug/g)		Ni (ug/g)		Cr (ug/g)	
	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.
Total	361.5	200.0	1778	387.5	124.9	47.2	70.0	54.0	168.7	164.4
NaOAc	158.8	35.5	945.5	30.4	8.2	0.78	4.5	1.8	7.5	6.7
3b	110.0	52.2	640.7	201.8	4.7	3.4	10.2	5.4	38.0	44.0
H_2O_2	17.8	5.8	98.6	61.0	82.0	24.0	8.2	6.2	20.2	12.6
HF	75.0	106.5	93.1	94.3	30.0	19.0	47.0	46.0	103.0	101.0

Les enlèvements du Pb et du Zn obtenus avec le traitement #6 sont semblables à ceux trouvés avec le traitement biologique au sel, avec et sans acidification des sédiments au départ; i.e. 52% et 78% pour le Pb et le Zn, avec le traitement biologique au $FeCl_3$ versus 53 et 47% pour le Pb et 79 et 80% pour le Zn, pour les traitements au sel #5 et #4 (voir tableau 4.1).

Les rendements d'enlèvement du Cu sont un peu plus élevés avec le traitement biologique au $FeCl_3$ que lors de l'application des traitements au sel (#4 et #5); i.e. 70% versus 54 et 64% pour les traitements #4 et #5. Les plus basses valeurs de pH et les plus hautes valeurs de POR observées suite à l'ajout de $FeCl_3$ pour le traitement #6, expliquent possiblement les meilleurs performances de ce traitement pour la solubilisation du Cu. Tel qu'indiqué dans les annexes 30a et 31a, lors de l'application du traitement biologique avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$ (traitement #6), suite à l'ajout de $FeCl_3$, le pH et le POR moyens sont de 2.27 et 546 mV, comparativement à un pH et un POR moyens de 2.53 et 496 mV lors de l'application du traitement au sel sans acidification des sédiments

(traitement #5). L'ajout de $FeCl_3$, comparativement à l'ajout de sel, semble favoriser la diminution du pH et la montée du POR, ce qui contribue à augmenter la solubilisation du Cu, laquelle dépend beaucoup du POR (Couillard et al., 1991b).

L'enlèvement du Ni est nul. Si l'enlèvement trouvé lors du suivi des métaux (voir tableau 4.28) est comparé à l'enlèvement trouvé lors de l'extraction sélective, i.e. 0% lors du suivi des métaux versus 23% pour les métaux totaux (voir total, tableau 4.29), tout semble indiquer une certaine variabilité expérimentale dans l'analyse du Ni dans les sédiments traités et filtrés. Ainsi la teneur trouvée dans les sédiments après rinçage (voir tableau 4.28) est un peu élevée (70 mg/kg sédiment sec) par rapport aux teneurs trouvées entre 48 et 51 heures (entre 51 et 63 mg/kg sédiment sec), et laisse croire à une contamination des échantillons rincés. Il est à rappeler que le suivi des métaux provient de l'analyse des métaux totaux faite sur les sédiments filtrés à différents moments au cours des expériences (digestion totale à l'acide perchlorique) et que les métaux totaux (ou total) dans les tableaux d'extraction sélective proviennent de l'addition des différentes fractions obtenues suite à l'application de la méthode du lessivage sélectif (Tessier et al.,1979). Il n'en demeure pas moins que le Ni se solubilise très peu avec le traitement #6, tout comme dans le cas des autres traitements de solubilisation (#1 à #5). La majeure partie du Ni est enlevée dans les deux premières fractions (NaOAc et 3b, voir tableau 4.29). Encore ici, le fait que plus de 65% du Ni se trouve dans la

fraction résiduelle explique la difficulté à solubiliser cet élément.

L'enlèvement du Cr demeure très faible. Tout comme le Ni, cet élément se trouve en majorité (i.e. 60%) lié à la fraction résiduelle (voir tableau 4.29). Etant donné que les métaux liés à cette fraction correspondent aux métaux liés aux minéraux, l'enlèvement du Cr lors de l'application du traitement biologique est difficile.

Mis à part le Cu, dont la diminution de M^{z+} est un peu plus élevée avec le traitement #6, pour le Pb, le Zn et le Ni, la diminution de l'ion libre dans les sédiments après traitement, comparativement à sa teneur initiale dans les sédiments, est semblable pour les traitements #4, #5, #6. C'est-à-dire que l'acidification des sédiments au départ, ainsi que l'ajout de sel plutôt que de $FeCl_3$, ne semble pas influencer la biodisponibilité des métaux. L'enlèvement plus élevé du Cu dans la fraction 3b i.e. sa réduction de 4.7 ug/g à 3.4 ug/g (voir annexe 31fiii), explique les plus fortes diminutions de M^{z+} pour cet élément.

En conclusion, les rendements d'enlèvement obtenus lors de l'application du procédé de solubilisation biologique avec ajout de $FeCl_3$ (traitement #6), sont semblables à ceux trouvés avec les procédés au sel (traitement #4 et #5). L'acidification des sédiments n'est donc pas requise. De même, l'ajout de $FeCl_3$ donne d'aussi bons résultats que l'ajout de NaCl, à moindre coût. C'est donc un procédé prometteur.

4.1.7 Procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeCl_2$ suivi d'une décantation et d'une acidification des sédiments à pH = 1.75

Le traitement #7 consiste en un procédé de solubilisation biologique, à partir d'une souche acclimatée au $FeCl_2$, tel que vu au chapitre 3 (voir sections 3.1 et 3.2). Les sédiments sont acidifiés au départ avec H_2SO_4, puis l'inoculum (20%,v/v) et le substrat (2% Fe avec $FeCl_2$) sont ajoutés. Après 48 heures de traitement pour le sédiment #11 et 72 heures de traitement pour le sédiment #6, les sédiments sont décantés et acidifiés à pH=1.75 avec HCl.

Ce traitement biologique présente l'avantage de diminuer la teneur en sulfate et d'augmenter la concentration d'ions Cl^-, en raison de l'utilisation du $FeCl_2$ comme substrat. Comme il a été vu au chapitre 3 (voir section 3.1.3.2c), la diminution de la teneur en soufre et l'augmentation de celle en chlorure favorisent la solubilisation du Pb (voir tableaux 3.7 à 3.9). De même la décantation et l'acidification en fin de procédé ont été faites pour hausser les rendements d'enlèvement des métaux.

Le coût total du procédé varie selon le sédiment à acidifier. En effet, la composition différente des sédiments leur confère des propriétés tampons caractéristiques (voir tableau 2.2). Dans le cas présent, l'acidification du sédiment #6 requiert beaucoup plus d'acide, de sorte que les coûts varieront entre 44.00 à 61.00 $/t sédiment sec. Ces coûts sont relativement élevés comparativement

aux autres traitements (voir tableau 4.1).

Le traitement #7 a été expérimenté avec les sédiments #6 et #11, en raison de la haute teneur en Pb de ces sédiments. Les résultats d'enlèvement des métaux totaux sont présentés aux tableaux 4.30 et 4.31.

Dans le cas du sédiment #6, les rendements d'enlèvement des métaux sont plus élevés qu'avec le traitement chimique (traitement #1, voir tableau 4.1), et supérieurs pour certains métaux au traitement biologique avec sel (traitement #4). Pour le Pb, le Zn, le Cu et le Cd, l'enlèvement atteint 41, 77, 55 et 84% avec le traitement #7 comparativement à 48, 71, 19 et 67% avec le traitement #4 (voir tableaux 4.30 et 4.21). Tel qu'il est possible de le constater au tableau 4.30, la décantation et l'acidification après 72 heures augmentent l'enlèvement du Pb (21% et 41% avant et après décantation respectivement) et du Cu dans une moindre mesure (44% et 56 % avant et après décantation). Le tableau 4.32 indique la répartition du Pb, du Zn, du Cu et du Cd entre les différentes fractions lors de l'extraction sélective.

Tableau 4.30: Suivi des métaux dans le sédiment #6 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeCl2 complété par une décantation et une acifification des sédiments à pH1.75 avec HCl après 71 heures.

Métaux	Teneur en métaux				
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)		Enlèvement (%)	
	0h	71h	78h	71h	78h
Pb	422	332.5	249.8	21.2	40.8
Cu	486	271.3	215.7	44.2	55.6
Zn	9850	2693	2279	72.7	76.8
Mn	406	111.7	101.2	72.5	75.1
Ni	39.5	31.9	33.6	19.3	15.1
Cr	145	173.6	172.2	0	0
Fe	165892	175549	166220	0	0
Cd	65	15.2	13.1	76.6	79.9
Hg	15.8	14.5	16.0	8.2	2.5

Tableau 4.31: Suivi des métaux dans le sédiment #11 lors de l'application du traitement de solubilisation biologique avec une souche acclimatée au FeCl2 complété par une décantation et une acifification des sédiments à pH1.75 avec HCl après 71 heures.

Métaux	Teneur en métaux				
	Sédiment avant traitement (mg/kg séd.sec)	Sédiment après traitement (mg/kg séd.sec)		Enlèvement (%)	
	0h	45h	77h	45h	77h
Pb	306	253.2	173.7	17.3	43.2
Cu	120	49.2	36.2	58.9	69.8
Zn	2437	338.1	260.8	86.1	89.3
Mn	692	251.9	200.6	63.6	71.0
Ni	76.3	73.86	60.4	3.3	20.8
Cr	161	211.1	183.4	0	0
Fe	69757	62044	52252	11.1	25.1
Cd	5	0.64	0.77	87.2	84.5
Hg	2.32	1.8	2.3	22.4	0

Tableau 4.32 Répartition du Pb, Zn, Cu et Cd dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #6: traitement #7 (t après traitement= 74 heures).

Fractions	Pb (ug/g)		Zn (ug/g)		Cu (ug/g)		Cd (ug/g)	
	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.	Avant trait.	Après trait.
Total	475	287.2	9563	2267	542.0	212.7	45.6	13.0
NaOAc	75.4	75.9	650.0	200.1	0.57	5.6	0.15	1.2
3b	268.8	75.3	5816	278.9	2.08	1.7	28.2	0.63
H_2O_2	48.0	30.0	1914	730.0	347	78.4	8.5	2.7
HF	83.2	114.0	1183	1056	191.0	127.0	8.7	8.5

La différence de rendement observée pour l'enlèvement du Pb (41 % avec le traitement #7 versus 48% avec le traitement #4) peut possiblement s'expliquer par le plus faible enlèvement du Pb dans la fraction H_2O_2 lors de l'application du traitement biologique avec $FeCl_2$; ainsi il reste 30 ug Pb/g avec le traitement #7 et 16.2 ug Pb/g avec le traitement au sel (voir tableaux 4.25 et 4.32). La spéciation du Pb est semblable pour le traitement biologique au sel (traitement #4) et celui au $FeCl_2$ (traitement #7). La moitié du Pb présent se trouve dans la fraction 3b, et le Pb enlevé provient en majorité de cette fraction. Il n'y a pas de Pb enlevé dans la fraction NaOAc.

Comme dans le cas du traitement #4, le Zn dans le sédiment #6 fortement contaminé pour cet élement, se trouve surtout dans la fraction 3b (voir tableau 4.32). Et c'est également dans cette fraction qu'à lieu le plus grand enlèvement (près de 95%).

Dans le cas du Cu, l'enlèvement est plus grand avec le traitement #7 (voir tableau 4.1). En fait jamais d'aussi bons rendements d'enlèvement du Cu n'avait été obtenus dans ce sédiment. Les conditions de pH et surtout de POR expliquent sûrement ces meilleurs rendements. Ainsi les annexes 31a et 29a, indiquent un pH et un POR moyens de 1.75 et 544 mV pour le traitement #7 comparativement à un pH de 3.21 et un POR de 380 mV pour le traitement #4. Le tableau 4.32 indique que la majorité du Cu provient de la fraction H_2O_2 laquelle contient d'ailleurs la majorité du Cu présent dans le sédiment #6. Après l'application du traitement #7, il ne reste que 78 ug/g dans la fraction H_2O_2,

alors qu'il en restait 148 ug/g suite à l'application du traitement #4.

Une augmentation du Cu (soit de 0.5 à 5.6 ug/g) a aussi été observée dans le sédiment #6, dans la fraction NaOAc, suite à l'application du traitement #7; (voir tableau 4.32). C'est comme si le procédé de solubilisation changeait la spéciation du Cu: une certaine partie du Cu enlevée dans la fraction H_2O_2 a peut-être été transferée dans la fraction NaOAc. Ce qui avait été également constaté lors de l'application du procédé au sel (voir tableau 4.25). Toutefois dans le procédé présentement étudié, l'augmentation de la teneur en Cu est beaucoup moins grande que lors de l'application du traitement #4 alors que la teneur en Cu dans le fraction NaOAc passait alors de 0.6 à 20.8 ug/g (voir tableau 4.25).

La spéciation du Cd est semblable suite à l'application du procédé d'enlèvement des métaux avec $FeCl_2$ à celle observée après le traitement au sel (voir tableaux 4.25 et 4.32). Toutefois l'enlèvement total est supérieur avec le traitement au $FeCl_2$, soit 84% pour le traitement #7 et seulement 67% pour le traitement #4. La majorité de l'enlèvement du Cd se fait dans la fraction 3b qui contient plus de la moitié du Cd total présent dans le sédiment #6. Ces résultats indiquent aussi que le Cd atteint de bons rendements de solubilisation dans le sédiment #6 fortement contaminé par cet élément, suite à l'application du traitement de solubilisation biologique #7.

La diminution de l'ion libre suite à l'application du

traitement montre que les rendements sont très bons pour tous les métaux étudiés (voir tableau 4.1). Il faut se rappeler que l'augmentation de la teneur initiale du Fe de 12142 à 28631 ug/g après 74 heures (voir annexe 32fiii), explique pourquoi la diminution de l'ion libre a été plus grande lors du traitement biologique que lors du traitement chimique.

Le sédiment #6 est aussi contaminé en Hg. Avec 2.5% d'enlèvement du Hg, il semble que le procédé de solubilisation biologique avec $FeCl_2$ n'est pas plus efficace que les autres procédés pour enlever le Hg.

Dans le cas du sédiment #11, l'enlèvement du Pb est de 43% avec le traitement #7, plutôt que 47 à 53% d'enlèvement avec les autres traitements biologiques (traitements #4, #5 et #6, voir tableau 4.1). Pour le Zn, les rendements sont de 89% avec le traitement #7, alors que pour le Cu et le Ni, ils sont de 69.6 et 21% respectivement. Dans le cas du Cr, l'enlèvement est nul et même la concentration augmente (voir tableau 4.31).

Pour le sédiment #4, la diminution de l'ion libre suite à l'application du traitement de solubilisation avec $FeCl_2$ (traitement #7), comparativement aux autres traitements biologiques (voir traitements #4, #5 et #6), est semblable pour le Pb, le Zn, le Cu, soit 78%, 84.6% et 77% respectivement alors qu'elle est moins élevée dans le cas du Ni avec 51% (voir tableau 4.1).

Pour l'enlèvement du Pb, il ne semble pas y avoir de différence significative entre les traitements biologiques. La teneur trouvée dans les sédiments après traitement varie autour de

180 mg/kg sédiment sec (voir tableaux 4.3, 4.22, 4.27, 4.28 et 4.31).

Les rendements d'enlèvement du Zn sont un peu plus élevés et ce même avant la décantation (voir tableau 4.31). Les conditions de pH et POR optimales, lors des essais, expliquent possiblement ces plus hauts rendements. Dans le cas du Cu et du Ni, les rendements sont sensiblement égaux pour les différents traitements biologiques. Pour ce qui est du Cr, on soupçonne qu'une certaine contamination amenée dans le $FeCl_2$ peut être être responsable de l'augmentation du Cr dans les sédiments traités et filtrés (voir tableau 4.31): en effet le $FeCl_2$ est un résidu industriel qui peut contenir certains métaux et les analyses (voir tableau 2.3) ont montré que la solution de $FeCl_2$ contient 175 mg Cr/L. En considérant la quantité de $FeCl_2$ ajoutée (4.91 mL) lors des essais et la teneur initiale en Cr dans les sédiments (161 mg/kg), on peut dire que 11% du Cr présent provient du $FeCl_2$. Etant donné que le Cr est un élément difficile à solubiliser, dans l'éventualité de l'utilisation de $FeCl_2$ comme substrat, il demeure de première importance que le fournisseur de $FeCl_2$ garantisse un produit très peu contaminé en Cr.

L'augmentation du Fe dans la fraction 3b, (de 16600 ug/g à 21800 ug/g) suite au traitement, combinée à une diminution des métaux dans cette fraction (voir annexe 32fiii) assurent une diminution de l'ion libre dans les sédiments traités par rapport aux sédiments de départ. Cette diminution ne semble pas varier avec le type de traitement biologique appliqué et donc de substrat

utilisé, sauf dans le cas du Ni, pour lequel les rendements d'enlèvement de M^{z+} sont inférieurs de 30% (voir tableau 4.1). Le tableau 4.33 indique la spéciation du Ni dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective.

Tableau 4.33 Répartition du Ni dans les différentes fractions lors de l'extraction sélective dans le sédiment #11: traitement #7.

Fractions	Ni (ug/g) Avant trait. (t=0h)	Après trait. (t=52h)
Total	73.1	57.2
NaOAc	4.41	1.26
3b	10.4	6.7
H_2O_2	8.1	6.7
HF	47.2	42.5

La spéciation du Ni entre les différentes fractions est semblable suite au traitement #7 et au traitement #6 (voir tableaux 4.33, 4.29). Il est donc probable que la plus faible augmentation de Fe, après le traitement #7 (de 16600 ug/g à 21800 ug/g), explique les moins bons rendements quant à M^{z+}, que ceux du traitement #6, pour lequel le Fe augmente de 15600 à 46900 ug/g.

En conclusion, ce type de traitement a donné avec le sédiment #6, de bons résultats comparativement au traitement chimique. De plus, dans le cas du Cu, les rendements d'enlèvement atteints avec le traitement biologique au $FeCl_2$ (traitement #7), sont supérieurs à ceux obtenus avec le traitement biologique au NaCl (traitement #4). Toutefois les rendements d'enlèvement du Pb demeurent relativement bas (autour de 42%), et ce malgré l'augmentation de

chlorures et la diminution des ions sulfates. La contamination en Cr amenée par le substrat pose aussi un problème. Enfin les coûts du procédé sont relativement élevés comparativement aux autres procédés.

4.1.8 Détermination du(des) procédé(s) potentiellement le(s) plus applicable(s)

Il s'agit de déterminer ici à la lumière des conclusions tirées des différents traitements étudiés aux sections 4.1.1 à 4.1.7, le(s) traitement(s) potentiellement le(s) plus intéressant(s). Tous les traitements étudiés se sont révélés incapables d'enlever le Hg (analyse à refaire dans le cas du traitement #4 pour le Hg dans le sédiment #6), non plus que de réduire le Ni et le Cr à plus de 20 et 28% respectivement. L'enlèvement de chacun de ces éléments dans les sédiments qui en contiennent, devra être étudié de façon spécifique et individuelle.

Les traitements au sel, avec ou sans acidification des sédiments au départ (traitements #4 et #5), sont à rejeter. Ceci en raison de leurs coûts élevés et de leur efficacité de solubilisation du Pb qui n'est pas supérieure à celle des autres traitements moins coûteux. Le traitement de solubilisation biologique des métaux avec $FeCl_2$ (traitement #7) n'est également pas retenu en raison de son coût relativement élevé, du problème de contamination au Cr amené par le $FeCl_2$, et de l'efficacité de solubilisation du Pb plutôt moyen.

Le traitement chimique (traitement #1) présente les désavantages d'être relativement coûteux (41.00 à 100.00 $/t sédiment sec) en raison des coûts d'acidification, de ne pas assurer un enlèvement de M^{z+} suite à l'application du traitement et de ne pas pouvoir assurer une solubilisation adéquate pour tous les sédiments (par exemple, le sédiment #6). Le principal avantage de ce procédé est un enlèvement satisfaisant du Pb total. Par contre, le M^{z+} pour le Pb n'est pas diminué car le Fe est sous forme soluble et ne peut donc pas lier les métaux disponibles. En raison des désavantages posés par ce type de traitement chimique, celui-ci est mis de côté, temporairement du moins.

Pour des sédiments faiblement contaminés en Pb, le traitement biologique standard (traitement #3), sans acidification des sédiments à pH 1.75 en fin de procédé, pourrait assurer une décontamination adéquate des sédiments à très faible coût (de 4.00 à 13.00 $/t sédiment sec).

Le traitement de solubilisation biologique sans acidification des sédiments au départ (traitement #6) présente des avantages certains. Outre son coût relativement peu élevé (33 $/t sédiment sec), les conditions de pH et de POR sont bonnes à cause de l'ajout de $FeCl_3$ et aucune acidification préalable des sédiments n'est requise, ce qui facilite de beaucoup les opérations. Les rendements d'enlèvement des métaux et de M^{z+} sont satisfaisants, toutefois l'enlèvement réel du Pb devrait être optimisé. Il serait également intéressant d'étudier ce type de traitement avec des sédiments fortement anoxiques (tel le sédiment #6).

Le traitement #2 ressemble au traitement #6, sauf qu'il n'y a pas de traitement biologique comme tel: aucune inoculation et un temps de traitement plus court (tout se fait à l'intérieur de 24 heures). Le coût du traitement est peu élevé et les rendements d'enlèvement des métaux sont intéressants. Toutefois l'enlèvement du Pb devrait être optimisé. Enfin, en ce qui a trait à l'enlèvement du Cr, l'ajout d'H_2O_2 demeure une avenue à explorer. Par contre l'augmentation du Fe suite au traitement #2 est faible, ce qui laisse supposer que la diminution de la concentration de M^{z+} ne sera pas élevée: en effet la teneur en Fe augmente de 15000 mg/kg sédiment sec dans le cas du traitement #2 (voir tableau 4.12), alors qu'elle augmentait d'environ 40000 mg/kg avec le traitement #6 (voir tableau 4.25).

En conclusion, il est recommendé de faire des essais de solubilisation des métaux à partir d'un traitement de solubilisation biologique sans acidification préalable des sédiments, suivi d'une décantation et d'ajout de $FeCl_3$. La nécessité d'un rinçage pour augmenter l'enlèvement des métaux, de même, que la quantité optimale de $FeCl_3$ à ajouter dans le but d'optimiser l'enlèvement du Pb, sont à déterminer. Des essais avec ajout de H_2O_2 (en fin de traitement pour ne pas tuer les bactéries) sont aussi à expérimenter afin d'augmenter la solubilisation du Cr. Ce traitement devra aussi être étudié avec différents types de sédiments.

4.2 **Différents aspects concernant le(s) procédé(s) applicable(s).**

Cette section vise à étudier de plus près différents aspects du procédé d'enlèvement des métaux retenus, i.e. dans ce cas-ci le procédé de solubilisation biologique et chimique des métaux avec une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$ (sans acidification des sédiments au départ).

4.2.1 La solubilisation de l'As, du P, du S, de l'Al, du Ca et du Mg.

Les résultats d'enlèvement de l'As avec le traitement biologique suivi d'une décantation et de l'ajout de $FeCl_3$ sont indiqués à l'annexe 31c. Ainsi l'ajout de $FeSO_4.7H_2O$ et des bactéries au début de l'expérience entraîneraient une diminution de 35.3% de l'As initialement présent. Par contre après 48 heures de traitement, il n'y a pas de diminution supplémentaire de l'As (voir annexe 31c). Cependant il demeure difficile de conclure à partir de cette étude, car les résultats d'As faites en duplicata dans le cas des autres traitements (voir annexes 26c à 32c), sont très variables. Il semble qu'il y ait un problème avec la méthode de digestion utilisée et les analyses devront être reprises.

La solubilisation du phosphore lors de l'application du traitement de solubilisation biologique suivi d'une décantation et de l'ajout de $FeCl_3$ ne dépasse pas 1%. Quant au soufre il est sous forme de sulfate durant la première partie du traitement (phase biologique) et sa concentration se situe à près de 411 mg/L (voir annexe 31a). Le sulfate provient en majorité de l'ajout de $FeSO_4.7H_2O$ et sa concentration diminue par un facteur de 4 suite à la décantation et par un facteur de 8 suite au rinçage.

L'aluminium se solubilise très peu (sa solubilisation demeure en bas de 5%), lors de l'application du traitement biologique au $FeCl_3$ (voir annexe 31a). La solubilisation du Ca ne dépasse pas 50% lors de l'application du traitement biologique au $FeCl_3$ (traitement #6), alors que le Mg demeure en bas de 10% de solubilisation (voir annexe 31a).

4.2.2 La solubilisation de la matière organique

D'après l'annexe 31e, le pourcentage de matière organique des sédiments augmente légèrement suite à l'application du traitement biologique au $FeCl_3$ (traitement #6). Avant traitement, on trouve 15.3% de matière organique (%SV), alors qu'après traitement ce pourcentage grimpe à 20.8% (%SV). Il ne semble donc pas que le procédé entraîne une solubilisation de la matière organique.

4.3 **Effet de la décantation et du rinçage sur la solubilisation du Pb et des autres métaux.**

L'intérêt de la décantation réside dans le fait qu'en enlevant le surnageant contaminé en métaux et en le remplaçant par un volume d'eau distillée, on entraîne la diminution des ions solubles (dont les ions sulfates), et on permet l'établissement d'un nouvel équilibre chimique. Ce nouvel équilibre est jugé susceptible de favoriser la solubilisation des métaux contenus dans les sédiments décantés, lesquels semblent décanter plus facilement et rapidement que les boues. Selon le type de sédiment, l'efficacité de la décantation varie considérablement: c'est le sédiment #11 qui

décante le mieux et le sédiment #6 le moins bien.

Au chapitre 3, avec le sédiment #12, il avait été trouvé que la décantation haussait la solubilisation du Pb d'au plus 5% (voir section 3.1.1.1i). Par ailleurs, la décantation lorsqu'elle est alliée traitement chimique (traitement #1) ne semble pas augmenter la solubilisation du Pb et des autres métaux (voir annexe 26a). En effet, les pourcentages de solubilisation restent semblables avant (t=23 heures) et suite à la décantation (t=26 heures). Et, dans le cas de l'application du traitement #1, même 24 heures après la décantation, la hausse des rendements de solubilisation demeure inférieure à 5%. Pour ce qui est des autres traitements où une autre décantation a été faite (traitements #2, #4, #5, #6, #7), il est difficile de dissocier l'effet de la décantation de celui des autres traitements chimiques appliqués suite à la décantation; i.e. traitement au sel, acidification et traitement au $FeCl_3$.

Lors de l'application des traitements #2, #4, #5 et #6, des rinçages en fin de procédé ont été effectués afin de hausser la solubilisation des métaux. Les résultats sont indiqués aux annexes 27b, 29b, 30b, 31b et aux tableaux 4.12, 4.13, 4.22, 4.23, 4.27 et 4.28. Lors de l'application du traitement #2 sur le sédiment #11, le rinçage n'a pas augmenté l'enlèvement des métaux (voir annexe 27b). Il en va de même pour le traitement #4, où deux rinçages consécutifs n'ont également pas amilioré l'enlèvement des métaux pour les sédiments #6 et #11 (voir annexe 29b). Dans le cas du sédiment #3, il est difficile de tirer une conclusion étant donné qu'on ne dispose que d'un échantillon de sédiment rincé. Les

conclusions sont les mêmes pour les rinçages effectués lors de l'application des traitements #5 et #6; i.e. pas de hausse dans l'enlèvement des métaux suite au rinçage (voir annexes 30b et 31b).

En conclusion, tout semble indiquer que le rinçage des sédiments en fin de procédé n'améliore pas l'enlèvement des métaux. Il est possible que le temps de réaction (inférieur à 1 heure), soit trop court pour qu'un effet soit observable. Etant donné les coûts supplémentaires entraînés par cette étape du traitement (i.e. séparation solide-liquide supplémentaire, recyclage de l'eau de rinçage), à la lumière de ces résultats, il n'est pas recommandé d'effectuer des rinçages en fin de procédé.

Pour ce qui est de l'effet de la décantation, trop peu de résultats sont disponibles pour pouvoir conclure de façon certaine. Il est probable que l'effet de la décantation lui-même soit semblable à celui du rinçage. Toutefois, étant donné que dans cette étude, la décantation est suivie, la plupart du temps, d'un traitement chimique, il serait intéressant d'étudier de plus près l'effet d'une décantation combinée à un traitement chimique en regard du traitement chimique sans décantation préalable.

CHAPITRE 5

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le but de ce mémoire de maîtrise est d'élaborer un procédé de solubilisation des métaux applicable aux sédiments contaminés du fleuve St-Laurent. Un des aspects de cette recherche consistait en l'étude de différentes variables pouvant affecter la solubilisation des métaux dans les sédiments.

Ainsi 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 ($FeSO_4.7H_2O$ ou $FeCl_2$) 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 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 $FeSO_4.7H_2O$ avec des sédiments acidifiés au H_2SO_4 se développe de façon plus stable, si le pH et le POR sont considérés comme paramètres.

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. L'utilisation de la détermination de l'ion libre pour évaluer la biodisponibilité des métaux, permet de constater qu'une augmentation de la quantité de Fe dans les sédiments suite au traitement cause une diminution de l'ion libre. Sans cette augmentation, comme lors de l'application du traitement chimique avec HCl et $FeCl_3$ (traitement #1, voir tableau 4.1), il n'y a pas d'enlèvement de M^{z+} après le traitement.

La solubilisation du Cu des sédiments est très corrélée au POR, tout comme il avait été trouvé antérieurement avec les boues résiduaires. 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, toutefois la diminution de l'ion libre (i.e. sa toxicité) est en général très bonne (entre 60 et 80%, voir tableau 4.1). Il a été vu au chapitre 4, qu'une grande partie de cet élément se trouve dans la phase résiduelle (i.e. associée à la structure primaire et secondaire des sédiments). Le cas du Cr est semblable à celui du Ni et une très faible partie seulement est solubilisée (moins de 10%).

La souche de thiobacilles utilisée avec les sédiments #6 et #8 n'a pas semblé capable d'assurer l'enlèvement du Hg. D'autres recherches devront être entreprises, afin de cerner les variables qui interviennent dans l'enlèvement du Hg. De même la possibilité

d'utiliser des souches de thiobacilles acclimatées au Hg devra être envisagée.

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.

L'autre volet de cette étude consistait à identifier le meilleur choix de traitement compte tenu des coûts et de l'efficacité d'enlèvement des métaux. Un traitement biologique (3% ST) avec ajout de 20% d'inoculum (v/v) et 20% de $FeSO_4.7H_2O$, suivi d'un traitement chimique (fait après 48 heures de traitement biologique), où 0.08 mL $FeCl_3$/g sédiment sec sont ajoutés aux sédiments décantés (voir traitement #6, tableau 4.1), a donné de bons résultats d'enlèvement des métaux avec le sédiment #11. Comme il n'y a pas d'acidification des sédiments au départ, les manipulations pratiques sont simplifiées. Etant donné que le rinçage des sédiments suite à l'application du traitement n'a pas amélioré l'enlèvement des métaux, le prix alloué pour la décantation est diminué à 5 $/t sédiment sec, ce qui fixe le prix d'application du traitement #6 à 28 $/t sédiment sec au lieu de 33 $/t sédiment sec. C'est donc un traitement qui se révèle comparativement peu coûteux. Dans le cas où les sédiments seraient

très peu contaminés par le Pb, il est possible de n'appliquer que la première partie du traitement, i.e. une solubilisation biologique effectuée sur une période de 48 heures. Le prix en produits chimiques du traitement diminue alors à 11 $/t sédiment sec.

Pour les sédiments contaminés par le Pb, d'autres essais effectués avec différentes variantes dans la partie chimique du traitement (différentes concentrations de $FeCl_3$, ajout de H_2O_2) devront être étudiés afin d'optimiser l'enlèvement du Pb. De même l'applicabilité de ce procédé à des sédiments aux caractéristiques différentes (des sédiments très anoxiques par exemple), devra être vérifiée afin de s'assurer que l'acidification préalable n'est toujours pas requise.

Enfin des études avec des réacteurs à alimentation en continu devront être menées afin de compléter cette recherche.

Globalement la présente étude a permis de décontaminer de façon intéressante des sédiments contaminés avec du Pb, du Cu, du Zn, et du Cd, à des coûts très faibles en produits chimiques. Un effort supplémentaire de recherche devrait permettre dans un proche avenir de s'orienter à moyen terme vers une démonstration du procédé à l'échelle pilote. La figure 5.1, illustre une application possible du procédé à l'échelle réelle.

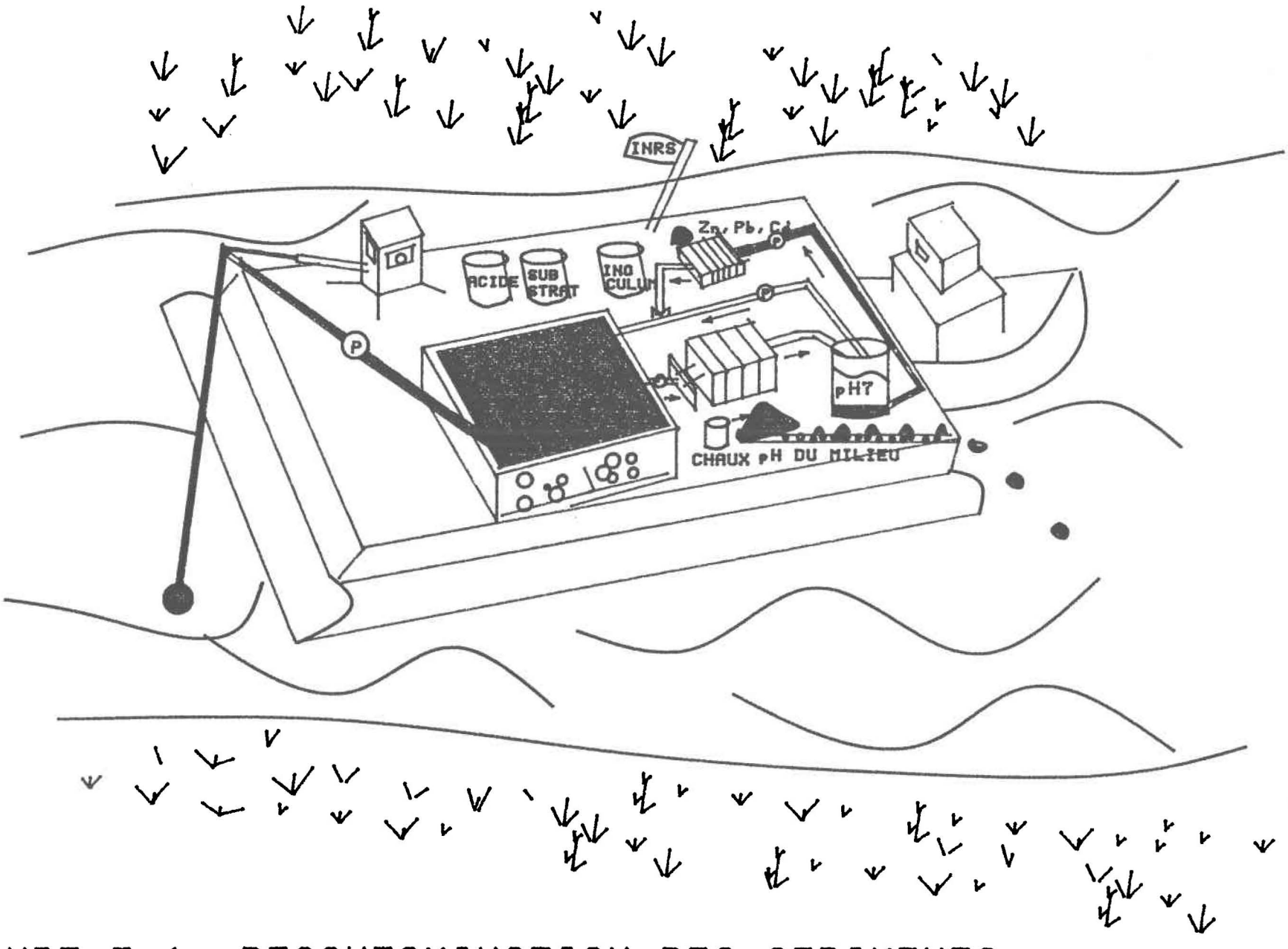


FIGURE 5.1: DECONTAMINATION DES SEDIMENTS

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.

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.

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

Applequist 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.

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. sous presse.

Couillard, D., Chartier, M. and Mercier, G. (1992a). Major factors influencing bacterial leaching of heavy metals from anaerobic sludge. Soumis dans Envir. Pollut..

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. Wat. Res. sous presse.

Couillard, D. and Mercier, G. (1992b). Précipitations sélectives des métaux solubilisés biologiquement des boues aérobies d'épuration. Can. J. Chem. Engrs 70: 1021-1029.

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 aérobiose sur la solubilisation biologique des métaux. Can. J. Civ. Engrs., sous presse.

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 résiduaires. Conf. substances toxiques, 4-5 avril 1990, Mtl.

Couillard, D., Mercier, G. et Tyagi, R.D. (1988a). Problématique des métaux lourds dans les boues résiduaires 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 résiduaires. 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. 8ième 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 cadnuim 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.

Ingledew, 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, Wr.(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.

Legret M., Divet L. and Marchandise P. (1987). Mobilité et extraction des métaux lourds associés aux boues des stations d'épuration. Wat. Res. 21, 541-547.

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? Hydrobiolol., 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 résiduaires 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 ans trends of the lake Ontario macro benthos. 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.

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

Québec, Ste-Foy, Québec, 179 p..

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..

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). Limnol. Oceanogr. sous presse.

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.

Wentsel, 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.

ANNEXES

LEGENDE

Dans toutes les annexes sur 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 de 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 observée 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 (mg/L)	%Sol (%)

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 échantillonage 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 abbréviation suivantes sont utilisées:

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.

LISTE DES ANNEXES

Légende

Annexe 1a) Situation géographique des différents lieux de prélèvement des sédiments.

Annexe 1b) pH ET POR lors de l'acclimatation des différentes souches bactériennes (I à XI).

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 (séd.#12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 2 Vérification de la présence **d'une souche indigène** et de l'effet du **$FeSO_4.7H_2O$** sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

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 $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 4 Effet du **pourcentage d'inoculum (v/v) ajouté** sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 5 Effet de l'**influence de la quantité de substrat** sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 6 Effet de l'**ajout des différentes quantités d'azote (mg NH_4/10.5g séd sec)** sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 7 Effet de l'**ajout des différentes quantités de phosphore** (mg PO_4^{-3}/12 g sédsec) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 8a) Effet du **pourcentage de solides totaux** sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine

(acidification après 97 heures, séd. #12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 8b) Effet du **pourcentage de solides totaux (ST)** 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 $FeSO_4.7H_2O$).

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 $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 10 Effet **de la décantation et acidification et seulement de l'acidification** après 48 heures sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd. #12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 11 Solubilisation biologique des métaux **à pH=2 avec acidification au HCl** (séd. #12 et souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$).

Annexe 12 Effet du **$FeCl_2$ sur la solubilisation** biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine avec une acidification avec H_2SO_4 (séd. #12 et souche acclimatée au $FeCl_2$).

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_2SO_4 (séd. #12 et souche acclimatée au $FeCl_2$).

Annexe 14 Effet du **% de solides totaux** sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, avec **1% de Fe ($FeCl_2$)** ajouté comme substrat (séd. #12 et souche acclimatée au $FeCl_2$, acid.H_2SO_4).

Annexe 15 Effet du **pourcentage de solides totaux** sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, avec **2% Fe ($FeCl_2$) ajouté comme substrat** (séd. #12 et souche acclimatée au $FeCl_2$ acid. H_2SO_4).

Annexe 16 a) Effet du **pH de départ** sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, avec 1% Fe ($FeCl_2$ comme substrat, séd.#12 et souche acclimatée au $FeCl_2$ acid, HCl).

Annexe 16 b) Effet du **pH de départ** sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, avec 2% Fe ($FeCl_2$) comme substrat (séd. #12 et souche acclimatée au $FeCl_2$, acid. HCl).

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 $FeCl_2$, acid. HCl).

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 $FeCl_2$, acid. HCl).

Annexe 19 **Effet du $FeCl_3$** sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12).

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

Annexe 21 Effet **du pH de départ** sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, acidifiés avec **HCl et $FeCl_3$** (mL de $FeCl_3$/g séd. sec, séd. #12).

Annexe 22 Effet **de la concentration du FeCl3** sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, (mL $FeCl_3$/g séd. sec, séd#12 et acid. avec HCl à pH=2 et 1.75).

Annexe 23 Effet **de la décantation et l'acidification** après 23 heures sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine, acidifiés avec HCl et $FeCl_3$ (mL $FeCl_3$/g séd. sec, séd. #12).

Annexe 24 Effet **de la température** à différents pH sur la solubilisation chimique des sédiments du canal Lachine acidifiés avec HCl et $FeCl_3$ (séd. #12).

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).

Annexe 26 a) **Solubilisation chimique** des métaux avec acidification au **HCl et $FeCl_3$ dans les sédiments #2, #3, #6, #8, #11** (0.082 mL

$FeCl_3$/g séd sec à pH=2).

Annexe 26 b) **Suivi des métaux** dans les sédiments #2, #3, #6, #8, #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$ (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec à pH=2).

Annexe 26 c) **Suivi de l'As et du Hg** dans les sédiments #2, #3, #6, #8, #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec **HCl et $FeCl_3$** (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec à pH=2).

Annexe 26 d) Evaluation des **solides totaux et volatils en suspension** (MVS, MES) dans le surnageant des décantations faites sur les essais avec une solubilisation chimique avec **HCl et $FeCl_3$** dans les sédiments #2, #3, #6, #8, #11 (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec à pH=2).

Annexe 26 e) Estimation de la **solubilisation de la matière organique** d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais avec une solubilisation chimique avec **HCl et $FeCl_3$** dans les sédiments #2,#3, #6, #8, #11 (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec à pH=2).

Annexe 26 f) **Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux** dans les sédiments #2, #3, #6, #8, #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et $FeCl_3$ (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec à pH=2) (I,II,III,IV,V).

Annexe 26 g) **Détermination de la concentration de l'ion libre** dans les sédiments #2, #3, #6, #8, #11 solubilisés de façon chimique avec HCl et $FeCl_3$ (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec à pH=2).

Annexe 27 a) Solubilisation **chimique des métaux avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$** dans les sédiments du canal Lachine avec ou sans H_2O_2 après 4 heures (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec).

Annexe 27 b) **Suivi des métaux** dans les sédiments #11 solubilisés de façon chimique avec **$FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$** (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec).

Annexe 27 c) **Suivi de l'As et du Hg** dans les sédiments #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec **$FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$** (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec).

Annexe 27 d) Evaluation des **solides totaux et volatils en suspension** (MVS, MES) dans le surnageant des décantations faites sur les essais où une solubilisation chimique avec **$FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$** (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec, séd. #11) a été appliquée.

Annexe 27 e) Estimation de la **solubilisation de la matière organique** d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais où une solubilisation chimique avec **$FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$** (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec, séd #11) a été appliquée.

Annexe 27 f) **Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux** dans les sédiments #11 solubilisés de façon chimique avec **$FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$** (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec) (I,II, III,IV,V).

Annexe 27 g) **Détermination de la concentration de l'ion libre** dans les sédiments #11 solubilisés de façon chimique avec **$FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$** (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec).

Annexe 28 a) Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2, #3, #8.

Annexe 28 b) **Suivi des métaux** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2, #3, #8.

Annexe 28 c) **Suivi de l'As et du Hg** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2, #3, #8.

Annexe 28 d) Evaluation des **solides totaux et volatils en suspension** (MVS, MES) dans le surnageant des décantations faites dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2, #3, #8.

Annexe 28 e) Estimation de la **solubilisation de la matière organique** d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du

traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #3, #8.

Annexe 28 f) **Différentes phases lors de l'extraction sélective des** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2, #3, #8 (I,II,III, IV,V).

Annexe 28 g) **Détermination de la concentration de l'ion libre** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2, #3, #8.

Annexe 29 a) Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments avec acidification des sédiments dès le départ (séd. #3,#6,#11).

Annexe 29 b) **Suivi des métaux** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

Annexe 29 c) **Suivi de l'As et du Hg** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

Annexe 29 d) Evaluation des **solides totaux et volatils en suspension** (MVS, MES) dans le surnageant des décantations faites dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

Annexe 29 e) Estimation de la **solubilisation de la matière organique** d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments

#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

Annexe 29 f) **Différentes phases lors de l'extraction sélective** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments #3,#6, #11 avec acidification des sédiments au départ (I,II,III,IV,V).

Annexe 29 g) **Détermination de la concentration de l'ion libre** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments #3,#6, #11 avec acidification des sédiments au départ.

Annexe 30 a) Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 30 b) **Suivi des métaux** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** sans acidification des sédiments au départ (séd#11).

Annexe 30 c) **Suivi de l'As et du Hg** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 30 d) Evaluation des **solides totaux et volatils en suspension** (MVS, MES) dans le surnageant des décantations faites dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 30 e) Estimation de la **solubilisation de la matière organique** d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi

d'une décantation et d'un traitement au sel sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 30 f) **Différentes phases lors de l'extraction sélective des** métaux dans les essais de solubilisation à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ (I,II, III,IV,V).

Annexe 30 g) **Détermination de la concentration de l'ion libre** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi **d'une décantation et d'un traitement au sel** sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 31 a) Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$** sans acidification des sédiments au départ (séd.#11).

Annexe 31 b) **Suivi des métaux** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi **d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$** sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 31 c) **Suivi de l'As et du Hg** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$** dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 31 d) Evaluation des **solides totaux et volatils en suspension** (MVS, MES) dans le surnageant des décantations faites dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi **d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$** sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 31 e) Estimation de la **solubilisation de la matière organique** d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi **d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$**

sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 31 f) **Différentes phases lors de l'extraction sélective des** métaux dans les essais de solubilisation à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi **d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$** dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ (I,II,III, IV,V).

Annexe 31 g) **Détermination de la concentration de l'ion libre** dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi **d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$** sans acidification des sédiments au départ.

Annexe 32 a) Solubilisation des métaux à partir d'une **souche acclimatée au $FeCl_2$** dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification.

Annexe 32 b) **Suivi des métaux** dans les essais de solubilisation à partir d'une **souche acclimatée au $FeCl_2$** dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification.

Annexe 32 c) **Suivi de l'As et du Hg** dans les essais de solubilisation à partir d'une **souche acclimatée au $FeCl_2$** dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification.

Annexe 32 d) Evaluation des **solides totaux et volatils en suspension** (MVS, MES) dans le surnageant des décantation des essais de solubilisation à partir d'une **souche acclimatée au $FeCl_2$** dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification.

Annexe 32 e) Estimation de la **solubilisation de la matière organique** d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une **souche acclimatée au $FeCl_2$** dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification.

Annexe 32 f) **Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux** dans les essais de solubilisation à partir d'une **souche acclimatée au $FeCl_2$** dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification (I,II,III, IV,V).

Annexe 32 g) **Détermination de la concentration de**

l'ion libre dans les essais de solubilisation à partir d'une **souche acclimatée au $FeCl_2$** dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification.

Annexe 33 Équations ayant servi au calcul de la concentration de P soluble total dans les sédiments.

Annexe 34 Normes recommandées par Environnement Canada (1978) quant à la teneur en métaux dans les sédiments du fleuve St-Laurent.

Annexe 1bi: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactérienne (souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ avec les sédiments acidifiés avec H_2SO_4. séd.#12).

Date	pH	POR	Remarques
10-12-90	2.29	613	0.32g $FeSO_4.7H_2O$+1.8g sed#12
11-12-90	2.31	592	
12-12-90	2.21	601	
13-12-90	2.21	609	0.32g $FeSO_4.7H_2O$+1.8g sed#12
14-12-90	2.27	449	0.32g $FeSO_4.7H_2O$+1.8g sed#12
17-12-90	2.24	480	0.32g $FeSO_4.7H_2O$+1.8g sed#12
18-12-90	2.3	629	0.32g $FeSO_4.7H_2O$+.7g sed#12
23-12-90	2.29	484	0.32g $FeSO_4.7H_2O$+1.8g sed#12
07-01-91	2.21	596	0.32g $FeSO_4.7H_2O$+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 $FeSO_4.7H_2O$/300mL 3%STsed#1
18-01-91	2.29	605	0.6g $FeSO_4.7H_2O$/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 $FeSO_4.7H_2O$
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 $FeSO_4.7H_2O$
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 $FeSO_4.7H_2O$
5-02-91	2.34/	609/	
6-02-91	2.26/2.43	636/486	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g $FeSO_4.7H_2O$
7-02-91	2.31/2.50	614/506	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g $FeSO_4.7H_2O$
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 $FeSO_4.7H_2O$
14-02-91	2.42/2.63	639/469	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g $FeSO_4.7H_2O$
15-02-91	2.38/2.70	649/519	
18-02-91	2.39/	660/	ajout de 200 mL a 3%ST +1.8g $FeSO_4.7H_2O$
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/	% $FeSO_4.7H_2O$ diminue a 5%
26-02-91	2.29/2.39	648/590	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#12
20-03-91	2.53/2.41	627/558	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#12
22-03-91	2.64/2.42	627/636	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#12
26-03-91	2.63/2.46	631/642	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#12
29-03-91	2.73/2.54	577/624	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#12
2-04-91			0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#12
4-04-91	2.46/2.55	624/526	0.3g $FeSO_4.7H_2O$/200mL sed.#12
9-04-91	2.28/	636/	
12-04-91	2.36/	635/	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#12
16-04-91		625/	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/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 $FeSO_4.7H_2O$ avec les sédiments acidifiés avec H_2SO_4 (séd.#3).)

Date	pH	POR	Remarques
7-03-91	2.97	381	acidifie a pH4 avec H_2SO_4+5%$FeSO_4.7H_2O$ +40 mL d'inoc. du sed 12
8-03-91	3.37	314	
12-03-91	2.51	507	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#3
14-03-91	2.38	586	
20-03-91	2.72	569	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#3
22-03-91	2.76	576	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#3
26-03-91	3.56	517	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#3
29-03-91	3.22		0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#3
2-04-91	3.05	543	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL 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 $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#3
16-04-91	2.92	589	
18-04-91	2.84	588	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#3
21-04-91	2.86	573	

Annexe 1biii: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ avec les sédiments acidifiés avec H_2SO_4 (séd.#6)).

Date	pH	POR	Remarques
7-03-91	3.24	304	acidifie a pH4 avec H_2SO_4+5%$FeSO_4.7H_2O$ +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$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6
20-03-91	3.31	472	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +20 mL d'inoc. du sed 12
22-03-91	3.39	460	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +40 mL d'inoc. du sed 12
26-03-91	3.37	498	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +20 mL d'inoc. du sed 12
29-03-91	3.51	538	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +40 mL d'inoc. du sed 12
2-04-91	3.42	500	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +40 mL d'inoc. du sed 12
3-04-91	3.45	464	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +50 mL d'inoc. du sed 12
4-04-91	3.38	499	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +50 mL d'inoc. du sed 12
9-04-91	3.5	510	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +50 mL d'inoc. du sed 12
12-04-91	3.36	570	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6 +50 mL d'inoc. du sed 12
26-08-91	3.41	505	0.15g$FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#6
27-08-91	3.11	541	
28-08-91	3.15	479	0.3g$FeSO_4.7H_2O$/200mL sed.#6
3-09-91	3.21	500	0.3g$FeSO_4.7H_2O$/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 $FeSO_4.7H_2O$ avec les sédiments acidifiés avec H_2SO_4 (séd.#8)).

Date	pH	POR	Remarques
7-03-91	3.53		acidifie a pH4 avec H_2SO_4+5%$FeSO_4.7H_2O$ +40 mL d'inoc. du sed 12
8-03-91	3.9	258	
12-03-91	2.83	574	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8
14-03-91	2.84	576	
20-03-91	2.93	569	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8
22-03-91	2.92	570	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8 + 20mL d'inoc du sed.#12.
26-03-91	2.89	584	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8
29-03-91	2.8	610	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8
2-04-91	2.69	585	
4-04-91	2.68	596	
9-04-91	2.73	607	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8
12-04-91	2.72	598	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8
16-04-91	2.78	611	
18-04-91	2.78	617	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8
21-04-91	2.84	604	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mL sed.#8

Annexe 1bv: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ avec les sédiments acidifiés avec H_2SO_4 (séd.#2)).

Date	pH	POR	Remarques
13-02-91	3.05	354	ajout de 100mL du sed #12 + dans sed. #2 pH4 avec H_2SO_4 +5% $FeSO_4.7H_2O$
14-02-91	2.61	466	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 50mL sed #2
15-02-91	2.45	574	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 50mL sed #2
18-02-91	2.45	598	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 50mL sed #2
19-02-91	2.38	599	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 50mL sed #2
20-02-91	2.46	583	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 50mL sed #2
21-02-91			0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 50mL sed #2
26-02-91	2.36	641	
28-02-91	2.41	638	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 50mL sed #2
6-03-91	2.47	620	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 50mL sed #2
8-03-91	2.47	607	
12-03-91	2.44	619	
14-03-91	2.29	625	
			% $FeSO_4.7H_2O$ diminue a 5%
20-03-91	2.33	616	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 100mL sed #2
22-03-91	2.18	623	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 100mL sed #2
26-03-91	2.38	655	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 100mL sed #2
29-03-91	2.46	631	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 100mL sed #2
2-04-91	2.41	633	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 100mL sed #2
4-04-91	2.41	622	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 100mL sed #2
9-04-91	2.43	635	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 100mL sed #2
12-04-91	2.41	637	0.15g $FeSO_4.7H_2O$+ 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 $FeSO_4.7H_2O$ 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%$FeSO_4.7H_2O$ +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 $FeSO_4.7H_2O$/100mLsed#12
27-02-91	2.59/	592/	
28-02-91	2.46/2.58	620/621	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mLsed#12
1-03-91	2.52/	611/	
6-03-91	/2.65	/604	0.15g $FeSO_4.7H_2O$/100mLsed#12

Annexe 1bvii: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au FeCl2 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 FeSO4.7H2O) dans sed. #12 pH4 avec HCl +2% Fe dans FeCl2(i.e.0.36mL/100mLsed)
12-02-91	1.95	624	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
13-02-91	2.09	633	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
14-02-91	2.23	631	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
15-02-91	2.22	640	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
18-02-91	2.07	657	0.36mL FeCl2 +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 FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
27-02-91	2.22	591	
28-02-91	2.1	632	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
1-03-91	2.12	618	
6-03-91	2.13	635	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
8-03-91	2.12	641	0.72mL FeCl2 +200mL sed#12 a 3%ST
12-03-91	2.12	582	0.72mL FeCl2 +200mL sed#12 a 3%ST
14-03-91	2.28	491	
20-03-91	2.12/2.17	647/643	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
22-03-91	2.17/2.18	632/648	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
26-03-91	2.07/2.19	652/660	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
29-03-91	2.15/2.25	612/608	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
2-04-91	2.03/2.46	645/504	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
4-04-91	2.07/2.53	647/530	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
9-04-91	2.00/2.47	666/599	0.36mL FeCl2 +100mL sed#12 a 3%ST
12-04-91	2.02/2.47	662/560	0.72mL FeCl2 +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 $FeCl_2$ 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_2SO_4 et acclim au $FeSO_4.7H_2O$) dans sed. #11 pH4 avec H_2SO_4 +5% $FeSO_4.7H_2O$ acclimatee au $FeCl_2$ et sed aci. au HCl
9-04-91	2.68	591	0.36mL $FeCl_2$ +100mL sed#11 a 3%ST (i.e. 2%Fe dans $FeCl_2$)
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 $FeCl_2$ +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 FeCl2 avec les sédiments acidifiés avec HCl (séd.#6)).

Date	pH	POR	Remarques
16-04-91	3.21	532	ajout de 2%Fe dans FeCl2+100mL sed#6 (i.e. 0.36mL FeCl2/100mL sed)
18-04-91	3.33	539	ajout de 2%Fe dans FeCl2+100mL sed#6
23-04-91	3.33	554	ajout de 2%Fe dans FeCl2+100mL sed#6
26-04-91	3.26	530	ajout de 2%Fe dans FeCl2+100mL sed#6

Annexe 1bx: pH et POR lors de l'acclimatation de différentes souches bactériennes (souche acclimatée au $FeCl_2$ avec les sédiments acidifiés avec H_2SO_4 (séd.#12)).

Date	pH	POR	Remarques
7-03-91	2.85		acdifie pH4 avec H_2SO_4 +2%Fe($FeCl_2$) +40mL d'inoc #12 (acclim. au $FeCl_2$+ sed acidifie au HCl)
8-03-91	2.99		0.72 $FeCl_2$/200mL sed #12 (2%Fe)
12-03-91	2.27		
14-03-91	2.19		0.36 $FeCl_2$/100mL sed #12 (2%Fe)
20-03-91	2.29	619	0.36 $FeCl_2$/100mL sed #12 (2%Fe)
22-03-91	2.35/2.39	623/566	0.36 $FeCl_2$/100mL sed #12 (2%Fe)
26-03-91	2.34/2.39	628/642	0.36 $FeCl_2$/100mL sed #12 (2%Fe)
29-03-91	2.32/2.42	643/651	0.36 $FeCl_2$/100mL sed #12 (2%Fe)
2-04-91	/2.34	/613	0.36 $FeCl_2$/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 $FeCl_2$/100mL sed #12 (2%Fe)
12-04-91	2.29/2.41	652/651	0.36 $FeCl_2$/100mL sed #12 (2%Fe)
16-04-91	2.22/2.35	645/642	0.36 $FeCl_2$/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 $(NH_4)_2SO_4$
0.1g KCl
0.5 g K_2HPO_4
1.025 g $MgSO_4.7H_2O$
0.01g $Ca(NO_3)_2$
14 g $FeSO_4.7H_2O$

Compléter à 1L avec H_2O distillée et ajuster le pH à 2 avec H_2SO_4.
Pour stériliser passer sur filtre 0.45 um.

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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092 Moyenne (mg/L)	Al3092 %Sol. (%)	As1890 Moyenne (mg/L)	As1890 %Sol. (%)	Ca3158 Moyenne (mg/L)	Ca3158 %Sol. (%)	Cd2288 Moyenne (mg/L)	Cd2288 %Sol. (%)
Incubateur#1										
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
Incubateur#2										
totaux			1383.0		0.36		472.05		0.12	
a.oh	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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Incubateur#1										
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
Incubateur#2										
totaux	3.89		2.81		2217.55		398.66		24.24	
a.oh	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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Incubateur#1											
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
Incubateur#2											
totaux	2.07		43.82		6.64		1261.55		65.10		4.87
a.oh	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 FeSO4.7H2O sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine séd #12 et souche acclimatée au FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
pH4+FeSO4.7H2O										
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
Stérile pH4+ FeSO4.7H2O										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH4+FeSO4.7H2O										
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
Stérile pH4+ FeSO4.7H2O										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
pH4+FeSO4.7H2O											
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
Stérile pH4+ FeSO4.7H2O											
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 FeSO4.7H2O sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine séd #12 et souche acclimatée au FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
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)+ FeSO4.7H2O										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Nature(pH7)											
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
Nature(pH7)+ FeSO4.7H2O											
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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
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. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=4.5 essai2 (6%ST)										
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
pH=5.0										
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. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
pH=4.5 essai2 (6%ST)											
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
pH=5.0											
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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
sans Inocul.										
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
10%Inoc.										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
sans Inocul.										
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
10%Inoc.										
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 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	P_1774 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Pb2203 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	S_1807 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Zn2138 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	C_1930 Moyenne (%)
sans Inocul.											
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
10%Inoc.											
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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
30%Inoc.										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
30%Inoc.										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (%)
30%Inoc.											
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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092 Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	As1890 Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Ca3179 Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Cd2288 Moyenne (mg/L)	%Sol (%)
5% FeSO4.7H2O										
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
10% FeSO4.7H2 O										
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 (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)
5% FeSO4.7H2O										
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
10% FeSO4.7H2O										
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)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)
5% FeSO4.7H2O											
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
10% FeSO4.7H2O											
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 FeSO4.7H2O).**

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092 Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	As1890 Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Ca3179 Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Cd2288 Moyenne (mg/L)	%Sol (%)
20%FeSO4.7H2O										
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
30%FeSO4.7H2O										
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
0%FeSO4.7H2O										
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
5%FeSO4.7H2O 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 (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)
20%FeSO4.7H2O										
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
30%FeSO4.7H2O										
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
0%FeSO4.7H2O										
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
5%FeSO4.7H2O 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)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol (%)	Moyenne (mg/L)
20%FeSO4.7H2O											
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
30%FeSO4.7H2O											
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
0%FeSO4.7H2O											
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
5%FeSO4.7H2O 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 NH4+/10.5g séd sec) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
0 mg NH4+										
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
20 mg NH4+										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
0 mg NH4+										
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
20 mg NH4+										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
0 mg NH4+										
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
20 mg NH4+										
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 NH4+/10.5g séd sec) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12 et souche acclimatée au FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
50 mg NH4+										
Totaux			1927.89		0.45		674.05		0.15	
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
100 mg NH4+										
Totaux			2136.67		0.51		693.83		0.16	
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
50 mg NH4+										
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
100 mg NH4+										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
50 mg NH4+											
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
100 mg NH4+											
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 PO4-3/12g séd. sec) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du du canal Lachine (séd #12, souche acclimatée au FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
0 mg PO4-3										
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
10 mg PO4-3										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
0 mg PO4-3										
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
10 mg PO4-3										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
0 mg PO4-3										
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
10 mg PO4-3										
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 PO4-3/12g séd. sec) sur le procédé de solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du du canal Lachine (séd #12, souche acclimatée au FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
20 mg PO4-3										
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
40 mg PO4-3										
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 7:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
20 mg PO4-3										
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
40 mg PO4-3										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
20 mg PO4-3										
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
40 mg PO4-3										
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 apres 97 heures séd#12 et souche acclimatée au FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
5%ST										
Totaux			3017.19		-0.77		1009.03		0.23	
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
7%ST										
Totaux			2957.79		-1.02		1170.67		0.34	
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
5%ST										
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
7%ST										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
5%ST											
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
7%ST											
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 apres 97 heures) (sed#12 et souche acclimatée au FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
10%ST										
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
15%ST										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
10%ST										
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
15%ST										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
10%ST											
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
15%ST											
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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
5%ST										
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
7%ST										
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
10%ST										
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
15%ST										
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
25%ST										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
5%ST										
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
7%ST										
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
10%ST										
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
15%ST										
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
25%ST										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
5%ST											
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
7%ST											
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
10%ST											
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
15%ST											
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
25%ST											
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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
6 C										
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%FeSO4.7 H2O										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
6 C										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
6 C											
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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
10 C										
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
21 C										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
10 C										
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
21 C										
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 9:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
10 C											
Totaux	2.96		64.52		11.64		1094.80		101.86		50.90
a0h	0.55	19.62	-0.36	-0.59	0.55	5.00	785.69	75.35	67.80	69.89	8.60
a21h	0.66	23.40	-0.69	-1.13	1.27	11.42	951.14	91.22	87.92	90.63	6.80
a28h	0.70	24.77	-0.76	-1.24	1.33	11.96	942.43	90.39	89.85	92.62	8.09
a48h	0.68	23.93	-0.39	-0.64	0.28	2.53	867.89	83.24	85.03	87.65	9.40
a73h	0.72	25.51	-0.37	-0.61	0.44	4.00	911.19	87.39	91.39	94.21	9.41
a93h	0.71	25.15	-0.32	-0.53	0.76	6.86	793.36	76.09	84.30	86.90	13.49
a119h	0.87	30.71	-0.24	-0.39	1.96	17.69	912.32	87.50	101.63	104.77	15.21
a166h	1.26	44.67	0.69	1.13	2.32	20.89	936.08	89.78	116.13	119.71	20.23
b0h	1.31	46.45	-0.76	-1.23	0.78	7.04	1126.40	108.03	107.81	111.14	26.61
b21h	1.31	46.42	-1.33	-2.16	3.26	29.39	1164.70	111.70	118.62	122.28	22.87
b28h	1.41	49.95	-1.39	-2.26	3.70	33.41	1262.90	121.12	128.92	132.89	28.96
b48h	1.24	43.88	-1.12	-1.82	2.90	26.15	961.17	92.18	104.41	107.63	23.90
b73h	1.36	48.31	-1.04	-1.69	3.96	35.72	1114.01	106.84	123.84	127.66	24.86
b93h	1.05	37.14	-0.63	-1.02	2.44	21.98	975.33	93.54	104.75	107.98	15.48
b94h*	1.07	38.08	1.11	1.80	4.32	38.98	973.42	93.36	106.52	109.80	21.31
b100h*	1.00	35.56	7.94	12.93	4.82	43.46	1301.78	124.85	99.88	102.96	33.98
b119h*	1.10	38.84	13.00	21.16	4.40	39.65	1280.95	122.85	101.38	104.50	35.69
b166h*	1.08	38.18	15.52	25.26	4.59	41.41	1312.09	125.84	108.54	111.88	35.52
21 C											
Totaux	2.42		55.62		8.58		863.86		76.92		-13.97
0h	0.78	33.89	-0.94	-1.78	1.40	17.17	816.99	99.30	67.70	92.41	-1.92
5h	0.80	34.64	-0.88	-1.66	1.68	20.58	761.40	92.55	74.08	101.12	1.07
27h	0.64	27.58	-0.69	-1.31	1.37	16.71	742.81	90.29	75.76	103.42	-5.53
48h	0.58	25.27	-0.31	-0.59	1.50	18.30	704.45	85.62	71.63	97.78	-13.30
70h	0.71	31.01	0.30	0.57	1.81	22.20	718.57	87.34	79.48	108.49	-14.65
77h	0.68	29.37	0.36	0.69	1.53	18.77	690.66	83.95	76.27	104.11	-15.97
98h	0.74	32.18	0.28	0.53	1.68	20.50	704.85	85.67	80.96	110.52	-15.09
119h	0.91	39.66	0.35	0.67	1.55	18.93	713.07	86.67	82.55	112.69	-13.70
152h	0.82	35.41	0.36	0.69	1.10	13.49	687.84	83.60	77.49	105.78	-14.81

*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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Totaux déc.+aci. à 46h	5.56		3.07		1981.35		530.94		26.10	
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
aci. à 46h										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Totaux	2.51		57.66		11.19		824.44		84.41		117.93
déc.+aci. à 46h											
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
aci. à 46h											
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 FeSO4.7H2O).

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	As1890 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Ca3158 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Cd2288 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Aci.avec HCl										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Aci.avec HCl										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Aci.avec HCl											
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 FeCl2 sur la solubilisation biologique des métaux dans les sédiments du canal Lachine avec une acidification avec H2SO4 (séd #12 et souche acclimatée au FeCl2).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Stérile										
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
Non-stérile										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Stérile										
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
Non-stérile										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Stérile											
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
Non-stérile											
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_2SO_4 (séd #12 et souche acclimatée au $FeCl_2$)

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
1%Fe ($FeCl_2$)										
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
2%Fe ($FeCl_2$)										
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	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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
1%Fe (FeCl2)										
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
2%Fe (FeCl2)										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
1%Fe (FeCl2)											
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
2%Fe (FeCl2)											
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 (FeCl2) ajouté comme substrat. (séd #12, souche acclimatée au FeCl2, acidi. avec H2SO4).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
3%ST										
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
7%ST										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
3%ST										
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
7%ST										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
3%ST											
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
7%ST											
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 (FeCl2) ajouté comme substrat (séd#12,souche acclimatée au FeCl2, acic.H2SO4).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
3%ST										
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
7%ST										
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
10%ST										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
3%ST										
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
7%ST										
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
10%ST										
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

Annexe 15

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
3%ST											
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
7%ST											
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
10%ST											
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 (FeCl2 comme substrat) (séd #12 et souche acclimatée au FeCl2, acid.HCl).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
pH=2.8 essai1										
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
pH=2.8 essai2										
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
pH=4										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=2.8 essai1										
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
pH=2.8 essai2										
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
pH=4										
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

Annexe 16a:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenn (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
pH=2.8 essai1											
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
pH=2.8 essai2											
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
pH=4											
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 (FeCl2) comme substrat (sed#12 et souche acclimatee au FeCl2 acid. HCl).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
pH=4										
Totaux			2003.00		0.00		640.00		0.15	
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
pH=2										
Totaux			1899.4		-0.57		607.45		0.17	
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=4										
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
pH=2										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	
pH=4											
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	
pH=2											
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	86.65
3h	0.47	21.98	0.75	1.57	5.59	61.30	29.23	21.84	60.97	81.30	125.79
9h	0.50	23.28	-0.86	-1.81	5.68	62.37	35.92	26.84	64.18	85.57	135.75
21h	0.53	24.78	-1.05	-2.21	6.03	66.15	34.01	25.42	67.87	90.49	136.05
28h	0.54	25.30	-0.94	-1.98	6.09	66.86	34.31	25.64	66.90	89.20	132.29
48h	0.71	32.94	-1.02	-2.16	6.72	73.70	33.88	25.32	68.44	91.25	102.68
52h	0.60	27.77	-0.78	-1.64	7.12	78.14	44.76	33.45	73.19	97.58	61.87
69h	0.57	26.55	-1.17	-2.46	6.40	70.18	39.75	29.70	72.42	96.57	-8.46
76h	0.59	27.46	-0.97	-2.04	6.63	72.72	43.46	32.48	73.70	98.27	-9.39
97h	0.62	28.97	-0.85	-1.79	7.09	77.79	51.49	38.48	75.65	100.87	-8.17
153h	0.67	30.95	-0.07	-0.14	7.38	81.02	53.84	40.24	73.88	98.51	-4.39

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 FeCl2, acid.HCl).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
6 C										
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
21 C										
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
10 C										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
6 C										
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
21 C										
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
10 C										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
6 C											
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
21 C											
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
10 C											
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 FeCl2, acid.HCl)

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
3%ST										
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
5%ST										
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
7%ST										
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
10%ST										
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
15%ST										
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
25%ST										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
3%ST										
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
5%ST										
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
7%ST										
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
10%ST										
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
15%ST										
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
25%ST										
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 18:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
3%ST											
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
5%ST											
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
7%ST											
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
10%ST											
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
15%ST											
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
25%ST											
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 FeCl3 sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (séd #12).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
pH=1.5 FeCl3										
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
pH=2.0 FeCl3										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=1.5 FeCl3										
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
pH=2.0 FeCl3										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
pH=1.5 FeCl3											
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
pH=2.0 FeCl3											
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	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
pH=1.5 HCl										
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
pH=2.0 HCl										
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
pH=1.75 H Cl										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=1.5 HCl										
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
pH=2.0 HCl										
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
pH=1.75 HCl										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	
pH=1.5 HCl												
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	
pH=2.0 HCl												
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	
pH=1.75 HCl												
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 FeCl3 (mL FeCl3/g séd. sec, séd#12).**

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3179		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
pH=2.50a HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=2.50b HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=2.25a HCl+ 0.09mL FeCl3										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=2.50a HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=2.50b HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=2.25a HCl+ 0.09mL FeCl3										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
pH=2.50a HCl+ 0.09mL FeCl3											
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
pH=2.50b HCl+ 0.09mL FeCl3											
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
pH=2.25a HCl+ 0.09mL FeCl3											
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 FeCl3 (mL FeCl3/g séd. sec, séd#12).**

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3179		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
pH=2.25b HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=2 HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=1.75 HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=1.50 HCl+ 0.09mL FeCl3										
Totaux			1715.99		0.44		625.98		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	464.0	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	460.4	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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
pH=2.25b HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=2 HCl+ 0.09mL 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
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
pH=1.75 HCl+ 0.09mL FeCl3										
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
pH=1.50 HCl+ 0.09mL FeCl3										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
pH=2.25b HCl+ 0.09mL FeCl3											
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
pH=2 HCl+ 0.09mL FeCl3											
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
pH=1.75 HCl+ 0.09mL FeCl3											
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
pH=1.50 HCl+ 0.09mL FeCl3											
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 FeCl3 sur la solubilisation chimique des métaux dans les sédiments du canal Lachine (mL FeCl3/g séd. sec, séd#12 ,acidi. avec HCl a pH=2.0 et 1.75).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
pH=2 HCl 0.041mL FeCl3										
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
pH=2 HCl 0.082mL FeCl3										
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
pH=2 HCl 0.12mL FeCl3										
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
pH=1.75 HCl 0.41mL FeCl3										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
pH=2 HCl 0.041mL FeCl3											
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
pH=2 HCl 0.082mL FeCl3											
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
pH=2 HCl 0.12mL FeCl3											
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
pH=1.75 HCl 0.41mL FeCl3											
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 FeCl3 (mL FeCl3/g séd. sec, séd.#12).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HCl										
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
0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HNO3										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HCl										
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
0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HNO3										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HCl											
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
0.8mLFeCl3 +HCl pH=2.0 acid à 23h HNO3											
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 FeCl3 (séd #12).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
10 C pH=2.0 HCl										
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
10 C pH=2.5 HCl										
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
6 C pH=2.0 HCl										
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
6 C pH=2.5 HCl										
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. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
10 C pH=2.0 HCl										
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
10 C pH=2.5 HCl										
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
6 C pH=2.0 HCl										
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
6 C pH=2.5 HCl										
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	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
20C pH=2.5a HCl										
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
20C pH=2.5b HCl										
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
20C pH=2.25a HCl										
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
20C pH=2.25b HCl										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
20C pH=2.5a HCl											
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
20C pH=2.5b HCl											
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
20C pH=2.25a HCl											
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
20C pH=2.25b HCl											
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	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
		(mV)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
3%ST										
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
5%ST										
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
7%ST										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
3%ST										
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
5%ST										
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
7%ST										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
3%ST											
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
5%ST											
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
7%ST											
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 FeCl3 (séd#12,pH=2.0 HCl)

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
		(mV)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
10%ST										
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
15%ST										
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
25%ST										
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 (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
10%ST										
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
15%ST										
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
25%ST										
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)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
10%ST											
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
15%ST											
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
25%ST											
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

Annexe 26a: Solubilisation chimique des métaux avec acidification au HCl et FeCl3 dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11 (0.082mL FeCl3/g séd sec a pH=2).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Séd.#2 essai 1										
Totaux a			751.50		0.00		397.10		0.04	
a1h	1.93	505	16.12	2.25	0.00	0.00	214.90	56.82	0.02	50.76
a6h	2.02	484	25.66	3.59	0.00	0.00	248.00	65.58	0.02	53.95
a10h	2.1	473	24.66	3.45	0.00	0.00	269.80	71.34	0.02	62.07
a22h	2.02	449	29.97	4.19	0.00	0.00	303.70	80.30	0.02	55.69
a27h*	2.02	458	5.61	4.37	0.00	0.00	49.98	81.96	0.00	57.83
a30h*	1.95	446	9.46	4.91	0.00	0.00	72.59	87.94	0.01	63.34
a48h*	2.11	407	20.31	6.42	0.00	0.00	109.40	97.68	0.01	67.40
Totaux b			670.00		0.00		369.20		0.04	
b1h	1.62	511	20.49	3.21	0.00	0.00	218.00	62.00	0.02	52.80
b10h	1.8	496	29.33	4.60	0.00	0.00	234.70	66.75	0.02	53.69
b22h	1.86	492	34.17	5.36	0.00	0.00	244.00	69.39	0.02	55.48
b27h*	1.86	481	4.06	5.36	0.00	0.00	29.27	69.55	0.00	63.57
b30h*	2.03	475	5.62	5.61	0.00	0.00	36.33	71.56	0.00	59.10
b48h*	2.09	451	9.81	6.26	0.00	0.00	50.30	75.53	0.00	62.38
Séd.#3 essai 1										
Totaux a			955.90		0.00		206.40		0.16	
a0h			5.69	0.62	0.00	0.00	59.91	30.48	0.02	14.53
a1h	1.73	507	27.94	3.07	0.00	0.00	93.71	47.67	0.09	58.26
a6h	1.91	500	36.25	3.98	0.00	0.00	98.77	50.25	0.11	69.53
a10h	1.97	500	41.66	4.58	0.00	0.00	101.40	51.58	0.12	77.47
a22h	1.92	498	47.89	5.26	0.00	0.00	103.60	52.70	0.13	80.93
a27h*	2.02	475	4.26	5.27	0.00	0.00	10.32	53.40	0.01	81.69
a30h*	2.07	492	6.72	5.54	0.00	0.00	17.77	57.19	0.01	80.21
a48h*	2.12	463	15.20	6.48	0.00	0.00	33.71	65.30	0.01	79.89
Totaux b			1020.00		0.00		212.30		0.12	
b0h			6.74	0.69	0.00	0.00	62.57	30.95	0.04	38.05
b1h	1.67	508	30.00	3.09	0.00	0.00	102.20	50.55	0.10	90.78
b6h	1.88	504	39.79	4.10	0.00	0.00	109.80	54.31	0.12	108.35
b10h	1.86	503	45.24	4.66	0.00	0.00	114.20	56.48	0.12	111.25
b22h	1.86	501	49.69	5.12	0.00	0.00	112.20	55.49	0.13	115.51
b27h*	2.04	506	4.84	5.15	0.00	0.00	12.01	56.39	0.01	112.26
b30h*	2	500	8.65	5.54	0.00	0.00	33.69	67.11	0.01	114.70
b48h*	2.09	471	16.53	6.35	0.00	0.00	68.82	84.48	0.01	115.43
Séd.#6										
Totaux a			1991.00		0.00		379.30		1.65	
a0h			3.70	0.20	-0.29	0.00	145.20	40.19	0.00	0.17
a1h	2.53	234	237.84	12.54	-0.45	0.00	229.40	63.50	0.01	0.36
a6h	1.95	239	246.49	13.00	-0.32	0.00	246.24	68.17	0.01	0.60
a10h	1.95	250	371.04	19.57	-0.28	0.00	250.66	69.39	0.01	0.57
a22h	1.9	266	504.25	26.59	-0.13	0.00	253.15	70.08	0.04	2.42
a27h*	1.91	223	298.31	31.94	-0.06	0.00	105.63	71.94	0.02	2.88
a30h*	1.86	245	321.76	33.17	-0.02	0.00	102.18	70.99	0.03	3.36
a48h*	2.47	310	427.23	38.74	0.36	0.00	103.10	71.24	0.10	7.53
Totaux b			2003.00		0.00		343.30		1.38	
b0h			9.73	0.51	-0.28	0.00	112.09	34.28	0.00	0.31
b1h	2.45	229	216.40	11.34	-0.42	0.00	230.66	70.55	0.00	0.21
b6h	2	175	200.94	10.53	-0.41	0.00	229.52	70.20	0.00	0.20
b10h	1.93	238	337.05	17.67	-0.32	0.00	240.54	73.57	0.01	0.56
b22h	1.97	252	459.67	24.10	-0.08	0.00	236.96	72.48	0.02	1.46
b27h*	2	183	196.74	26.10	-0.06	0.00	79.22	71.71	0.02	2.10
b30h*	1.97	219	272.36	30.07	0.00	0.00	83.35	72.98	0.01	1.99
b48h*	2.65	289	329.48	33.06	0.27	0.00	78.76	71.57	0.04	3.98

Annexe 26a:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#2 essai 1										
Totaux a	2.11		1.72		924.60		164.90		8.47	
a1h	0.24	11.98	0.43	26.24	395.00	44.86	31.82	20.26	3.34	41.41
a6h	0.25	12.58	0.51	31.23	389.80	44.27	38.01	24.20	3.53	43.71
a10h	0.27	13.26	0.70	42.97	399.80	45.40	40.57	25.83	3.76	46.58
a22h	0.26	13.20	0.82	49.97	407.00	46.22	42.82	27.27	3.98	49.30
a27h*	0.05	13.73	0.19	54.28	74.64	48.05	6.88	27.72	0.64	50.16
a30h*	0.07	14.66	0.25	57.87	87.53	49.51	7.90	28.38	0.74	51.32
a48h*	0.09	15.56	0.34	63.40	120.50	53.25	12.37	31.22	1.05	55.22
Totaux b	2.53		1.57		895.90		151.40		7.91	
b1h	0.26	10.89	0.48	31.94	424.20	49.72	30.83	21.38	3.34	44.36
b10h	0.30	12.54	0.69	46.34	404.10	47.36	35.38	24.54	3.48	46.19
b22h	0.30	12.34	0.81	54.38	408.30	47.85	36.62	25.40	3.62	47.97
b27h*	0.02	11.85	0.11	55.08	50.54	48.15	4.65	25.64	0.43	47.99
b30h*	0.03	12.01	0.17	59.63	59.85	49.24	5.54	26.25	0.49	48.77
b48h*	0.06	13.31	0.17	59.30	74.10	50.91	7.97	27.94	0.61	50.46
Séd.#3 essai 1										
Totaux a	2.87		10.39		1349.00		313.17		24.57	
a0h	0.19	6.95	2.39	24.13	356.90	27.78	4.48	1.50	9.64	41.19
a1h	0.21	7.59	5.47	55.23	399.40	31.09	12.30	4.12	13.00	55.56
a6h	0.22	8.03	6.55	66.22	398.10	30.99	14.70	4.93	13.16	56.24
a10h	0.27	9.95	7.46	75.39	418.70	32.59	15.50	5.20	14.11	60.30
a22h	0.25	9.24	7.88	79.60	424.30	33.03	16.52	5.54	14.61	62.44
a27h*	0.00	8.44	0.76	80.39	42.29	33.47	1.40	5.53	1.10	61.74
a30h*	0.00	8.44	0.80	80.78	46.45	33.79	2.06	5.75	1.15	61.95
a48h*	0.00	8.44	1.01	82.95	57.60	34.66	5.60	6.94	1.46	63.28
Totaux b	2.28		10.87		1395.00		327.00		25.90	
b0h	0.19	8.86	2.83	27.34	354.80	26.71	4.35	1.40	10.18	41.27
b1h	0.24	10.88	5.94	57.39	431.00	32.44	13.15	4.22	14.19	57.53
b6h	0.24	11.15	7.18	69.37	436.90	32.88	15.23	4.89	14.43	58.50
b10h	0.41	19.06	7.73	74.71	447.70	33.70	16.64	5.34	15.10	61.22
b22h	0.25	11.51	7.98	77.10	439.90	33.11	17.46	5.61	14.77	59.88
b27h*	0.01	10.89	0.78	77.67	46.13	33.57	1.58	5.60	1.21	59.34
b30h*	0.00	10.57	0.96	79.41	57.61	34.44	2.61	5.93	1.47	60.38
b48h*	0.02	11.43	1.07	80.42	63.47	34.88	6.72	7.25	1.67	61.19
Séd.#6										
Totaux a	6.09		18.00		6469.00		245.40		11.52	
a0h	0.03	0.56	0.08	0.46	478.73	7.77	13.64	5.83	3.31	30.15
a1h	0.66	11.41	0.05	0.27	753.72	12.23	37.04	15.85	4.04	36.82
a6h	0.48	8.31	-0.02	-0.10	812.82	13.19	40.02	17.12	4.16	37.95
a10h	0.79	13.62	0.14	0.82	869.62	14.12	41.37	17.70	4.34	39.56
a22h	0.98	16.84	0.11	0.62	920.30	14.94	42.59	18.22	4.59	41.85
a27h*	0.65	21.56	0.06	0.71	391.24	15.45	17.08	18.41	1.86	42.43
a30h*	0.71	22.47	-0.01	0.32	386.85	15.38	16.81	18.30	1.83	42.14
a48h*	0.91	25.91	-0.00	0.37	443.28	16.30	18.02	18.81	2.00	43.69
Totaux b	5.44		15.72		5725.00		212.00		10.14	
b0h	0.05	0.96	-0.03	-0.17	511.22	9.38	10.39	5.14	2.90	30.05
b1h	0.65	12.60	-0.04	-0.26	764.71	14.03	37.31	18.48	3.98	41.22
b6h	0.44	8.53	0.09	0.59	723.29	13.27	38.22	18.93	4.01	41.50
b10h	0.74	14.32	-0.04	-0.30	863.39	15.84	39.92	19.77	4.29	44.47
b22h	0.91	17.50	-0.04	-0.26	848.91	15.57	38.77	19.20	4.19	43.39
b27h*	0.44	20.02	0.01	-0.09	293.48	15.58	12.56	18.80	1.40	42.90
b30h*	0.58	22.63	-0.01	-0.27	328.08	16.22	14.13	19.58	1.53	44.30
b48h*	0.69	24.84	-0.01	-0.24	336.56	16.37	13.28	19.16	1.51	44.01

Annexe 26a:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd.#2 essai 1											
Totaux a	0.79		20.13		1.71		60.58		12.34		0.00
a1h	0.10	12.72	1.04	5.41	0.79	48.50	3.64	6.30	3.54	30.14	54.73
a6h	0.13	16.81	0.15	0.76	0.84	51.87	3.98	6.91	4.91	41.77	4.06
a10h	0.19	24.98	0.07	0.34	1.13	69.30	4.42	7.66	5.03	42.79	2.09
a22h	0.20	26.86	0.00	0.00	1.11	68.14	5.24	9.07	5.68	48.31	0.00
a27h*	0.08	33.80	0.75	3.93	0.31	77.68	2.11	11.42	0.95	49.48	3.33
a30h*	0.05	30.00	1.31	6.82	0.37	80.92	2.60	12.27	1.07	50.43	0.00
a48h*	0.09	34.62	3.29	17.15	0.48	88.08	4.58	15.71	1.51	54.21	1.97
Totaux b	0.80		22.03		1.72		59.61		11.34		0.00
b1h	0.11	14.75	4.62	22.00	0.90	55.28	3.62	6.37	3.62	33.54	40.91
b10h	0.18	24.06	4.12	19.62	1.24	75.91	4.25	7.49	4.30	39.80	5.31
b22h	0.18	24.15	4.01	19.10	1.37	83.43	4.90	8.62	4.72	43.72	4.55
b27h*	0.03	24.92	0.98	21.51	0.24	88.13	1.68	10.56	0.55	43.66	1.17
b30h*	0.04	26.98	1.82	25.51	0.31	92.39	2.04	11.19	0.66	44.68	1.18
b48h*	0.06	28.66	4.02	35.99	0.28	90.49	3.29	13.40	0.78	45.79	0.02
Séd.#3 essai 1											
Totaux a	3.79		20.01		1.82		34.03		31.17		0.00
a0h	0.20	5.49	0.00	0.00	0.36	20.94	0.82	2.53	6.84	23.05	10.76
a1h	0.49	13.45	0.00	0.00	0.97	56.00	1.44	4.43	15.64	52.69	15.88
a6h	0.58	16.01	0.34	1.80	1.01	58.07	1.53	4.73	17.68	59.56	6.94
a10h	0.69	19.19	0.35	1.82	1.18	67.90	1.65	5.09	19.55	65.86	7.51
a22h	0.75	20.81	0.00	0.00	1.24	71.40	1.57	4.85	20.60	69.39	4.33
a27h*	0.05	20.47	0.03	0.13	0.16	74.46	1.17	8.04	1.63	68.90	3.59
a30h*	0.07	20.83	0.25	1.34	0.26	80.49	0.84	7.03	1.84	69.60	1.04
a48h*	0.19	24.36	0.45	2.36	0.29	81.98	1.46	8.95	2.64	72.28	2.03
Totaux b	4.11		20.37		1.95		34.96		32.00		0.00
b0h	0.23	5.99	0.00	0.00	0.43	23.03	0.80	2.39	8.15	26.74	5.10
b1h	0.53	13.44	0.27	1.37	1.03	55.68	1.44	4.34	16.59	54.44	13.59
b6h	0.64	16.37	0.00	0.00	1.29	69.77	1.48	4.43	18.95	62.18	10.06
b10h	0.78	19.84	0.46	2.36	1.30	70.20	1.79	5.37	20.56	67.46	7.36
b22h	0.77	19.66	0.42	2.14	1.32	71.17	1.57	4.73	20.46	67.13	5.70
b27h*	0.06	19.44	0.12	2.54	0.28	79.91	1.00	7.31	1.79	66.90	3.13
b30h*	0.09	20.28	0.55	4.77	0.30	81.12	1.14	7.72	2.25	68.41	1.46
b48h*	0.21	23.21	0.49	4.47	0.35	83.42	1.39	8.47	2.84	70.36	1.98
Séd.#6											
Totaux a	2.02		62.22		16.23		547.70		323.80		0.00
a0h	0.14	7.54	-1.63	-2.74	0.11	0.72	8.31	1.59	18.02	5.84	-2.56
a1h	0.26	13.38	-1.73	-2.92	0.24	1.57	6.18	1.19	37.69	12.22	18.79
a6h	0.31	16.08	-2.65	-4.47	0.26	1.66	8.28	1.59	43.79	14.20	11.09
a10h	0.38	19.80	-1.88	-3.18	0.38	2.43	12.18	2.33	67.56	21.91	24.23
a22h	0.39	20.30	-0.60	-1.01	0.88	5.72	17.58	3.37	108.13	35.06	41.62
a27h*	0.25	25.25	7.74	12.46	0.89	9.26	11.00	4.16	61.82	41.41	51.47
a30h*	0.22	23.64	6.78	10.82	0.92	9.46	15.36	5.00	69.90	44.04	68.66
a48h*	0.26	25.72	9.65	15.68	1.99	16.34	18.83	5.66	106.86	56.02	86.96
Totaux b	1.65		54.79		14.16		477.40		281.20		0.00
b0h	0.13	8.13	-1.61	-3.08	0.09	0.66	7.27	1.60	15.94	5.95	-3.18
b1h	0.21	13.12	-1.53	-2.92	0.15	1.12	8.79	1.93	26.84	10.02	12.20
b6h	0.23	14.81	-2.43	-4.65	0.25	1.87	10.86	2.39	23.57	8.80	3.65
b10h	0.30	19.45	-1.64	-3.15	0.21	1.54	16.24	3.57	47.68	17.81	16.18
b22h	0.36	23.02	0.06	0.11	0.57	4.20	22.95	5.05	85.54	31.94	69.25
b27h*	0.17	25.83	4.87	9.40	0.65	7.54	9.04	5.30	39.17	35.55	22.37
b30h*	0.15	24.90	7.77	14.96	0.63	7.44	14.80	6.56	56.75	42.12	40.95
b48h*	0.20	27.65	8.32	16.02	1.18	11.51	18.53	7.38	82.66	51.79	58.79

Annexe 26a: Solubilisation chimique des métaux avec acidification au HCl et FeCl3 dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11 (0.082mL FeCl3/g séd sec a pH=2).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Séd.#8										
Totaux a			1450.00		0.00		1427.00		0.01	
a1h	2	452	32.20	2.33	0.00	0.00	717.30	52.78	0.01	89.78
a6h	1.84	494	4.19	0.30	0.00	0.00	807.50	59.42	0.01	105.76
a10h	1.95	367	38.39	2.78	0.00	0.00	927.50	68.25	0.02	189.46
a22h	1.92	354	47.61	3.45	0.00	0.00	1092.00	80.35	0.03	220.65
a27h*	2	434	18.16	3.88	0.00	0.00	291.30	81.29	0.01	245.02
a30h*	2.03	418	24.05	4.31	0.01	0.00	349.00	85.53	0.01	252.62
a48h*	2.3	393	31.18	4.83	0.00	0.00	398.70	89.19	0.01	242.73
Totaux b			1873.00		0.00		1181.00		0.03	
b1h	1.75	452	31.80	1.78	-0.15	0.00	754.29	67.06	0.03	81.05
b6h	1.88	387	29.45	1.65	-0.16	0.00	823.60	73.22	0.03	85.41
b10h	1.9	417	42.34	2.37	-0.24	0.00	861.23	76.57	0.03	85.22
b22h	2.25	424	53.25	2.99	-0.22	0.00	900.81	80.09	0.04	117.62
b27h*	2.02	457	15.58	3.10	-0.10	0.00	223.58	79.59	0.01	105.90
b30h*	2.03	450	22.85	3.51	-0.06	0.00	332.02	89.23	0.01	113.19
b48h*	2.46	406	25.84	3.67	-0.09	0.00	451.14	99.82	0.01	125.48
Séd.#11 essai 1										
Totaux a			1221.00		0.00		316.70		0.06	
a6h	2.1	487	46.77	4.02	-0.21	0.00	133.28	44.19	0.05	87.09
a10h	2.05	477	53.74	4.62	-0.23	0.00	140.21	46.48	0.06	105.67
a22h	2.02	473	62.21	5.35	-0.19	0.00	143.19	47.47	0.07	120.32
a27h*	2.02	479	12.34	5.41	-0.05	0.00	27.44	47.70	0.01	120.30
a30h*	2.05	470	16.49	5.77	-0.06	0.00	34.25	49.96	0.01	122.23
a48h*	2.11	449	25.57	6.55	-0.12	0.00	39.75	51.78	0.02	128.38
Totaux b			1170.00		0.00		301.60		0.05	
b6h	2.09	487	47.42	4.26	-0.23	0.00	134.29	46.75	0.05	100.00
b10h	2.03	479	51.80	4.65	-0.21	0.00	130.28	45.36	0.06	122.93
b22h	2.03	474	59.67	5.36	-0.24	0.00	132.85	46.25	0.05	99.82
b27h*	2	482	11.44	5.48	-0.01	0.00	24.56	47.02	0.01	100.20
b30h*	2.02	472	17.25	6.00	-0.02	0.00	34.56	50.49	0.01	98.59
b48h*	2.16	449	24.51	6.65	-0.05	0.00	36.57	51.19	0.01	103.85

Annexe 24

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
10 C pH=2.0 HCl											
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
10 C pH=2.5 HCl											
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
6 C pH=2.0 HCl											
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
6 C pH=2.5 HCl											
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 FeCl3 (séd #12).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
20C pH=2.5a HCl										
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
20C pH=2.5b HCl										
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
20C pH=2.25a HCl										
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
20C pH=2.25b HCl										
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 26a:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#8										
Totaux a	3.02		1.45		1347.00		542.60		29.21	
a1h	0.17	5.93	0.51	36.63	301.60	23.51	121.50	23.51	12.30	44.21
a6h	0.00	0.00	0.00	0.00	278.40	21.70	146.10	28.27	14.04	50.47
a10h	0.13	4.59	0.63	45.71	315.60	24.60	164.10	31.76	15.03	54.03
a22h	0.14	4.94	0.79	57.37	340.30	26.53	169.00	32.70	15.98	57.44
a27h*	0.00	3.83	0.32	65.57	0.99	19.84	44.02	32.88	4.21	57.92
a30h*	0.03	4.75	0.33	66.25	100.10	27.56	43.34	32.75	4.27	58.14
a48h*	0.06	5.86	0.38	69.84	111.70	28.47	47.71	33.59	4.53	59.08
Totaux b	3.66		1.99		1662.00		624.60		31.80	
b1h	0.32	9.06	0.50	26.49	244.10	15.42	137.45	23.11	13.05	43.09
b6h	0.16	4.54	0.46	24.19	248.79	15.72	162.34	27.29	14.34	47.35
b10h	0.19	5.46	0.76	40.14	274.49	17.34	168.89	28.39	15.01	49.55
b22h	0.22	6.19	0.97	51.00	293.16	18.52	170.15	28.60	15.31	50.56
b27h*	0.05	6.17	0.31	54.26	82.77	19.04	40.53	28.14	3.76	50.10
b30h*	0.08	6.93	0.38	58.05	97.11	19.94	47.40	29.29	4.37	52.13
b48h*	0.09	7.25	0.40	59.34	102.15	20.26	48.54	29.49	4.48	52.50
Séd.#11 essai 1										
Totaux a	4.64		3.13		1360.00		333.00		13.20	
a6h	0.41	9.25	1.25	42.16	378.06	29.19	34.71	10.95	5.23	41.58
a10h	0.51	11.46	1.50	50.38	387.06	29.88	37.53	11.83	5.42	43.15
a22h	0.48	10.94	1.73	57.98	397.97	30.73	38.91	12.27	5.50	43.71
a27h*	0.09	11.00	0.38	59.84	78.70	31.06	5.08	11.58	0.96	43.21
a30h*	0.11	11.43	0.41	60.91	85.55	31.59	5.54	11.72	1.06	44.00
a48h*	0.14	11.96	0.54	65.32	103.56	32.98	8.39	12.62	1.31	45.96
Totaux b	3.74		2.46		1309.00		315.70		12.69	
b6h	0.41	11.52	1.22	52.33	392.52	31.49	35.01	11.64	5.33	44.09
b10h	0.41	11.56	1.42	60.80	378.11	30.33	34.82	11.58	5.18	42.90
b22h	0.46	12.96	1.64	69.90	386.31	30.99	35.57	11.83	5.35	44.26
b27h*	0.08	13.06	0.31	71.32	71.61	31.52	5.67	11.72	0.86	43.92
b30h*	0.10	13.49	0.41	75.45	88.87	32.90	6.89	12.13	1.07	45.63
b48h*	0.12	14.23	0.44	77.08	93.94	33.31	8.99	12.83	1.15	46.34

Annexe 26a:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd.#8											
Totaux a	1.65		28.03		1.08		109.60		6.84		0.00
a1h	0.14	8.64	0.00	0.00	0.47	45.73	6.33	6.07	2.81	43.16	14.41
a6h	0.14	8.68	0.00	0.00	0.09	8.97	7.36	7.05	2.58	39.60	1.07
a10h	0.20	12.71	0.00	0.00	0.45	44.05	7.61	7.29	3.00	46.11	0.00
a22h	0.24	15.44	0.00	0.00	0.50	49.17	8.61	8.25	3.55	54.50	0.00
a27h*	0.07	4.32	1.59	5.95	0.35	71.11	3.68	9.67	1.00	55.92	0.35
a30h*	0.06	3.76	2.08	7.78	0.27	62.78	3.82	9.80	1.08	57.18	0.00
a48h*	0.10	18.12	1.15	4.32	0.20	56.64	4.22	10.18	1.30	60.58	14.82
Totaux b	2.09		36.46		1.23		91.03		8.02		0.00
b1h	0.16	8.15	-0.27	-0.77	0.56	48.30	6.44	7.43	2.59	33.94	-10.54
b6h	0.19	9.48	-0.50	-1.43	0.33	28.00	6.95	8.02	2.96	38.71	-14.73
b10h	0.22	10.85	-0.36	-1.05	0.47	40.41	6.86	7.91	3.46	45.28	-16.63
b22h	0.25	12.75	-0.38	-1.10	0.67	57.70	7.03	8.11	3.87	50.76	-16.32
b27h*	0.05	12.23	0.35	0.18	0.29	67.63	3.11	9.63	1.00	50.90	-18.30
b30h*	0.08	13.42	0.70	1.19	0.32	70.38	3.91	10.56	1.22	53.76	-18.64
b48h*	0.10	14.54	0.07	-0.63	0.34	72.10	4.48	11.22	1.40	56.12	-16.87
Séd.#11 essai 1											
Totaux a	2.04		30.98		8.18		124.40		60.57		0.00
a6h	0.26	13.58	-0.07	-0.25	4.64	59.53	2.88	2.43	39.14	67.85	-13.24
a10h	0.34	17.32	-0.54	-1.82	4.98	63.96	3.31	2.79	43.08	74.69	-14.46
a22h	0.35	18.29	-0.15	-0.50	5.26	67.53	3.65	3.08	45.12	78.22	-15.51
a27h*	0.07	18.37	0.40	0.96	1.08	68.76	2.09	4.26	7.95	77.37	-17.56
a30h*	0.08	18.96	0.58	1.55	1.22	70.63	2.09	4.27	8.35	78.07	-18.30
a48h*	0.18	24.03	0.43	1.06	1.25	71.01	2.69	4.78	10.23	81.33	-19.53
Totaux b	1.93		29.42		8.02		119.60		59.97		0.00
b6h	0.25	13.64	-0.06	-0.22	4.66	60.94	3.04	2.67	40.71	71.28	-16.84
b10h	0.27	14.62	-0.20	-0.72	4.94	64.67	3.27	2.87	41.50	72.66	-16.74
b22h	0.35	19.30	-0.05	-0.17	5.24	68.52	3.62	3.18	44.07	77.16	-1.83
b27h*	0.06	19.06	0.58	1.91	1.02	70.29	1.51	3.97	7.21	76.79	-4.14
b30h*	0.07	19.85	0.83	2.83	1.37	74.94	1.94	4.34	8.85	79.67	-4.85
b48h*	0.14	23.71	0.76	2.58	1.23	73.14	2.42	4.77	9.25	80.36	-3.84

Annexe 26a: Solubilisation chimique des métaux avec acidification au HCl et FeCl3 dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11 (0.082mL FeCl3/g séd sec a pH=2).

Echantillon	pH	POR	Al3092		As1890		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.	Moyenne	%Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Séd.#2 essai 2										
Totaux a			718.30		0.00		375.10		0.03	
a1h	2.07	520	8.19	1.20	-0.22	0.00	223.37	62.53	0.01	44.46
a5h	2.03	492	14.35	2.10	-0.27	0.00	290.34	81.27	0.02	66.13
a11h	2.18	477	18.50	2.70	-0.24	0.00	313.23	87.68	0.02	57.75
a22h	2	462	26.71	3.91	-0.23	0.00	373.17	104.46	0.02	60.81
a26h*	2.03	465	4.20	4.06	-0.03	0.00	56.27	107.85	0.00	71.52
a29h*	1.95	462	6.98	4.46	-0.03	0.00	94.54	118.56	0.01	76.01
a50h*	3.54	314	4.75	4.14	-0.01	0.00	512.13	235.46	0.00	65.51
Totaux b			713.00		0.00		585.60		0.05	
b1h	2	508	11.80	1.74	-0.15	0.00	251.84	45.16	0.02	32.27
b5h	2.03	487	16.40	2.41	-0.18	0.00	315.66	56.60	0.02	36.65
b11h	2.32	465	21.26	3.13	-0.21	0.00	423.06	75.86	0.02	39.79
b22h	1.88	454	26.31	3.87	-0.21	0.00	497.77	89.25	0.02	43.24
b26h*	1.93	463	4.14	3.95	-0.02	0.00	70.47	89.54	0.01	49.95
b29h*	1.97	455	8.12	4.53	-0.02	0.00	98.57	94.58	0.01	48.47
b50h*	2.33	383	22.46	6.65	-0.02	0.00	223.40	116.96	0.00	39.85
Séd.#3 essai 2										
Totaux a			1146.00		0.00		234.80		0.13	
a1h	1.95	511	22.51	2.06	-0.22	0.00	134.72	60.25	0.11	90.33
a5h	2.05	481	35.15	3.22	-0.21	0.00	145.66	65.14	0.14	110.60
a11h	2.05	496	45.21	4.14	-0.21	0.00	152.86	68.36	0.16	130.62
a22h	1.95	491	50.63	4.64	-0.24	0.00	148.47	66.39	0.16	130.17
a26h*	2.02	495	5.91	4.68	-0.01	0.00	19.31	67.89	0.01	127.04
a29h*	2.02	497	9.59	5.02	0.01	0.00	24.50	70.21	0.02	130.83
a50h*	2.35	440	27.68	6.68	-0.07	0.00	49.56	81.42	0.02	131.63
Totaux b			1032.00		0.00		213.60		0.10	
b1h	1.98	513	21.04	2.14	-0.22	0.00	123.41	60.66	0.07	67.27
b5h	2.05	503	30.03	3.06	-0.24	0.00	127.28	62.57	0.12	120.24
b11h	2.06	499	34.98	3.56	-0.20	0.00	120.55	59.26	0.12	124.78
b22h	1.98	494	42.49	4.32	-0.23	0.00	128.15	63.00	0.14	141.43
b26h*	1.96	496	5.11	4.44	0.04	0.00	15.70	64.81	0.01	141.42
b29h*	2.03	504	7.32	4.66	0.02	0.00	18.43	66.15	0.01	141.02
b50h*	2.19	467	22.81	6.24	-0.03	0.00	57.00	85.11	0.01	142.14
Séd.#11 essai2										
Totaux a			1132.00		0.00		321.10		0.04	
a1h	2.05	482	28.40	2.63	-0.13	0.00	148.07	48.42	0.04	92.84
a5h	2	458	35.21	3.27	-0.10	0.00	155.74	50.93	0.04	100.49
a11h	2.05	447	53.87	5.00	-0.17	0.00	185.52	60.67	0.05	116.21
a22h	2	439	67.37	6.25	-0.19	0.00	192.38	62.91	0.06	138.31
a26h*	2.04	450	15.04	7.14	-0.03	0.00	44.71	72.50	0.01	157.20
a29h*	2	446	18.45	7.46	0.00	0.00	49.52	74.07	0.02	163.94
a50h*	2.25	402	46.52	10.06	-0.07	0.00	107.28	92.96	0.03	203.16
Totaux b			1345.00		0.00		362.10		0.04	
b1h	2.07	482	28.09	2.19	-0.16	0.00	153.84	44.61	0.04	87.68
b5h	2.02	457	38.21	2.98	-0.15	0.00	172.49	50.02	0.04	107.67
b11h	2.04	442	56.78	4.43	-0.22	0.00	194.58	56.42	0.06	149.33
b22h	2	433	68.68	5.36	-0.22	0.00	202.41	58.69	0.07	166.26
b26h*	2.05	443	14.00	5.45	-0.03	0.00	41.86	59.82	0.01	165.61
b29h*	2	450	18.63	5.81	-0.02	0.00	50.45	62.31	0.02	173.04
b50h*	2.11	413	55.92	8.72	-0.08	0.00	115.67	81.22	0.03	211.41

* déc. et acid.

Annexe 26a:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#2 essai 2										
Totaux a	2.47		1.67		948.90		165.40		8.21	
a1h	0.18	7.68	0.40	25.14	323.62	35.81	29.42	18.67	2.99	38.18
a5h	0.19	8.19	0.57	35.72	349.86	38.71	39.18	24.87	3.45	44.11
a11h	0.21	8.85	0.65	40.97	337.45	37.34	38.76	24.60	3.41	43.62
a22h	0.28	11.81	0.82	51.52	383.55	42.44	44.63	28.33	3.91	49.98
a26h*	-0.00	10.32	0.14	54.19	55.83	43.60	5.78	28.65	0.58	51.44
a29h*	0.04	11.91	0.19	57.27	57.50	43.78	6.11	28.86	0.56	51.28
a50h*	-0.01	9.95	0.02	46.58	41.82	42.05	9.86	31.24	0.95	56.21
Totaux b	2.53		1.65		923.00		362.20		8.19	
b1h	0.18	7.51	0.47	29.88	343.90	39.12	32.30	9.36	3.15	40.44
b5h	0.20	8.22	0.56	35.50	340.05	38.68	38.64	11.20	3.34	42.87
b11h	0.20	8.48	0.72	45.93	352.12	40.06	42.69	12.38	3.68	47.12
b22h	0.23	9.56	0.86	54.88	375.32	42.70	44.30	12.84	3.83	49.10
b26h*	0.03	9.48	0.15	56.54	56.26	43.19	5.65	12.71	0.51	48.89
b29h*	0.05	10.37	0.21	60.71	71.58	44.93	7.06	13.11	0.65	50.63
b50h*	0.05	10.33	0.29	65.54	101.46	48.33	14.29	15.21	1.16	57.15
Séd.#3 essai 2										
Totaux a	4.38		11.96		1573.00		383.00		28.35	
a1h	0.22	5.28	5.87	51.50	409.92	27.36	14.18	3.89	15.37	56.92
a5h	0.27	6.50	7.96	69.85	424.57	28.34	18.24	5.00	15.94	59.03
a11h	0.31	7.48	9.65	84.70	451.05	30.11	19.51	5.35	16.96	62.82
a22h	0.28	6.62	9.87	86.68	449.77	30.02	19.69	5.40	16.57	61.38
a26h*	0.01	6.26	1.19	87.80	56.67	30.58	2.23	5.43	1.60	60.71
a29h*	0.03	6.58	1.32	88.94	67.03	31.27	2.47	5.50	1.72	61.13
a50h*	0.05	7.06	1.85	93.61	121.84	34.93	8.54	7.16	2.63	64.52
Totaux b	4.07		10.59		1410.00		337.30		25.10	
b1h	0.21	5.33	5.28	52.40	394.87	29.41	13.29	4.14	14.26	59.67
b5h	0.23	5.91	6.87	68.07	390.58	29.09	16.25	5.06	14.29	59.78
b11h	0.21	5.51	7.48	74.14	365.77	27.24	15.27	4.75	13.23	55.36
b22h	0.25	6.47	8.57	84.98	395.96	29.49	16.66	5.19	14.39	60.18
b26h*	0.01	6.09	1.03	87.21	50.28	30.47	1.64	5.21	1.37	60.28
b29h*	0.03	6.63	1.16	88.56	60.60	31.24	1.73	5.24	1.48	60.74
b50h*	0.05	7.25	1.61	92.93	87.67	33.25	6.37	6.68	2.04	63.09
Séd.#11 essai2										
Totaux a	5.08		2.47		1363.00		339.30		13.65	
a1h	0.29	5.97	0.92	39.09	367.26	28.29	30.85	9.55	5.33	40.98
a5h	0.31	6.37	0.96	40.90	351.61	27.09	34.41	10.65	5.19	39.89
a11h	0.41	8.53	1.27	54.12	409.73	31.56	42.99	13.30	5.89	45.33
a22h	0.46	9.53	1.55	65.96	421.31	32.46	45.62	14.12	6.03	46.37
a26h*	0.07	10.28	0.39	77.10	86.29	36.51	8.66	15.67	1.16	51.57
a29h*	0.10	10.76	0.45	79.66	87.37	36.59	9.40	15.90	1.19	51.82
a50h*	0.22	13.27	1.05	105.49	144.57	41.00	25.75	20.96	2.08	58.64
Totaux b	5.52		2.67		1523.00		387.80		14.84	
b1h	0.31	5.91	0.92	36.09	385.51	26.58	31.44	8.51	5.52	39.02
b5h	0.32	6.09	1.03	40.56	393.46	27.13	37.43	10.13	5.76	40.78
b11h	0.44	8.41	1.32	51.73	432.71	29.83	44.14	11.95	6.08	43.02
b22h	0.47	9.00	1.52	59.57	438.41	30.22	46.20	12.51	6.19	43.79
b26h*	0.08	8.89	0.38	63.15	84.35	30.37	8.42	12.44	1.13	43.56
b29h*	0.10	9.22	0.48	67.22	98.75	31.36	10.35	12.96	1.33	44.97
b50h*	0.25	12.10	1.09	91.02	151.50	35.00	24.54	16.81	2.17	50.91

* déc. et acid.

Annexe 26a:

Echantillon	Ni2316		P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd.#2 essai 2											
Totaux a	0.87		20.66		1.62		52.84		11.87		0.00
a1h	0.09	10.93	-0.31	-1.60	0.56	36.38	2.61	5.18	2.86	25.29	-16.38
a5h	0.13	15.79	-0.34	-1.74	0.71	46.07	2.50	4.97	4.05	35.85	-18.69
a11h	0.11	13.30	-0.42	-2.12	0.81	52.55	3.04	6.05	4.30	38.07	-17.59
a22h	0.25	30.31	-0.45	-2.29	1.06	68.60	4.10	8.15	5.32	47.02	-13.39
a26h*	0.04	31.81	0.40	0.00	0.23	75.12	1.79	10.75	1.02	50.48	-17.13
a29h*	0.05	32.73	0.89	2.51	0.24	76.04	2.33	11.82	0.79	48.43	-16.99
a50h*	0.15	44.69	0.09	-1.56	0.03	62.57	9.33	25.72	1.10	51.16	-19.28
Totaux b	0.82		50.24		1.68		140.80		11.85		0.00
b1h	0.09	11.09	-0.23	-0.48	0.61	37.94	1.98	1.48	3.38	29.98	-22.93
b5h	0.12	15.68	-0.40	-0.84	0.84	52.30	2.78	2.08	4.18	37.00	-23.00
b11h	0.14	18.18	-0.41	-0.86	0.98	61.21	3.60	2.68	4.91	43.49	-22.12
b22h	0.26	32.79	-0.40	-0.84	1.37	85.66	4.98	3.72	5.27	46.74	-15.58
b26h*	0.03	32.22	0.37	0.05	0.23	87.88	2.66	5.19	0.70	46.50	-21.89
b29h*	0.06	35.84	1.07	1.51	0.44	101.52	3.26	5.63	0.88	48.09	-20.15
b50h*	0.12	43.97	5.28	10.31	0.39	97.98	6.74	8.23	1.42	52.86	-18.51
Séd.#3 essai 2											
Totaux a	4.65		24.31		2.19		32.52		35.25		0.00
a1h	0.60	13.64	-0.48	-2.07	0.77	36.94	1.22	3.94	18.54	55.22	-21.13
a5h	0.71	16.07	0.46	1.98	0.90	43.29	1.54	4.97	22.04	65.65	-20.42
a11h	0.84	18.96	-0.50	-2.16	1.21	57.90	1.58	5.10	24.73	73.65	-20.18
a22h	0.97	21.86	-0.58	-2.52	1.23	58.90	1.75	5.66	25.08	74.71	-16.53
a26h*	0.11	22.07	-0.02	-2.32	0.15	59.92	1.38	9.51	2.55	74.26	-22.03
a29h*	0.14	22.66	0.06	-1.99	0.34	69.01	1.30	9.26	2.91	75.36	-20.67
a50h*	0.44	29.56	0.00	-2.24	0.36	69.60	1.99	11.48	5.57	83.26	-15.90
Totaux b	4.08		22.46		1.83		28.95		31.37		0.00
b1h	0.54	13.97	-0.51	-2.37	0.69	39.65	1.03	3.74	16.99	56.88	-22.16
b5h	0.64	16.55	0.34	1.58	0.90	51.33	1.34	4.88	19.25	64.42	-21.83
b11h	0.67	17.34	0.45	2.10	0.95	54.68	1.42	5.13	19.39	64.91	-21.67
b22h	0.79	20.43	-0.43	-1.99	1.15	65.64	1.71	6.21	21.48	71.89	-19.43
b26h*	0.11	21.30	0.02	-1.73	0.10	65.20	1.11	9.67	2.22	72.57	-21.19
b29h*	0.11	21.47	0.02	-1.73	0.20	70.77	1.10	9.61	2.50	73.51	-20.10
b50h*	0.31	26.58	0.26	-0.56	0.36	80.27	1.93	12.64	4.20	79.21	-19.82
Séd.#11 essai2											
Totaux a	2.12		32.38		8.19		126.40		60.14		0.00
a1h	0.21	10.25	-0.41	-1.34	4.01	51.34	2.61	2.17	36.37	63.49	-23.34
a5h	0.24	12.06	-0.40	-1.29	3.78	48.51	3.38	2.81	37.93	66.22	-22.61
a11h	0.34	16.87	-0.54	-1.75	4.74	60.74	4.33	3.60	46.51	81.20	-21.81
a22h	0.39	19.46	-0.36	-1.17	5.25	67.30	5.00	4.15	49.37	86.20	-19.78
a26h*	0.11	23.21	0.70	1.18	1.25	77.97	2.17	5.62	9.81	96.42	-20.23
a29h*	0.09	22.44	0.88	1.77	1.47	80.69	2.13	5.59	10.00	96.76	-21.87
a50h*	0.25	30.41	1.43	3.58	1.96	87.07	4.07	7.20	17.13	109.22	-19.34
Totaux b	2.25		38.13		8.22		144.20		63.11		0.00
b1h	0.22	10.11	-0.41	-1.12	4.00	51.13	2.98	2.17	37.35	62.14	-23.18
b5h	0.27	12.64	-0.45	-1.23	3.94	50.36	3.63	2.64	41.58	69.17	-23.47
b11h	0.35	16.14	-0.50	-1.37	5.07	64.78	4.31	3.14	48.04	79.93	-21.73
b22h	0.41	19.04	-0.40	-1.09	5.07	64.80	4.96	3.61	51.02	84.89	-20.99
b26h*	0.06	18.10	0.24	-0.22	1.13	67.05	2.18	4.53	9.49	84.75	-21.73
b29h*	0.09	19.47	0.45	0.36	1.39	70.37	2.22	4.56	11.32	87.80	-21.32
b50h*	0.28	28.45	3.36	8.37	2.61	85.99	3.98	5.84	17.17	97.54	-18.37

* déc. et acid.

Annexe 26b: Suivi des métaux dans les sédiments #2,#3,#6,#8 et #11 lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 (0.082 mL FeCl3/g séd sec a pH=2).

Echantillon	Pb		Cu		Zn		Mn	
	Moyenne		Moyenne		Moyenne		Moyenne	
Sédiment Brut	(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)	
sed#6	410.00		482.00		11608.0		240.00	
sed#8	54.60		54.60		223.9		873.60	
sed#2	75.61		94.00		744.00		917.00	
sed#3	62.18		334.46		1016.26		707.52	
sed#11	281.07		123.00		2035.00		520.00	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
séd#6								
a.48h	405.45	1.11	516.69	-7.20	4471.3	61.48	127.18	47.01
b.48h	414.59	-1.12	527.84	-9.51	4966.5	57.22	134.36	44.02
séd#8								
a.29h	40.40	26.01	38.11	30.20	122.0	45.52	373.48	57.25
b.29h	40.35	26.10	35.09	35.73	122.8	45.14	385.97	55.82
séd#2 (essai 2)								
162a.29	57.63	23.78	62.30	33.72	467.28	37.19	264.79	71.12
162b.29	58.20	23.03	66.14	29.64	555.53	25.33	264.54	71.15
séd#3 (essai 2)								
163a.29	36.43	41.41	100.00	70.10	285.72	71.89	300.01	57.6
163b.29	36.15	41.86	97.00	71.00	255.72	74.84	308.63	56.38
séd#11 (essai 2)								
1611a.50	101.53	63.88	62.59	49.11	229.48	88.72	215.57	58.54
1611b.50	112.31	60.04	48.83	60.30	244.15	88.0	244.15	53.05

Annexe 26b:

Echantillon	Ni		Cr		Fe		Cd	
Sédiment Brut	Moyenne (mg/kg sed sec)		Moyenne (mg/kg sed sec)		Moyenne (mg/kg sed sec)		Moyenne (mg/kg sed sec)	
sed#6	36.00		158.00		160904		44.93	
sed#8	54.60		111.38		57866		0.65	
sed#2	35.00		116.00		39344		2.55	
sed#3	132.93		99.05		35132		5.10	
sed#11	78.00		182.00		46774		3.15	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
séd#6								
a.48h	31.8	11.67	158.19	-0.12	155125	3.59	40.86	9.06
b.48h	38.39	-6.64	143.96	8.89	171162	-6.38	43.19	3.87
séd#8								
a.29h	45.73	16.25	120.43	-8.13	40435	30.12	0.30	53.85
b.29h	70.18	-28.53	142.98	-28.37	42018	27.39	0	100.00
séd#2 (essai 2)								
162a.29	31.15	11.00	112.15	3.32	30451	22.6	2.34	8.24
162b.29	39.68	-13.37	66.14	42.98	27816	29.3	2.25	11.76
séd#3 (essai 2)								
163a.29	114.29	14.02	60.72	38.7	38429	-9.38	0.93	81.76
163b.29	123.45	7.13	111.11	-12.18	38799	-10.44	1.15	77.45
séd#11 (essai 2)								
1611a.50	62.59	19.76	165.51	9.06	32753	29.98	1.53	51.43
1611b.50	68.36	12.36	201.18	-10.54	40334	13.77	1.07	66.03

Annexe 26c: Suivi de l'As et le Hg dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11,lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 (0.082 mL FeCl3/g séd sec a pH=2).

Echantillon	As Moyenne (mg/kg sed sec)	%d'enlèv (%)	Hg Moyenne (mg/kg sed sec)	%d'enlèv (%)
sédiment brut				
sed #6	43.25		15.80	
sed #8	9.10		24.80	
sed #2	5.33		0.67	
sed #3	17.00		0.26	
sed #11	17.00		2.32	
sédiments traités et filtrés				
séd #6				
a22h	12.00	72.25	16.00	-1.27
b22h	38.00	12.14	17.00	-7.59
a27h	28.00	35.26	19.00	-20.25
b27h	46.00	-6.36	17.00	-7.59
séd #8				
a22h	7.10	21.98	22.00	11.29
b22h	7.20	20.88	26.00	-4.84
a27h	12.00	-31.87	26.00	-4.84
b27h	8.10	10.99	25.00	-0.81
séd #2 (essai2)				
a22h	5.80	-8.82	0.74	-11.58
b22h	7.30	-36.96	0.77	-15.64
a25h	7.90	-48.22	0.77	-15.64
b25h	11.00	-107.55	0.77	-16.09
séd #3 (essai2)				
a22h	24.00	-41.18	0.24	7.42
b22h	19.00	-11.76	0.22	15.63
a25h	27.00	-58.82	0.17	32.81
b25h	25.00	-47.06	2.00	-681.25
séd #11 (essai2)				
a22h	12.00	29.41	2.90	-25.00
b22h	17.00	0.00	2.80	-20.69
a25h	19.00	-11.76	2.00	13.79
b25h	16.00	5.88	2.40	-3.45

Annexe 26d: Evaluation des solides totaux et volatils en suspension (MES, MVS) dans le surnageant des décantations faites sur les essais avec une solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 dans les sédiments #2, #3, #6, #8, #11 (0.082 mL FeCl3/g séd sec à pH=2)

Echantillon	MES (mg sol.susp.tot./L)	MVS (mg sol.vol./L)
Après 24 heures		
Essai #1		
Séd#2a	0.085	0.015
Séd#2b	0.1	0.015
Séd#3a	0.115	0.01
Séd#3b	0.15	0.017
Séd#6a	0.145	0.035
Séd#6b	0.155	0.045
Séd#8a	0.08	0.01
Séd#8b	0.08	0.023
Séd#11a	0.12	0.01
Séd#11b	0.085	0.015
Essai#2		
Séd#2a	0.07	0.01
Séd#2b	0.08	0.01
Séd#3a	0.18	0.014
Séd#3b	0.13	0.04
Séd#11a	0.12	0.02
Séd#11b	0.95	0.01

Annexe 26e: Estimation de la solubilisation de la matière organique d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais avec une solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11 (0.082 mL FeCl3/g séd sec à pH=2)

Echantillon	Début (% SV)	Fin (% SV)
Séd#2	19.27	17.05
Séd#3	12.47	10.36
Séd#6	19.29	17.02
Séd#11	17.59	17.29
Essai#2		
Séd#2	18	17.21
Séd#3	12.01	11.07
Séd#11	18.19	20.49

Annexe26fi) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11, lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 (0.082 mL FeCl3/g séd sec).

I-Métaux totaux

STATION	Cd mg/kg total	Cr mg/kg total	Cu mg/kg total	Fe mg/kg total	Mn mg/kg total	Ni mg/kg total	Pb mg/kg total	Zn mg/kg total
sed6-0h	45.60	128.45	542.00	135000	250.00	42.00	475.00	9563.00
sed 6a-30h	51.92	163.50	508.10	168237	214.72	36.94	512.03	6187.60
sed8-0h	1.14	114.88	62.11	41940	1236.70	58.68	53.94	226.36
sed 8a-30h	0.22	121.74	34.49	41019	465.31	50.65	42.59	129.36
sed2-0h	3.04	77.60	61.56	29148	471.10	32.95	139.52	696.64
sed2a(II)-29h	1.81	100.26	63.51	33985	287.40	34.21	54.61	506.43
sed3-0h	6.03	144.44	458.60	42904	950.30	159.30	89.30	1195.00
sed3a(II)-29h	0.59	113.28	109.24	38200	370.51	120.21	36.98	300.20
sed11-0h	3.88	173.70	129.50	46023	406.00	73.10	372.80	2009.00
sed11a(II)-29h	1.04	135.94	55.87	35249	289.09	61.88	138.88	191.84

Annexe 26fii) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11, lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 (0.082 mL FeCl3/g séd sec à pH2)

II-Fraction NaOAc : incluant MgCl2, fraction échangeable + métaux liés aux carbonates.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed6-0h	0.16	15.04	0.57	2627	40.20	5.01	75.40	650.00
sed6a-30h	0.38	13.74	0.89	418	6.20	1.33	105.15	431.46
sed8-0h	0.61	2.40	2.77	884	472.06	2.95	14.20	45.18
sed8a-30h	0.03	2.67	0.28	141	12.87	0.64	4.14	3.09
sed2-0h	0.22	3.26	0.19	1152	73.55	2.33	28.02	75.41
sed2a-29h	0.00	4.37	0.18	355	5.52	0.62	6.33	4.89
sed3-0h	3.00	2.14	75.46	1785	384.40	13.40	26.80	503.00
sed3a(II)-29h	0.03	1.65	1.31	760	6.62	1.31	6.53	10.36
sed11-0h	2.02	7.49	8.73	1333	36.05	4.41	157.00	919.00
sed11a(II)-29h	0.11	5.41	0.71	451	7.01	1.06	32.64	41.87

Annexe 26fiii): Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11, lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 (0.082mL FeCl3/g séd sec).

III-Fraction 3b : métaux liés aux hydroxydes de Fe et Mn.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed6-0h	28.20	56.40	2.81	12142	34.50	8.20	268.80	5816.00
sed6a-30h	32.84	52.66	3.01	5481	16.12	4.51	251.48	3009.16
sed8-0h	0.45	11.18	2.64	5326	354.76	8.13	15.04	66.28
sed8a-30h	0.08	7.87	0.41	5694	60.04	6.21	7.45	22.57
sed2-0h	0.66	15.24	2.28	4607	114.89	5.92	43.00	134.23
sed2a-29h	0.06	12.59	0.43	8108	42.68	4.69	15.58	40.54
sed3-0h	2.47	8.00	8.66	8571	211.10	47.50	41.80	472.90
sed3a-29h	0.08	6.13	4.23	7184	72.89	39.30	12.25	114.94
sed11-0h	1.47	40.50	4.45	16600	65.70	10.40	114.90	665.70
sed11a-29h	0.44	18.33	1.26	6846	56.88	8.22	48.24	34.97

Annexe 26fiv) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11, lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 (0.082 mL FeCl3/g séd sec à pH=2).

IV-Fraction H2O2 : métaux liés a la matière organique et aux sulfures.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed6-0h	8.50	8.00	347.00	1064	3.60	5.20	48.00	1914.00
sed6a-30h	9.10	20.60	345.20	1238	2.40	5.60	62.40	1580.00
sed8-0h	0.08	8.80	17.20	870	23.60	8.60	3.20	24.40
sed8a-30h	0.06	11.20	9.80	1434	12.40	8.80	3.00	22.20
sed2-0h	2.16	15.60	91.60	2010	13.00	11.20	22.00	420.00
sed2a-29h	1.70	24.80	50.40	3350	14.20	12.40	13.20	386.00
sed3-0h	0.56	12.80	310.00	598	16.80	18.20	6.20	108.20
sed3a-29h	0.38	14.00	82.20	1306	11.00	21.60	5.20	82.40
sed11-0h	0.38	20.10	87.00	2591	19.10	8.10	19.40	77.80
sed11a-29h	0.44	26.20	34.40	2152	10.20	9.60	26.00	43.00

Annexe 26fv): Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les sédiments #2,#3,#6,#8,#11, lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec HCl et FeCl3 (0.082mL FeCl3/gséd sec)

V-Fraction HF : fraction résiduelle.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed6-0h	8.70	42.25	191.00	119450	172.50	24.00	83.20	1183.00
sed6a-30h	9.60	76.50	159.00	161100	190.00	25.50	93.00	1167.00
sed8-0h	0.00	92.50	39.50	34860	386.20	39.00	21.50	90.50
sed8a-30h	0.05	100.00	24.00	33750	380.00	35.00	28.00	81.50
sed2-0h	0.00	43.50	13.50	21380	269.70	13.50	46.50	67.00
sed2a-30h	0.05	58.50	12.50	22100	225.00	16.50	19.50	75.00
sed3-0h	0.00	91.50	64.00	31950	337.00	80.50	14.50	111.50
sed3a-29h	0.10	91.50	21.50	28950	280.00	58.00	13.00	92.50
sed11-0h	0.03	107.50	31.00	29075	243.75	47.25	79.25	94.65
sed11a-29h	0.05	86.00	19.50	25800	215.00	43.00	32.00	72.00

Annexe 26g: Détermination de la concentration de l'ion libre dans les sédiments #2, #3, #6, #8, #11 solubilisés de façon chimique avec HCl et FeCl3 (0.08 mL FeCl3/g séd. sec à pH=2).

		Concentration de Mz+ (nmole/L)				
		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
séd.#2	avant trait.		4.8	2.57	0.34	9.03
	après trait.		0.46	1.16	0.69	1.55
séd.#3	avant trait.		5.93	5.82	0.11	8.06
	après trait.		3.33	5.74	0.039	2.34
séd.#6	avant trait.	118.2	0.89	0.35	0.28	31.2
	après trait.	294	2.1	0.43	0.58	35.8
séd.#8	avant trait.		2.66	1.38	0.55	1.55
	après trait.		0.39	0.99	0.025	0.49
séd.#11	avant trait.		1.74	5.27	0.15	7.013
	après trait.		1.19	10	0.17	0.91

et pour déterminer Mz+ les constates employées sont

Cd	x=0.82	y=0.96 (Nom*Kom-Cd)=10-1.22 et (NFe*KFe-Cd)=10-2.38
Zn	x=1.26	(NFe*Km)=10-2.38
Ni	x=1.04	(NFe*Km)=10-2.29
Pb	x=0.81	(NFe*Km)=10+.67
Cu	x=0.64	(NFe*Km)=10+.10

Annexe 27a:

Echantillon	Pb		P_1774		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd#11									
Série a									
Totaux	365.98	10.98	1735.00	52.05	7792.00	233.76	2708.00	81.24	2529.00
a0h	0.00	0.00	0.00	0.00	827.70	371.79	4.22	5.46	0.00
a4h	0.10	0.96	0.63	1.26	955.70	429.28	14.06	18.17	0.00
a7.0h*	2.70		0.02		115.20		30.53		0.00
a7.5h	3.30		0.09		112.60		37.04		0.00
a8h	3.20		0.12		111.50		37.69		0.00
a9h	4.40		0.05		90.55		46.60		0.00
aRinçage-1	1.10		0.00		41.80		13.36		0.00
aRinçage-2	1.10		0.00		43.07		13.90		0.00
Série b									
Totaux	365.98	10.98	1735.00	52.05	7792.00	233.76	2708.00	81.24	2529.00
b0h	0.00	0.00	0.00	0.00	827.70	371.79	4.22	5.46	0.00
b4h	0.10	0.96	0.63	1.26	955.70	429.28	14.06	18.17	0.00
b7.0h	1.20	3.48	0.04	1.28	101.90	439.35	21.60	24.31	0.00
b7.0h**	3.30		0.26		110.90		33.05		0.00
b7.5h	4.20		0.08		96.74		42.28		0.00
b8h	4.60		0.10		97.90		46.10		0.00
b9h	3.30		0.05		108.00		37.68		0.00
bRinçage-1	1.20		0.00		36.02		15.69		0.00
bRinçage-2	1.20		0.00		40.00		17.56		0.00

Annexe 27b: Suivi des métaux dans les sédiments #11 solubilisés de façon chimique avec FeSO4.7H2O et FeCl3 (0.082 mL FeCl3/g séd sec).

Echantillon	Pb		Cu		Ni	
	Moyenne		Moyenne		Moyenne	
Sédiment Brut	(mg/kg sédsec)		(mg/kg sédsec)		(mg/kg sédsec)	
séd#11	365.98		147.57		94.45	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
Série a						
7h*	258.51	29.36	81.64	44.68	81.64	13.57
7.5h	247.68	32.32	69.12	53.16	86.40	8.52
9h	247.63	32.34	64.86	56.05	88.44	6.36
a.R	338.90	7.40	62.76	57.47	87.86	6.97
b.R	196.88	46.21	62.64	57.55	80.54	14.73
Série b						
7h**	246.12	32.75	84.38	42.82	84.38	10.66
7.5h	206.65	43.54	66.66	54.83	73.33	22.37
9h	205.02	43.98	79.73	45.97	85.43	9.56
a.R	183.36	49.90	59.87	59.43	82.32	12.84
b.R	193.04	47.26	56.78	61.53	79.49	15.84

*ajout de FeCl3

**ajout de FeCl3 +H2O2(0.45%,v/v)

Annexe 27a:

Echantillon	Pb		P_1774		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd#11									
Série a									
Totaux	365.98	10.98	1735.00	52.05	7792.00	233.76	2708.00	81.24	2529.00
a0h	0.00	0.00	0.00	0.00	827.70	371.79	4.22	5.46	0.00
a4h	0.10	0.96	0.63	1.26	955.70	429.28	14.06	18.17	0.00
a7.0h*	2.70		0.02		115.20		30.53		0.00
a7.5h	3.30		0.09		112.60		37.04		0.00
a8h	3.20		0.12		111.50		37.69		0.00
a9h	4.40		0.05		90.55		46.60		0.00
aRinçage-1	1.10		0.00		41.80		13.36		0.00
aRinçage-2	1.10		0.00		43.07		13.90		0.00
Série b									
Totaux	365.98	10.98	1735.00	52.05	7792.00	233.76	2708.00	81.24	2529.00
b0h	0.00	0.00	0.00	0.00	827.70	371.79	4.22	5.46	0.00
b4h	0.10	0.96	0.63	1.26	955.70	429.28	14.06	18.17	0.00
b7.0h	1.20	3.48	0.04	1.28	101.90	439.35	21.60	24.31	0.00
b7.0h**	3.30		0.26		110.90		33.05		0.00
b7.5h	4.20		0.08		96.74		42.28		0.00
b8h	4.60		0.10		97.90		46.10		0.00
b9h	3.30		0.05		108.00		37.68		0.00
bRinçage-1	1.20		0.00		36.02		15.69		0.00
bRinçage-2	1.20		0.00		40.00		17.56		0.00

Annexe 27b: Suivi des métaux dans les sédiments #11 solubilisés de façon chimique avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$ (0.082 mL $FeCl_3$/g séd sec).

Echantillon	Pb		Cu		Ni	
	Moyenne		Moyenne		Moyenne	
Sédiment Brut	(mg/kg sédsec)		(mg/kg sédsec)		(mg/kg sédsec)	
séd#11	365.98		147.57		94.45	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
Série a						
7h*	258.51	29.36	81.64	44.68	81.64	13.57
7.5h	247.68	32.32	69.12	53.16	86.40	8.52
9h	247.63	32.34	64.86	56.05	88.44	6.36
a.R	338.90	7.40	62.76	57.47	87.86	6.97
b.R	196.88	46.21	62.64	57.55	80.54	14.73
Série b						
7h**	246.12	32.75	84.38	42.82	84.38	10.66
7.5h	206.65	43.54	66.66	54.83	73.33	22.37
9h	205.02	43.98	79.73	45.97	85.43	9.56
a.R	183.36	49.90	59.87	59.43	82.32	12.84
b.R	193.04	47.26	56.78	61.53	79.49	15.84

*ajout de $FeCl_3$

**ajout de $FeCl_3$ +H_2O_2(0.45%,v/v)

Annexe 27b:

Echantillon	Cr		Zn		Mn		Fe	
Sédiment Brut	Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)	
séd#11	177.09		2879.48		506.77		55812	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
Série a								
7h*	176.88	0.12	994.6	65.46	434.3	14.3	57356	-2.77
7.5h	167.04	5.68	772.42	73.18	429.93	15.16	57375	-2.8
9h	170.98	3.45	738.18	74.36	435.89	13.99	60728	-8.81
a.R	150.62	14.94	625.08	78.29	394.5	22.15	54015	3.22
b.R	125.29	29.25	560.2	80.55	354.98	29.95	46057	17.48
Série b								
7h**	161.74	8.67	940.17	67.35	450.32	11.14	69631	-24.76
7.5h	153.32	13.42	727.93	74.72	410.62	18.97	66327	-18.84
9h	136.68	22.82	676.00	76.52	380.54	24.91	61961	-11.02
a.R	130.97	26.04	602.84	79.06	376.45	25.72	62566	-12.10
b.R	124.91	29.47	554.88	80.73	347.20	31.49	58554	-4.91

*ajout de FeCl3

**ajout de FeCl3 +H2O2(0.45%,v/v)

Annexe 27c: Suivi de l'As et du Hg dans les sédiments #11,lors de l'application du traitement de solubilisation chimique avec FeSO4.7H2O et FeCl3 (0.082 mL FeCl3/g séd sec à pH=2).

Echantillon	As Moyenne (mg/kg sed sec)		Hg Moyenne (mg/kg sed sec)	
sédiment brut séd #11	17.00		2.32	
sédiments traités et filtrés séd #11		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
0h	8.00	52.94	2.40	-3.45
fin du traitement	14.00	17.65	2.50	-7.76

Annexe 27d: Evaluation des solides totaux et volatils en suspension (MES, MVS) dans le surnageant des décantations faites dans les essais où une solubilisation chimique avec FeSO4.7H2O et FeCl3 (0.082mL FeCl3/g séd sec ,séd #11) a été appliquée.

Echantillon	MES (mg sol.susp.tot./L)	MVS (mg sol.vol./L)
Après traitement au FeSO4.7H2O		
Séd#11A	0.002	-
Séd#11B	0.01	0.01
Après traitement au FeCl3		
Séd#11A	0.01	0.01
Séd#11B	0.016	0.017

Annexe 27e: Estimation de la solubilisation de la matière organique d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais où une solubilisation chimique avec FeSO4.7H2O et FeCl3 (0.082 mL FeCl3/g séd sec, séd #11) a été appliquée.

Echantillon	Début (% SV)	Fin (% SV)
Séd#11(+H2O2)	16.83	15.61
Séd#11	16.83	32.75

Annexe 27f: Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans le sédiment #11 solubilisé de façon chimique avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$ (0.082 mL $FeCl_3$/g séd. sec I,II,III,IV,V).

*Données non-disponibles

Annexe 27g: Détermination de la concentration de l'ion libre dans les sédiments #11 solubilisés de façon chimique avec $FeSO_4.7H_2O$ et $FeCl_3$ (0.082 mL $FeCl_3$/g séd.sec).

*Données non-diponibles

Annexe 28a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O, suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092 Moyenne (mg/L)	Al3092 %Sol. (%)	Ca3158 Moyenne (mg/L)	Ca3158 %Sol. (%)	Cd2288 Moyenne (mg/L)	Cd2288 %Sol. (%)	Cr2677 Moyenne (mg/L)	Cr2677 %Sol. (%)
Séd.#2										
Totaux			59155	1775	22028	661	2.54	0.08	73.60	3.82
a0h	2.98	394	38.08	2.25	290.08	46.09	0.02	34.03	0.17	4.71
a21h	2.91	407	40.82	2.42	344.03	54.66	0.02	27.13	0.06	1.75
a28h	2.82	413	44.25	2.62	393.56	62.53	0.02	32.81	0.08	2.22
a45h	2.63	543	49.69	2.94	427.19	67.88	0.02	23.78	0.07	1.79
a46h*	1.74	547	60.16	3.56	460.03	73.09	0.04	50.83	0.10	2.88
a52h*	1.62	550	67.59	4.00	453.92	72.12	0.04	48.79	1.03	28.39
a71h*	2.1	555	89.24	5.28	824.94	131.08	0.03	47.78	0.39	10.60
a77h*	1.74	545	86.64	5.13	777.69	123.57	0.03	37.28	0.43	11.86
a97h*	1.83	515	121.17	7.17	1012.22	160.83	0.04	60.44	0.65	17.91
b0h	3.04	384	26.22	1.55	236.42	37.57	0.01	16.39	0.14	3.93
b21h	2.97	404	34.75	2.06	331.74	52.71	0.02	33.78	0.08	2.26
b28h	2.92	403	31.16	1.84	305.12	48.48	0.02	24.74	0.06	1.52
b45h	2.66	495	39.15	2.32	341.76	54.30	0.02	30.88	0.05	1.50
b46h*	1.76	511	49.03	2.90	363.80	57.80	0.04	57.35	0.08	2.16
b52h*	1.71	524	58.14	3.44	409.25	65.03	0.03	43.76	0.22	5.93
b71h*	1.97	544	83.89	4.96	491.00	78.02	0.03	46.62	0.35	9.68
b77h*	1.72	552	82.56	4.88	454.32	72.19	0.04	60.00	0.42	11.62
b97h*	1.79	559	103.31	6.11	518.36	82.36	0.04	51.49	0.55	15.00
Séd.#3										
Totaux			52790	1958.50	9742.89	361.46	6.09	0.23	137.70	4.58
a0h	3.42	327	40.26	2.16	166.80	48.45	0.11	51.84	0.07	1.54
a21h	2.86	423	53.96	2.89	156.34	45.41	0.17	78.37	0.03	0.59
a28h	2.82	424	62.38	3.34	175.04	50.85	0.19	88.09	0.04	0.83
a45h	2.66	533	69.73	3.74	182.50	53.01	0.21	98.68	0.04	1.01
a46h*	1.71	557	73.64	3.95	172.00	49.96	0.20	92.75	0.06	1.44
a52h*	1.73	561	91.97	4.93	177.52	51.57	0.21	97.07	0.16	3.56
a71h*	1.8	565	123.64	6.63	191.37	55.59	0.23	108.68	0.30	6.78
a77h*	1.69	569	124.99	6.70	194.42	56.48	0.23	108.45	0.30	6.82
a97h*	1.83	563	160.22	8.59	222.18	64.54	0.27	127.50	0.45	10.39
b0h	3.37	331	34.79	1.87	148.68	43.19	0.11	50.51	0.06	1.46
b21h	2.97	402	42.73	2.29	153.07	44.46	0.14	65.23	0.03	0.74
b28h	3.01	394	49.56	2.66	169.95	49.37	0.17	78.13	0.05	1.09
b45h	2.73	461	55.70	2.99	168.72	49.01	0.18	83.12	0.04	0.86
b46h*	1.73	494	68.08	3.65	168.79	49.03	0.19	89.98	0.09	2.07
b52h*	1.76	529	85.36	4.58	170.96	49.66	0.21	95.42	0.11	2.57
b71h*	1.86	582	104.29	5.59	164.09	47.67	0.22	100.33	0.20	4.51
b77h*	1.79	592	105.77	5.67	163.02	47.36	0.20	92.93	0.20	4.63
b97h*	1.9	611	125.29	6.72	178.13	51.74	0.23	107.40	0.30	6.77

Annexe 28a:

Echantillon	Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576		Ni2316	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#2										
Totaux	90.84	3.53	31096	1706	9404.58	282	446.63	14.88	3.58	4.35
a0h	0.61	18.02	440.14	27.09	52.39	19.50	6.80	47.99	3.06	73.93
a21h	0.62	18.56	227.40	14.00	55.52	20.66	6.89	48.65	2.97	71.77
a28h	0.72	21.45	199.43	12.27	62.58	23.29	7.39	52.12	3.17	76.57
a45h	1.02	30.44	56.37	3.47	65.25	24.28	7.51	52.97	3.20	77.34
a46h*	1.34	39.91	187.64	11.55	68.28	25.41	7.81	55.12	3.30	79.68
a52h*	1.66	49.32	330.26	20.33	67.14	24.99	7.51	52.96	3.15	76.12
a71h*	2.66	79.24	396.28	24.39	77.58	28.87	8.59	60.62	3.51	84.82
a77h*	2.52	74.97	454.13	27.95	71.91	26.76	7.95	56.09	3.24	78.29
a97h*	3.46	100.00	562.56	34.62	89.82	33.43	9.61	67.80	3.90	94.18
b0h	0.38	11.16	362.88	22.33	40.93	15.23	5.21	36.76	2.19	52.81
b21h	0.53	15.79	256.64	15.80	56.32	20.96	6.58	46.46	2.58	62.32
b28h	0.46	13.71	215.78	13.28	50.99	18.98	5.91	41.71	2.33	56.18
b45h	0.73	21.63	90.71	5.58	56.71	21.10	6.42	45.29	2.51	60.69
b46h*	1.01	30.00	181.97	11.20	59.30	22.07	6.59	46.49	2.56	61.69
b52h*	1.35	40.22	302.10	18.59	61.12	22.75	6.69	47.23	2.58	62.38
b71h*	2.45	72.80	434.17	26.72	72.19	26.86	7.52	53.04	2.90	69.99
b77h*	2.48	73.65	476.98	29.36	70.86	26.37	7.37	52.02	2.80	67.52
b97h*	3.10	92.23	566.56	34.87	83.14	30.94	8.27	58.37	3.22	77.80
Séd.#3										
Totaux	429.17	17.75	45461	2151	17888	663.63	948.76	36.01	13.70	14.94
a0h	3.94	23.30	444.92	21.72	29.84	4.72	23.64	68.93	10.09	70.94
a21h	8.29	49.05	192.62	9.40	31.67	5.01	22.59	65.88	9.61	67.56
a28h	9.60	56.76	185.93	9.08	34.27	5.42	23.79	69.36	10.14	71.26
a45h	11.13	65.83	79.14	3.86	37.76	5.97	25.23	73.56	10.99	77.24
a46h*	12.42	73.46	191.16	9.33	35.18	5.57	23.33	68.02	10.20	71.66
a52h*	13.74	81.29	365.65	17.85	37.36	5.91	23.78	69.35	10.27	72.19
a71h*	16.05	94.97	615.19	30.03	47.22	7.47	26.38	76.91	11.68	82.11
a77h*	16.13	95.42	620.15	30.27	50.26	7.95	26.20	76.38	11.54	81.13
a97h*	19.11	113.06	737.52	36.00	75.30	11.91	30.61	89.25	13.76	96.70
b0h	3.42	20.23	395.96	19.33	26.73	4.23	22.03	64.22	9.22	64.81
b21h	5.43	32.15	244.52	11.94	29.67	4.69	21.57	62.89	9.01	63.35
b28h	6.65	39.31	246.31	12.02	34.87	5.52	23.57	68.71	9.95	69.93
b45h	8.15	48.21	117.25	5.72	33.47	5.30	22.96	66.94	9.55	67.13
b46h*	11.11	65.70	214.65	10.48	34.35	5.43	22.94	66.90	10.02	70.42
b52h*	13.23	78.24	326.53	15.94	35.26	5.58	22.95	66.91	10.08	70.85
b71h*	14.49	85.73	452.35	22.08	39.99	6.33	23.43	68.32	10.02	70.43
b77h*	14.25	84.32	449.13	21.92	39.78	6.29	22.41	65.36	9.74	68.47
b97h*	15.88	93.91	516.26	25.20	49.49	7.83	25.15	73.34	10.96	77.05

Annexe 28a:

Echantillon	P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd.#2									
Totaux	1344	40.32	95.89	4.28	628.95	628.95	743.19	25.19	-253
a0h	-0.68	-1.76	0.27	6.69	605.62	101.11	11.32	47.20	-4.26
a21h	-0.34	-0.88	0.10	2.38	561.09	93.67	12.33	51.41	-7.04
a28h	-0.30	-0.78	0.02	0.58	595.79	99.46	13.37	55.75	-6.79
a45h	-0.08	-0.21	0.06	1.40	629.04	105.01	14.18	59.09	-6.71
a46h*	1.05	2.75	0.21	5.23	615.29	102.72	15.13	63.05	-1.71
a52h*	2.27	5.91	0.39	9.53	586.00	97.83	14.81	61.73	-0.73
a71h*	2.43	6.32	0.63	15.38	654.92	109.34	17.25	71.89	2.05
a77h*	3.27	8.53	0.97	23.94	586.81	97.97	15.80	65.88	3.29
a97h*	2.99	7.78	1.84	45.15	713.77	119.16	19.81	82.59	8.98
b0h	-0.52	-1.35	0.05	1.24	463.98	77.46	8.02	33.41	-4.46
b21h	-0.35	-0.91	0.03	0.64	536.65	89.59	11.08	46.17	-7.35
b28h	-0.32	-0.82	-0.03	-0.77	481.87	80.45	9.86	41.10	-7.04
b45h	-0.00	-0.00	-0.05	-1.16	506.66	84.58	10.91	45.46	-5.18
b46h*	0.78	2.02	0.19	4.57	510.23	85.18	12.14	50.59	8.88
b52h*	1.72	4.47	0.37	9.01	506.64	84.58	12.85	53.54	5.50
b71h*	3.40	8.85	0.72	17.70	566.61	94.59	15.50	64.61	9.73
b77h*	4.46	11.62	0.76	18.64	539.16	90.01	15.18	63.29	8.03
b97h*	5.22	13.60	1.30	31.94	632.64	105.62	17.96	74.88	10.49
Séd.#3									
Totaux	1158	42.94	80.96	4.20	509.45	18.90	1238	54.75	-215
a0h	-0.68	-1.66	0.07	1.72	497.09	2762	35.15	67.41	-0.99
a21h	-0.20	-0.48	0.24	5.89	413.42	2297	38.51	73.85	-3.29
a28h	-0.21	-0.52	0.28	7.06	451.40	2508	42.80	82.09	-2.51
a45h	0.13	0.31	0.40	9.93	466.07	2589	45.88	87.99	-3.25
a46h*	0.08	0.21	0.77	19.19	426.40	2369	42.63	81.76	2.67
a52h*	0.20	0.50	1.06	26.51	442.03	2456	43.59	83.60	9.27
a71h*	0.86	2.11	1.57	39.21	501.36	2785	49.12	94.20	20.23
a77h*	0.84	2.06	1.63	40.86	503.83	2799	48.71	93.42	16.86
a97h*	1.19	2.92	1.98	49.56	584.09	3245	57.83	110.91	20.63
b0h	-0.52	-1.27	0.08	1.99	453.25	2518	32.15	61.67	-4.01
b21h	-0.42	-1.03	0.16	4.03	401.46	2230	35.68	68.42	-4.40
b28h	-0.29	-0.71	0.20	5.00	440.96	2450	40.62	77.90	-4.37
b45h	-0.01	-0.02	0.10	2.54	411.17	2284	40.38	77.44	-5.27
b46h*	0.06	0.16	0.71	17.85	399.48	2219	40.76	78.17	1.85
b52h*	0.23	0.55	0.92	22.90	406.99	2261	41.86	80.27	8.23
b71h*	0.67	1.64	1.34	33.56	418.78	2326	43.82	84.03	15.73
b77h*	0.56	1.36	1.30	32.55	409.00	2272	42.29	81.10	10.27
b97h*	0.77	1.89	1.36	33.93	454.36	2524	47.44	90.98	10.25

Annexe 28a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O, suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

Echantillon	pH	POR	Al3092		Ca3158		Cd2288		Cr2677	
		(mV)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#8										
Totaux			70416	2112.70	43327	1299.95	1.58	0.05	125.11	3.75
a0h	3.71	284	11.96	0.59	518.68	41.90	0.01	25.06	0.01	0.18
a21h	4.38	344	2.19	0.11	688.01	55.57	0.02	50.01	-0.02	-0.42
a28h	4.5	392	1.28	0.06	743.70	60.07	0.02	40.41	-0.01	-0.28
a45h	3.32	522	20.10	1.00	688.27	55.59	0.02	48.80	-0.01	-0.31
a52h	3.49	515	16.87	0.84	643.36	51.97	0.02	36.26	0.00	0.05
a71h	3.69	506	14.07	0.70	681.92	55.08	0.02	54.34	-0.02	-0.62
a72h*	1.76	573	35.28	1.75	837.67	67.66	0.03	75.01	0.02	0.69
a77h*	1.91		62.76	3.12	802.69	64.84	0.03	69.35	0.15	4.24
a97h*	1.74	563	111.30	5.53	1044.22	84.34	0.05	108.55	0.33	9.34
b0h	3.04	296	14.11	0.70	545.92	44.10	0.01	20.53	0.03	0.79
b21h	3.43	385	14.65	0.73	603.44	48.74	0.02	54.21	-0.01	-0.36
b28h	3.3	525	17.40	0.86	687.44	55.53	0.03	58.84	-0.02	-0.54
b45h	3.51	512	17.25	0.86	689.64	55.70	0.03	63.61	-0.01	-0.17
b52h	3.59	522	14.11	0.70	639.25	51.63	0.02	53.50	-0.01	-0.16
b71h	3.85	503	8.28	0.41	630.25	50.91	0.03	58.84	-0.00	-0.10
b72h*	1.78	562	31.33	1.56	636.18	51.39	0.02	53.37	0.02	0.48
b77h*	1.77		45.97	2.28	742.50	59.97	0.03	55.53	0.03	0.92
b97h*	2.02	575	71.06	3.53	920.40	74.34	0.02	39.63	0.17	4.83

*acid.
à pH1.75

Annexe 28a:

Echantillon	Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576		Ni2316	
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#8										
Totaux	73.32	2.20	44073	1322.33	22213	666.45	1081.62	32.45	2.55	2.55
a0h	0.09	4.19	270.51	21.48	94.62	14.91	12.82	41.49	0.34	13.92
a21h	0.09	4.18	0.67	0.05	155.08	24.43	15.49	50.13	0.42	17.16
a28h	0.06	2.70	5.12	0.41	153.02	24.11	14.78	47.83	0.38	15.56
a45h	0.56	26.64	1.45	0.12	159.07	25.06	15.52	50.21	0.43	17.54
a52h	0.42	20.16	1.05	0.08	156.33	24.63	15.19	49.16	0.47	19.39
a71h	0.39	18.85	1.38	0.11	183.59	28.92	17.76	57.46	0.53	21.70
a72h*	0.91	43.41	52.84	4.20	191.60	30.19	18.12	58.62	0.52	21.47
a77h*	1.17	55.93	219.22	17.41	179.72	28.32	17.50	56.61	0.56	22.89
a97h*	1.47	70.37	478.81	38.02	218.76	34.47	20.10	65.02	0.71	29.35
b0h	-0.01	-0.46	325.33	25.83	114.89	18.10	13.58	43.94	0.30	12.50
b21h	0.30	14.47	30.45	2.42	144.59	22.78	13.70	44.34	0.37	15.34
b28h	0.36	17.18	7.82	0.62	172.28	27.14	14.95	48.36	0.35	14.55
b45h	0.35	16.85	0.58	0.05	173.21	27.29	16.51	53.41	0.41	16.84
b52h	0.32	15.12	0.15	0.01	159.24	25.09	14.45	46.74	0.40	16.32
b71h	0.21	9.94	-0.16	-0.01	140.22	22.09	12.86	41.61	0.36	14.65
b72h*	0.65	30.87	48.15	3.82	150.43	23.70	13.87	44.88	0.42	17.41
b77h*	0.81	38.74	88.18	7.00	138.44	21.81	12.13	39.23	0.37	15.39
b97h*	1.10	52.67	200.97	15.96	166.55	26.24	15.05	48.71	0.51	21.11

*acid.
à pH1.75

Annexe 28a:

Echantillon	P_1774		Pb2203		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd.#8									
Totaux	1295.25	38.86	45.83	1.37	904.55	904.55	289.04	8.67	-389.88
a0h	-0.41	-1.12	0.07	5.02	746.76	86.68	4.07	49.23	-5.64
a21h	0.02	0.05	0.00	0.13	765.52	88.86	4.86	58.83	-6.14
a28h	0.05	0.14	-0.06	-4.84	750.35	87.10	4.76	57.58	-0.63
a45h	0.07	0.20	0.02	1.51	754.88	87.63	5.31	64.30	3.30
a52h	-0.03	-0.09	0.13	9.95	724.55	84.11	5.59	67.73	4.96
a71h	0.07	0.18	-0.13	-9.65	765.50	88.86	5.71	69.10	3.91
a72h*	2.09	5.66	0.44	33.91	875.12	101.58	6.59	79.78	6.37
a77h*	3.77	10.18	0.25	19.28	797.85	92.61	6.42	77.77	7.46
a97h*	10.94	29.56	0.45	34.72	951.75	110.48	7.48	90.61	14.12
b0h	-0.30	-0.80	-0.00	-0.05	716.90	83.22	3.45	41.77	3.14
b21h	-0.06	-0.16	-0.01	-1.04	643.76	74.73	4.23	51.24	3.30
b28h	-0.04	-0.10	-0.01	-0.91	701.42	81.42	4.81	58.18	4.00
b45h	0.09	0.25	-0.01	-0.65	728.98	84.62	5.07	61.40	1.47
b52h	0.14	0.38	0.00	0.24	677.08	78.60	4.96	60.07	3.15
b71h	0.04	0.12	-0.08	-6.12	635.71	73.79	4.78	57.88	39.71
b72h*	1.53	4.14	0.19	14.59	631.46	73.30	4.68	56.68	9.11
b77h*	1.16	3.13	0.27	20.32	577.92	67.09	4.44	53.81	9.30
b97h*	2.74	7.39	0.29	22.45	663.05	76.97	5.74	69.55	10.22

*acid.
à pH1.75

Annexe 28b: Suivi des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

Echantillon	Pb		Cu		Zn		Mn	
	Moyenne		Moyenne		Moyenne		Moyenne	
Sédiment Brut	(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)	
séd#2	73.30		80.00		790.00		539.00	
séd#3	97.00		343.60		984.40		1053.00	
séd#8	48.10		55.11		240.48		851.70	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv		%d'enlèv		%d'enlèv		%d'enlèv
		(%)		(%)		(%)		(%)
séd#2								
a.45h	152.24	-107.69	48.08	39.90	304.48	61.46	240.38	55.40
b.45h	138.98	-89.60	50.85	36.44	355.93	54.95	237.29	55.98
b.52h	206.064	-181.12	37.206	53.49	597.372	24.38	356.04	33.94
a.77h	104.87	-43.07	74.90	6.37	393.25	50.22	224.71	58.31
b.77h	141.58	-93.15	90.38	-12.97	346.38	56.15	271.08	49.71
séd#3								
a.45h	100.35	-3.45	140.85	59.01	308.11	68.70	264.09	74.92
b.45h	104.75	-7.99	161.99	52.86	291.57	70.40	280.77	73.34
a.77h	72.53	25.23	101.07	70.58	237.8	75.80	267.53	74.59
b.77h	88.29	8.98	110.36	67.88	271.65	72.40	305.6	70.98
séd#8								
a.71h	48.38	-0.58	53.76	2.45	134.4	44.11	376.32	55.82
a.97h	43.51	9.54	28.53	48.23	107	55.51	363.78	57.29

Annexe 28b:

Echantillon	Ni		Cr		Fe		Cd	
	Moyenne		Moyenne		Moyenne		Moyenne	
Sédiment Brut	(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)		(mg/kg sed sec)	
séd#2	30.70		109.00		23580		2.64	
séd#3	154.00		136.40		35881		7.07	
séd#8	55.11		113.73		57866		0.65	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
séd#2								
a.45h	48.08	-56.61	97.75	10.32	57289	-142.96	1.60	39.39
b.45h	50.85	-65.64	157.63	-44.61	51169	-117.00	1.69	35.98
b.52h	35.66	-16.16	65.384	40.01	55665.56	-136.07	0	0
a.77h	56.18	-83.00	103.93	4.65	34943	-48.19	1.40	46.97
b.77h	75.30	-145.28	158.13	-45.07	43041	-82.53	1.51	42.80
séd#3								
a.45h	114.44	25.69	103	24.49	51366	-43.16	0.88	87.55
b.45h	118.79	22.86	137.15	-0.55	44362	-23.64	0	100.00
a.77h	118.9	22.79	126.03	7.60	44439	-23.85	0.59	91.65
b.77h	127.34	17.31	137.52	-0.82	50892	-41.84	0.08	98.87
séd#8								
a.71h	53.76	2.45	133.5	-17.38	49638	14.22	0.9	-38.46
a.97h	49.93	9.40	88.45	22.23	40658	29.74	0.71	-9.23

Annexe 28c: Suivi de l'As et du Hg dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

Echantillon	As Moyenne (mg/kg sed sec)	%d'enlèv (%)	Hg Moyenne (mg/kg sed sec)	%d'enlèv (%)
sédiment brut				
sed #2	5.33		0.67	
sed #3	17.00		0.26	
sed #8	9.10		24.80	
sédiments traités et filtrés				
séd #2				
a45h	6.20	-16.32	0.92	-37.59
a52h	4.50	15.57	1.10	-65.41
séd #3				
a45h	23.00	-35.29	0.35	-35.16
b45h	21.00	-23.53	0.35	-35.16
a52h	14.00	17.65	0.48	-85.94
b52h	25.00	-47.06	0.46	-77.73
séd #8				
a72h	9.60	-5.49	28.00	-12.90
b72h	6.50	28.57	32.00	-29.03
a76h	7.90	13.19	34.00	-37.10
b76h	11.00	-20.88	30.00	-20.97

Annexe 28d: Evaluation des solides totaux et volatils en suspension (MES, MVS) dans le surnageant des décantations faites dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivie d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2, #3, #8.

*Données non-disponibles

Annexe 28e: Estimation de la solubilisation de la matière organique d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

Echantillon	Début (% SV)	Fin (% SV)
Séd#3	15.3	11.93 (après 45h)
Séd#3	15.3	12.22 (après 52h)
Séd#8	12.5	8.95 (après 72h)
Séd#8	12.5	8.01 (après 76h)

Annexe 28fi) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

I-Métaux totaux

STATION	Cd mg/kg total	Cr mg/kg total	Cu mg/kg total	Fe mg/kg total	Mn mg/kg total	Ni mg/kg total	Pb mg/kg total	Zn mg/kg total
sed2-0h	3.04	77.60	61.56	29148	471.10	32.95	139.52	696.64
sed2a-42h	1.38	100.91	61.80	58728	272.44	36.06	125.71	406.21
sed2a-52h	1.36	95.62	54.64	47429	266.35	33.99	124.37	405.02
sed3-0h	6.03	144.44	458.62	42904	950.30	159.30	89.30	1195.00
sed3a-45h	0.97	115.63	182.73	57955	397.64	131.61	96.86	341.20
sed3a-52h	0.72	109.62	135.74	51964	378.70	125.41	86.01	318.88
sed8-0h	1.14	114.88	62.11	41941	1236.70	58.68	53.94	226.36
sed8a-72h	0.37	114.83	56.18	53896	490.48	49.49	63.75	153.01
sed8a-76h	0.10	112.35	33.63	48456	473.82	49.33	58.76	132.44

Annexe 28fii) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

II-Fraction NaOAc : incluant MgCl2, fraction échangeable + métaux liés aux carbonates.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed2-0h	0.22	3.26	0.19	1152	73.55	2.33	28.02	75.41
sed2a-45h	0.01	4.53	1.81	2229	11.33	3.35	5.71	21.47
sed2a-52h	0.06	4.98	0.80	1604	9.35	2.23	5.25	16.01
sed3-0h	3.00	2.14	75.46	1785	384.40	13.40	26.80	503.00
sed3a-45h	0.38	2.14	16.20	2278	23.76	8.19	10.15	42.01
sed3a-52h	0.20	2.57	6.28	1800	19.82	5.58	7.52	32.04
sed8-0h	0.61	2.40	2.77	884	472.06	2.95	14.20	45.18
sed8a-72h	0.14	1.98	5.86	879	31.39	1.35	11.64	13.72
sed8a-76h	0.06	2.30	0.80	776	22.39	0.89	8.23	6.36

Annexe 28fiii) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

III-Fraction 3b : métaux liés aux hydroxydes de Fe et Mn.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed2-0h	0.66	15.24	2.28	4607	114.89	5.92	43.00	134.23
sed2a-45h	0.02	24.78	1.69	25097	30.71	5.51	0.00	40.24
sed2a-52h	0.02	16.64	0.84	17275	31.60	5.06	0.42	32.02
sed3-0h	2.47	8.00	8.66	8571	211.10	47.50	41.80	472.90
sed3a-45h	0.27	12.29	10.83	21453	62.48	35.82	12.71	128.09
sed3a-52h	0.19	9.75	11.66	16430	72.08	39.43	10.39	120.84
sed8-0h	0.45	11.18	2.64	5326	354.76	8.13	15.04	66.28
sed8a-72h	0.08	13.55	4.72	17451	72.89	5.54	8.01	38.39
sed8a-76h	0.02	11.05	1.43	12068	64.43	6.34	5.93	30.68

Annexe 28fiv) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

IV-Fraction H2O2 : métaux liés à la matière organique et aux sulfures.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed2-0h	2.16	15.60	91.60	2010	13.00	11.20	22.00	420.00
sed2a-52h	1.18	18.00	39.00	3800	15.40	10.20	0.20	282.00
sed3-0h	0.56	12.80	310.00	598	16.80	18.20	6.20	108.20
sed3a-52h	0.22	13.80	87.80	1734	11.80	18.40	5.60	49.00
sed8-0h	0.08	8.80	17.20	870	23.60	8.60	3.20	24.40
sed8a-72h	0.04	6.80	16.60	1466	11.20	6.60	4.60	16.40
sed8a-76h	0.02	8.00	7.40	1562	12.00	6.60	3.60	14.40

Annexe 28fv) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2,#3,#8.

V-Fraction HF : fraction résiduelle.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed2-0h	0.00	43.50	13.50	21380	269.70	13.50	46.50	67.00
sed2a-45h	0.15	57.00	14.50	27100	215.00	17.00	120.00	68.50
sed2a-52h	0.10	56.00	14.00	24750	210.00	16.50	118.50	69.50
sed3-0h	0.00	91.50	64.00	31950	337.00	80.50	14.50	111.50
sed3a-45h	0.10	90.00	34.50	32600	300.00	71.00	68.00	121.50
sed3a-52h	0.10	83.50	30.00	32000	275.00	62.00	62.50	117.00
sed8-0h	0.00	92.50	39.50	34860	386.20	39.00	21.50	90.50
sed8a-72h	0.10	92.50	29.00	34100	375.00	36.00	39.50	84.50
sed8a-76h	0.00	91.00	24.00	34050	375.00	35.50	41.00	81.00

Annexe 28g: Détermination de la concentration de l'ion libre dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une acidification avec HCl dans les sédiments #2, #3, #8.

			Concentration de Mz+(nmole/L)			
			Cu	Ni	Pb	Zn
séd.#2	avant trait.	(0h)	4.31	2.57	0.32	9.1
	après trait.	(45h)	0.59	0.44	0	0.5
	après trait.	(52h)	0.42	0.59	0.008	0.58
séd.#3	avant trait.	(0h)	5.93	5.82	0.11	8.06
	après trait.	(45h)	2.99	1.75	0.14	0.88
	après trait.	(52h)	4.19	2.52	0.015	1.09
séd.#8	avant trait.	(0h)	2.66	1.39	0.55	1.55
	après trait.	(45h)	1.45	0.29	0.009	0.27
	après trait.	(52h)	1.01	0.48	0.009	0.31

et pour déterminer Mz+ les constates employées sont

Cd	x=0.82	y=0.96 (Nom*Kom-Cd)=10-1.22 et (NFe*KFe-Cd)=10-2.38
Zn	x=1.26	(NFe*Km)=10-2.38
Ni	x=1.04	(NFe*Km)=10-2.29
Pb	x=0.81	(NFe*Km)=10+.67
Cu	x=0.64	(NFe*Km)=10+.10

Annexe 29a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel avec acidification des sédiments dès le départ (sed #3,#6,#11).

Echantillon	pH	POR	Al3092		Ca3158		Cd2288	
			Moyenne	% Sol.	Moyenne	% Sol.	Moyenne	% Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Séd.#3								
Totaux			58596.5	1757.90	7257.84	217.74	4.10	0.12
0h	3.31	240.00	15.19	0.91	96.78	46.67	0.06	46.94
6h	3.37	214.00	16.01	0.96	95.95	46.27	0.06	49.22
23h	3.02	380.00	36.43	2.18	118.17	56.99	0.11	91.12
30h	2.97	392.00	40.19	2.40	121.89	58.78	0.12	106.63
46h	2.81	436.00	51.59	3.08	125.16	60.36	0.16	133.32
décantation+ trait. au sel (0.5M)								
46h	2.79	473.00	20.88		81.09		0.07	
46.5h	2.71	465.00	22.00		111.55		0.06	
47h	2.73	462.00	20.25		98.06		0.05	
47.5h	2.82	458.00	20.46		98.16		0.06	
48h	2.75	449.00	20.64		111.64		0.06	
49h	2.78	446.00	21.02		114.49		0.08	
51h	2.87	437.00	22.57		112.06		0.06	
1 rincage a	3.07	431.00	12.11		64.05		0.04	
1 rincage b			10.58		62.72		0.04	
2 rincage a	3.10	452.00	3.68		31.27		0.02	
2 rincage b			8.79		57.13		0.03	
Séd.#6								
Totaux			70019.5	2100.58	10835.00	325.05	51.92	1.56
0h	3.43	219.00	311.68	15.58	221.80	71.65	0.04	2.62
6h	3.72	183.00	320.78	16.03	199.34	64.39	0.04	2.80
23h	3.54	298.00	313.88	15.69	181.82	58.73	0.78	52.76
30h	3.52	327.00	368.18	18.40	192.87	62.30	0.92	61.77
46h	3.05	391.00	413.20	20.65	185.39	59.88	0.95	64.07
décantation+ trait. au sel (0.5M)								
46h	3.11	395.00	152.80		110.75		0.37	
46.5h	3.13	387.00	158.67		130.23		0.38	
47.5	3.23	385.00	156.06		139.51		0.38	
48h	3.17	378.00	149.31		137.01		0.35	
49h	3.18	378.00	158.01		147.38		0.38	
51h	3.35	376.00	147.22		148.52		0.37	
1 rincage a	3.48	368.00	79.86		83.45		0.20	
1 rincage b			87.68		89.64		0.23	
2 rincage a	3.59	363.00	45.04		49.93		0.06	
2 rincage b			45.01		48.04		0.06	

Annexe 29a:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)
Séd.#3										
Totaux	154.41	4.63	436.20	13.09	45134.48	1354.03	17560.82	526.82	594.12	17.82
0h	0.06	1.38	1.11	8.92	373.75	28.98	16.62	3.31	15.88	93.57
6h	0.03	0.70	1.35	10.83	347.70	26.96	17.32	3.45	16.01	94.34
23h	0.03	0.66	5.31	42.61	226.68	17.58	22.60	4.50	18.03	106.24
30h	0.04	1.01	5.95	47.76	200.44	15.54	24.36	4.86	18.06	106.39
46h	0.02	0.56	7.13	57.19	142.47	11.05	25.03	4.99	18.49	108.95
décantation+ trait. au sel (0.5M)										
46h	0.01		3.64		53.11		10.14		6.39	
46.5h	-0.00		4.02		57.43		11.68		6.33	
47h	-0.01		3.38		50.91		10.25		5.31	
47.5h	0.02		3.41		52.51		11.43		5.03	
48h	-0.01		3.79		56.95		12.54		5.70	
49h	0.01		3.90		58.95		14.43		5.82	
51h	0.06		3.80		60.43		13.51		5.49	
1 rincage a	0.02		2.39		36.35		8.08		3.09	
1 rincage b	0.00		2.28		35.87		7.74		3.07	
2 rincage a	0.02		1.56		21.46		3.96		1.44	
2 rincage b	0.00		2.02		31.18		7.05		2.71	
Séd.#6										
Totaux	207.12	6.21	585.85	17.58	181773	5453.20	7596.00	227.88	300.80	9.02
0h	0.34	5.67	0.03	0.18	627.10	12.07	36.36	16.76	4.53	52.68
6h	0.30	5.00	0.01	0.08	608.69	11.72	33.54	15.45	4.44	51.69
23h	0.13	2.20	0.82	4.88	487.06	9.38	33.03	15.22	4.06	47.19
30h	0.19	3.28	2.62	15.64	456.99	8.80	34.30	15.80	4.23	49.21
46h	0.14	2.32	4.96	29.64	206.84	3.98	32.81	15.12	4.06	47.25
décantation+ trait. au sel (0.5M)										
46h	0.07		504.53		76.07		13.31		1.45	
46.5h	0.04		473.14		80.11		13.90		1.48	
47.5	0.07		506.23		80.16		13.79		1.45	
48h	0.03		465.07		77.91		13.50		1.42	
49h	0.06		496.25		83.89		14.81		1.49	
51h	0.03		463.39		79.61		14.95		1.40	
1 rincage a	0.03		961.07		44.04		9.19		0.75	
1 rincage b	0.04		968.85		48.85		10.06		0.83	
2 rincage a	-0.01		1918.35		26.01		6.84		0.41	
2 rincage b	-0.02		0.89		25.66		6.29		0.41	

Annexe 29a:

Echantillon	Ni2316		Pb		P_1774		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd.#3											
Totaux	170.34	5.11	90.16	2.70	1274.90	38.25	2039.54	61.19	952.99	28.59	-82.20
0h	1.51	31.04	0.00	0.00	-0.05	-0.13	1086.38	1864.30	17.90	65.72	-2.01
6h	1.54	31.74	0.00	0.00	-0.00	-0.00	1086.00	1863.65	19.07	70.04	-2.48
23h	1.84	37.71	0.20	7.76	0.05	0.14	347.94	597.09	26.03	95.60	-2.75
30h	1.87	38.43	0.20	7.76	0.08	0.21	353.84	607.21	27.74	101.88	-3.76
46h	1.96	40.25	0.30	11.65	0.04	0.11	361.20	619.84	31.57	115.95	-3.52
décantation trait. au sel (0.5M)											
46h	0.58		0.80		0.10		158.64		9.32		-3.36
46.5h	0.72		1.00		0.01		177.65		9.44		-6.43
47h	0.54		1.20		-0.04		153.27		8.46		-6.19
47.5h	0.53		1.00		0.22		146.63		8.05		-2.42
48h	0.64		1.20		0.10		164.92		8.63		-4.11
49h	0.64		1.20		0.05		162.63		8.74		-8.52
51h	0.67		1.40		0.33		158.72		9.02		-3.84
1 rincage a	0.36		0.50		0.06		1.92		5.96		-3.27
1 rincage b	0.39		0.40		0.09		2.01		5.20		-2.26
2 rincage a	0.21		0.20		-0.04		3.59		2.82		-0.94
2 rincage b	0.29		0.30		0.11		5.09		4.33		-1.70
Séd.#6											
Totaux	61.07	1.83	466.24	13.99	2263.60	67.91	17158.30	514.75	9955.41	298.66	837.49
0h	0.44	25.06	0.60	4.50	0.76	1.18	1090.77	222.50	88.93	31.27	41.15
6h	0.35	20.33	0.80	6.01	0.71	1.10	1132.96	231.10	104.18	36.63	45.78
23h	0.41	23.53	3.20	24.02	0.26	0.40	1153.16	235.22	192.06	67.52	34.83
30h	0.39	22.24	4.60	34.53	1.38	2.13	1177.44	240.18	210.61	74.04	44.41
46h	0.37	20.99	3.90	29.28	0.28	0.43	1180.85	240.87	212.48	74.70	25.51
décantation trait. au sel (0.5M)											
46h	0.15		5.60		-0.00		436.44		69.70		11.92
46.5h	0.16		6.00		0.00		457.74		71.19		11.49
47.5	0.19		5.90		0.04		465.22		70.37		15.58
48h	0.18		5.50		0.05		445.43		66.81		14.83
49h	0.17		5.80		0.10		476.98		70.80		9.68
51h	0.17		5.70		0.10		456.22		67.49		11.53
1 rincage a	0.10		2.50		-0.01		255.36		37.28		7.26
1 rincage b	0.13		2.80		0.02		279.56		40.95		9.45
2 rincage a	0.08		1.20		-0.01		149.53		21.53		5.47
2 rincage b	0.06		1.20		0.02		147.41		21.05		7.22

Annexe 29a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel avec acidification des sédiments dès le départ (sed #3,#6,#11).

Echantillon	pH	POR	Al3092		Ca3158		Cd2288		Cr2677	
			Moyenne	% Sol.	Moyenne	% Sol.	Moyenne	% Sol.	Moyenne	% Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Séd.#11										
Totaux a			69796.4	2093.89	11993.39	359.80	3.49	0.10	197.07	5.91
0h	3.60	222.00	23.72	1.19	126.11	36.80	0.01	14.32	0.05	0.82
6h	3.77	198.00	27.19	1.36	130.12	37.97	0.02	24.00	0.00	0.04
23h	2.83	430.00	64.71	3.24	163.45	47.70	0.07	70.78	0.04	0.71
30h	2.76	569.00	73.01	3.66	170.55	49.77	0.07	71.21	0.07	1.28
46h	2.76	538.00	76.60	3.84	173.25	50.56	0.07	73.44	0.10	1.79
décantation + trait. au sel (0.5M)										
a46h	2.82	487.00	30.58		91.86		0.03		0.02	
a46.5h	2.76	479.00	38.91		115.09		0.04		0.03	
a47h	2.81	466.00	34.88		113.36		0.04		0.06	
a47.5h	2.78	458.00	36.64		124.16		0.04		0.05	
a48h	2.80	457.00	36.73		124.87		0.04		0.06	
a49h	2.83	457.00	36.71		132.31		0.04		0.04	
a51h	2.76	446.00	35.28		127.08		0.05		0.04	
a1 rincage a	3.07	438.00	20.24		84.33		0.02		0.02	
a1 rincage b			23.61		95.31		0.02		0.04	
a2 rincage a	3.17	433.00	8.52		47.73		0.02		0.02	
a2 rincage b			9.47		48.28		0.01		0.01	
Totaux b			70760.0	2122.80	12240.00	367.20	3.81	0.11	201.80	6.05
b0h	3.50	226.00	35.43	1.75	157.29	44.98	0.01	13.21	0.08	1.31
b6h	3.70	207.00	43.04	2.13	150.69	43.09	0.02	19.68	0.04	0.72
b23h	2.81	423.00	73.19	3.62	191.01	54.62	0.06	57.88	0.07	1.20
b30h	2.76	553.00	87.41	4.32	220.03	62.92	0.09	82.48	0.09	1.57
b46h	2.74	537.00	91.94	4.55	226.16	64.67	0.07	63.15	0.12	2.08
décantation + trait. au sel (0.5M)										
b46h	2.79	494.00	48.28		152.61		0.02		0.03	
b46.5h	2.77	481.00	41.51		142.91		0.02		-0.02	
b47h	2.81	471.00	39.09		137.76		0.02		0.03	
b47.5h	2.78	461.00	43.30		164.92		0.02		0.01	
b48h	2.82	459.00	44.69		150.84		0.02		3.07	
b49h	2.83	452.00	41.58		161.11		0.03		0.26	
b51h	2.77	445.00	41.99		165.19		0.02		0.05	
b56h	2.97	439.00	42.74		173.20		0.03		0.00	
b67h	2.88	438.00	48.09		180.41		0.04		-0.02	
b1 rincage a	3.12	438.00	20.02		93.51		0.02		-0.00	
b1 rincage b			23.62		111.34		0.02		-0.02	
b2 rincage a	3.37	406.00	3.17		33.90		-0.01		-0.00	
b2 rincage b			3.39		35.38		0.00		-0.01	

Annexe 29a:

Echantillon	Cr2677		Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576	
	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)
Séd.#11										
Totaux a	197.07	5.91	130.69	3.92	43726	1311.77	17219.89	516.60	414.70	12.44
0h	0.05	0.82	0.01	0.26	382.88	30.65	29.95	6.09	6.18	52.12
6h	0.00	0.04	0.05	1.40	348.45	27.89	31.94	6.49	6.42	54.16
23h	0.04	0.71	1.05	28.05	97.66	7.82	43.41	8.82	7.34	61.93
30h	0.07	1.28	1.43	38.30	36.65	2.93	45.90	9.33	7.46	63.00
46h	0.10	1.79	1.61	43.21	24.99	2.00	46.75	9.50	7.11	60.03
décantation+ trait. au sel (0.5M)										
a46h	0.02		0.68		15.32		16.75		2.39	
a46.5h	0.03		0.80		21.01		20.32		2.71	
a47h	0.06		0.70		20.38		18.07		2.42	
a47.5h	0.05		0.76		21.91		20.22		2.54	
a48h	0.06		0.72		22.48		20.02		2.57	
a49h	0.04		0.77		21.92		21.43		2.59	
a51h	0.04		0.75		22.56		21.81		2.49	
a1 rincage a	0.02		0.55		15.20		14.60		1.54	
a1 rincage b	0.04		0.61		17.85		16.29		1.81	
a2 rincage a	0.02		0.34		9.90		8.84		0.93	
a2 rincage b	0.01		0.38		10.00		9.35		0.98	
Totaux b	201.80	6.05	142.40	4.27	45220	1356.60	17700.00	531.00	430.00	12.90
b0h	0.08	1.31	0.04	1.06	421.43	32.62	37.99	7.51	7.52	61.23
b6h	0.04	0.72	0.22	5.35	327.08	25.32	36.67	7.25	7.18	58.47
b23h	0.07	1.20	1.25	30.81	139.62	10.81	46.97	9.29	8.10	65.92
b30h	0.09	1.57	1.80	44.19	49.35	3.82	54.34	10.74	8.64	70.32
b46h	0.12	2.08	1.99	48.98	29.27	2.27	55.65	11.00	8.39	68.25
décantation+ trait. au sel (0.5M)										
b46h	0.03		1.05		19.88		24.02		3.38	
b46.5h	-0.02		0.90		19.82		20.27		2.83	
b47h	0.03		0.84		19.75		19.76		2.64	
b47.5h	0.01		0.92		21.94		23.30		2.89	
b48h	3.07		0.86		35.13		21.73		2.72	
b49h	0.26		0.88		23.54		24.40		2.79	
b51h	0.05		0.90		22.82		25.89		2.86	
b56h	0.00		0.92		24.62		27.44		2.99	
b67h	-0.02		1.03		21.08		29.85		3.16	
b1 rincage a	-0.00		0.55		12.13		15.23		1.60	
b1 rincage b	-0.02		0.63		14.04		17.41		1.86	
b2 rincage a	-0.00		0.21		4.91		5.37		0.56	
b2 rincage b	-0.01		0.22		5.25		5.89		0.59	

Annexe 29a:

Echantillon	Ni2316 Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Pb Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	P_1774 Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	S_1807 Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Zn2138 Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	C_1930 Moyenne (mg/L)	
Séd.#11												
Totaux a	91.78	2.75	379.73	11.39	1907.22	57.22	6833.46	205.00	2070.00	62.10	19286.87	578.61
0h	0.34	12.81	0.10	0.92	0.02	0.03	1140.69	584.24	33.62	56.85	3.91	
6h	0.39	14.86	0.40	3.69	-0.17	-0.30	1148.78	588.39	41.08	69.46	3.86	
23h	0.45	17.28	2.20	20.28	-0.01	-0.01	459.29	235.24	63.38	107.16	4.24	
30h	0.59	22.47	2.60	23.96	0.07	0.13	451.84	231.42	65.49	110.74	4.34	
46h	0.59	22.51	2.50	23.04	0.07	0.13	449.62	230.29	64.59	109.21	5.44	
décantation trait. au sel (0.5M)												
a46h	0.22		4.40		0.05		179.68		20.67		9.99	
a46.5h	0.24		6.20		0.11		204.07		22.57		14.03	
a47h	0.26		5.60		0.18		183.10		20.47		14.10	
a47.5h	0.34		5.80		0.16		196.52		21.17		13.98	
a48h	0.31		5.80		0.13		192.29		21.52		10.78	
a49h	0.30		5.60		0.16		195.85		21.56		13.65	
a51h	0.30		5.40		0.02		190.41		20.74		13.23	
a1 rincage a	0.16		2.90		0.13		125.36		13.04		7.64	
a1 rincage b	0.20		3.50		0.07		147.51		15.61		6.20	
a2 rincage a	0.13		1.30		0.08		79.03		8.08		10.39	
a2 rincage b	0.04		1.30		0.07		75.51		8.07		5.15	
Totaux b	95.26	2.86	379.73	11.39	1909.00	57.27	7239.00	217.17	2032.00	60.96	17640.00	529.20
b0h	0.26	9.67	0.30	2.77	0.01	0.03	1138.07	550.25	46.69	80.42	0.73	
b6h	0.35	13.00	0.80	7.37	-0.01	-0.02	1132.65	547.63	52.25	89.99	-1.09	
b23h	0.57	20.82	2.00	18.43	0.09	0.16	505.92	244.61	67.98	117.10	0.43	
b30h	0.61	22.47	2.70	24.89	0.07	0.12	491.97	237.86	74.73	128.72	1.58	
b46h	0.68	24.91	2.60	23.96	0.11	0.20	482.54	233.31	71.58	123.28	0.40	
décantation trait. au sel (0.5M)												
b46h	0.26		5.80		0.14		246.30		28.48		-5.01	
b46.5h	0.21		5.60		0.08		209.04		23.08		0.64	
b47h	0.22		5.20		0.16		201.64		22.03		-0.88	
b47.5h	0.22		5.80		0.16		221.51		24.05		-1.03	
b48h	0.17		5.20		0.26		204.45		22.55		4.21	
b49h	0.21		5.40		0.16		216.91		23.41		6.42	
b51h	0.25		5.60		0.05		221.39		23.87		5.78	
b56h	0.25		6.00		0.01		229.64		24.69		7.90	
b67h	0.28		6.20		0.14		243.67		26.66		10.12	
b1 rincage a	0.13		2.50		0.06		128.76		13.50		12.36	
b1 rincage b	0.18		2.80		-0.00		145.70		15.41		12.79	
b2 rincage a	0.08		0.50		-0.02		51.58		4.84		12.16	
b2 rincage b	0.09		0.60		0.03		53.87		5.17		10.78	

Annexe 29a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel avec acidification des sédiments dès le départ (sed #3,#6,#11).

Echantillon	pH	POR	Al3092		Ca3158		Cd2288		Cr2677	
			Moyenne	% Sol.	Moyenne	% Sol.	Moyenne	% Sol.	Moyenne	% Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Séd.#11										
Totaux a			66108.3	1983.25	11153.04	334.59	4.26	0.13	193.25	5.80
a2.0	3.53	225.00	32.44	1.72	152.80	47.95	0.01	6.58	0.08	1.43
a2.6	3.67	203.00	40.19	2.13	148.31	46.54	0.03	26.55	0.04	0.71
a2.23	2.76	429.00	77.56	4.11	196.60	61.69	0.07	59.41	0.05	0.86
a2.30	2.71	562.00	86.40	4.57	218.05	68.43	0.07	59.72	0.05	0.87
a2.46	2.77	542.00	96.53	5.11	250.02	78.46	0.09	72.76	0.10	1.76
décantation + trait. au sel (0.2M)										
a46h	2.87	481.00	42.89		110.50		0.08		0.05	
a46.5h	2.81	478.00	35.88		101.30		0.05		-0.01	
a47h	2.84	475.00	34.16		98.77		0.05		0.02	
a47.5h	2.69	474.00	32.43		96.68		0.05		0.05	
a48h	2.78	475.00	33.76		100.56		0.03		0.01	
a49h	2.80	476.00	38.15		112.00		0.04		0.06	
a51h	2.73	479.00	37.57		112.46		0.04		0.03	
a56h	2.91	482.00	37.40		108.92		0.05		0.02	
a67h	2.76	488.00	46.03		124.76		0.06		0.02	
a1 rincage a	3.00	477.00	21.79		71.01		0.03		0.01	
a1 rincage b			21.50		68.84		0.04		-0.00	
a2 rincage a	3.14	462.00	7.02		32.93		0.01		0.02	
a2 rincage b			8.23		37.12		0.02		-0.01	
Totaux b			71518.4	2145.55	12647.85	379.44	5.64	0.17	194.37	5.83
b2.0	3.59	222.00	22.20	1.09	132.07	36.55	0.01	8.55	0.07	1.31
b2.6	3.54	212.00	40.85	2.00	142.71	39.49	0.06	36.25	0.01	0.25
b2.23	2.80	452.00	75.82	3.71	193.43	53.53	0.09	56.22	0.07	1.35
b2.30	2.79	568.00	78.54	3.84	189.79	52.52	0.09	55.28	0.09	1.60
b2.46	2.82	541.00	83.58	4.09	192.02	53.14	0.11	65.37	0.09	1.71
décantation + trait. au sel (0.2M)										
b46h	2.90	473.00	29.47		80.02		0.04		0.00	
b46.5h	2.82	473.00	33.75		90.50		0.04		0.06	
b47h	2.87	471.00	36.24		91.46		0.04		0.01	
b47.5h	2.78	470.00	35.84		93.28		0.05		0.04	
b48h	2.83	469.00	34.27		90.49		0.04		-0.03	
b49h	2.81	471.00	34.37		95.60		0.04		0.01	
b51h	2.81	471.00	33.71		94.39		0.05		0.02	
b56h	2.98	473.00	32.91		90.31		0.04		-0.02	
b67h	2.86	478.00	39.34		101.44		0.04		-0.01	
b1 rincage a	3.03	467.00	20.38		62.99		0.03		0.01	
b1 rincage b			21.55		65.39		0.03		-0.00	
b2 rincage a	3.21	467.00	6.95		31.81		0.02		-0.02	
b2 rincage b			8.08		34.68		0.02		-0.03	

Annexe 29a:

Echantillon	Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576		Ni2316	
	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)
Séd.#11										
Totaux a	127.91	3.84	41610	1248.30	16448.29	493.45	394.79	11.84	87.23	2.62
a2.0	0.01	0.29	434.45	36.54	35.54	7.56	7.15	63.37	0.36	14.37
a2.6	0.19	5.17	363.19	30.55	35.87	7.63	7.05	62.49	0.40	15.95
a2.23	1.26	34.42	145.34	12.23	44.57	9.48	7.95	70.45	0.48	19.18
a2.30	1.64	44.78	51.77	4.35	48.02	10.22	8.24	73.02	0.58	23.28
a2.46	1.98	54.16	30.87	2.60	54.53	11.60	8.76	77.68	0.67	26.93
décantation trait. au sel (0.2M)										
a46h	0.90		17.71	3.08	21.13		3.12		0.34	
a46.5h	0.80		15.85	3.03	18.95		2.72		0.22	
a47h	0.79		14.83	3.00	18.33		2.64		0.27	
a47.5h	0.76		13.82	2.97	17.40		2.48		0.24	
a48h	0.77		14.25	2.99	17.63		2.52		0.22	
a49h	0.89		15.00	3.01	19.79		2.73		0.23	
a51h	0.96		12.69	2.94	20.86		2.81		0.38	
a56h	0.97		11.67	2.92	21.40		2.80		0.23	
a67h	1.22		11.47	2.91	25.15		3.12		0.35	
a1 rincage a	0.73		6.87	3.00	14.09		1.79		0.19	
a1 rincage b	0.68		6.59	2.99	14.04		1.73		0.16	
a2 rincage a	0.37		3.46	3.08	6.61		0.76		0.09	
a2 rincage b	0.41		4.09	3.10	7.19		0.90		0.10	
Totaux b	133.10	3.99	45305.42	1359.16	17827.07	534.81	437.52	13.13	93.02	2.79
b2.0	-0.01	-0.13	395.18	30.53	32.57	6.39	6.68	53.43	0.36	13.40
b2.6	0.26	6.84	277.38	21.43	35.22	6.91	7.00	56.01	0.41	15.50
b2.23	1.27	33.52	146.75	11.34	46.50	9.13	8.05	64.41	0.57	21.62
b2.30	1.49	39.16	28.10	2.17	46.61	9.15	7.49	59.90	0.56	21.01
b2.46	1.66	43.64	18.00	1.39	53.00	10.41	7.68	61.41	0.62	23.37
décantation trait. au sel (0.2M)										
b46h	0.71		10.62		17.43		2.54		0.25	
b46.5h	0.79		11.46		18.32		2.43		0.28	
b47h	0.72		12.15		17.10		2.41		0.23	
b47.5h	0.78		15.71		18.43		2.51		0.23	
b48h	0.73		12.97		18.46		2.38		0.24	
b49h	0.79		11.22		18.24		2.48		0.20	
b51h	0.83		11.20		18.63		2.47		0.23	
b56h	0.80		8.55		17.75		2.27		0.17	
b67h	1.01		7.73		20.37		2.56		0.25	
b1 rincage a	0.64		5.64		12.72		1.60		0.17	
b1 rincage b	0.67		5.80		13.59		1.71		0.17	
b2 rincage a	0.34		3.26		6.40		0.74		0.08	
b2 rincage b	0.37		3.73		7.00		0.85		0.09	

Annexe 29a:

Echantillon	Pb		P_1774		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	% Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd.#11									
Totaux a	379.73	11.39	1675.92	50.28	6743.10	202.29	2236.00	67.08	17256.32
a2.0	0.20	1.84	-0.02	-0.04	1128.11	585.54	42.08	65.87	12.46
a2.6	0.60	5.53	-0.04	-0.09	1127.81	585.39	49.08	76.82	10.34
a2.23	2.10	19.36	0.11	0.23	492.70	255.74	67.07	104.98	13.98
a2.30	2.50	23.04	0.14	0.30	469.36	243.62	68.36	107.00	16.36
a2.46	2.50	23.04	0.15	0.32	523.48	271.71	74.11	116.01	17.40
décantation trait. au sel (0.2M)									
a46h	3.00		0.20		188.85		24.39		12.86
a46.5h	3.20		0.16		174.52		22.30		3.09
a47h	3.20		0.26		171.19		21.76		-0.44
a47.5h	3.00		0.16		165.51		21.04		-1.25
a48h	3.20		0.15		167.96		21.12		-8.28
a49h	3.40		0.15		185.39		23.07		-5.04
a51h	3.60		0.08		188.20		23.31		-9.93
a56h	3.60		0.09		187.70		23.60		-7.90
a67h	4.40		0.12		218.50		26.45		-3.79
a1 rincage a	2.10		0.00		129.47		15.28		-4.47
a1 rincage b	2.00		0.10		126.00		14.90		-4.41
a2 rincage a	0.70		-0.01		62.68		6.64		-4.00
a2 rincage b	0.90		0.06		72.61		7.79		-4.41
Totaux b	379.73	11.39	1781.16	53.43	7101.33	213.04	2236.17	67.09	14064.74
b2.0	0.00	0.00	-0.01	-0.01	1135.02	559.41	31.09	48.66	-4.20
b2.6	0.70	6.45	-0.00	-0.01	1126.11	555.02	49.66	77.73	-5.76
b2.23	2.00	18.43	0.07	0.14	517.89	255.25	67.20	105.18	-3.14
b2.30	2.00	18.43	0.11	0.22	416.66	205.36	62.97	98.55	0.74
b2.46	2.10	19.36	0.12	0.23	433.90	213.85	66.27	103.72	-3.34
décantation trait. au sel (0.2M)									
b46h	2.40		0.14		156.39		21.27		-7.73
b46.5h	3.00		0.02		153.04		20.53		-4.18
b47h	3.20		0.14		156.22		20.70		15.33
b47.5h	3.20		0.31		157.69		20.98		6.01
b48h	3.40		0.35		154.34		20.30		4.13
b49h	3.40		0.13		163.71		21.22		5.80
b51h	3.20		0.15		153.83		20.42		21.67
b56h	3.00		0.07		150.89		19.60		21.38
b67h	3.60		0.23		173.37		22.71		10.02
b1 rincage a	1.90		0.02		110.79		13.83		6.71
b1 rincage b	2.00		0.03		117.54		14.75		5.26
b2 rincage a	0.70		-0.00		59.15		6.84		4.41
b2 rincage b	0.80		0.07		65.09		7.64		5.46

Annexe 29b: Suivi des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

Echantillon	Pb		Cu		Ni		Cr	
	Moyenne		Moyenne		Moyenne		Moyenne	
Sédiment Bru	(mg/kg sédsec)		(mg/kg sédsec)		(mg/kg sédsec)		(mg/kg sédsec)	
séd#6	466.24		480.53		36.03		192.19	
séd#3	90.16		405.72		157.78		159.58	
séd#11	379.73		132.20		78.99		200.438	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
séd#6								
46h	310.85	33.33	340.10	29.22	29.26	18.80	186.51	2.96
46.5h	296.60	36.39	363.18	24.42	35.32	1.98	223.96	-16.53
48h	211.37	54.66	344.63	28.28	32.17	10.73	225.16	-17.15
1R	218.00	53.24	322.90	32.80	31.45	12.71	198.00	-3.02
2R	243.00	47.88	387.50	19.36	34.20	5.08	230.3	-19.83
séd#3								
46h	77.83	13.68	192.72	52.50	129.71	17.79	122.29	23.37
46.5h	76.48	15.17	181.64	55.23	143.4	9.11	148.18	7.15
48h	69.999	22.36	180.31	55.56	139.33	11.69	151.63	4.98
2R	53	41.22	156	61.55	124.45	21.12	126.77	20.56

Annexe 29b:

Echantillon	Cd		Zn		Mn		Fe	
Sédiment Brut	Moyenne (mg/kg sédsec)		moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)	
séd#6	38.53		10183		286.65		181697	
séd#3	4.5		952.99		642.84		48145	
séd#11	5.4		2070		436.5		45692	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
séd#6								
46h	14.63	62.05	3328.24	67.32	233.24	18.63	163468	10.03
46.5h	12.11	68.58	2703.27	73.45	236.85	17.37	189216	-4.14
48h	0.00	100.00	2620.07	74.27	197.72	31.02	181686	0.01
1R	11.56	70.01	2556.00	74.90	212.50	25.87	177967	2.05
2R	12.58	67.36	2913.5	71.39	241.8	15.65	204865	-12.75
séd#3								
46h	0	100.00	391.35	58.93	453.24	29.49	57814	-20.08
46.5h	0	100.00	363.758	61.83	446.4996	30.54	65151	-35.32
48h	0	100.00	384.4334	59.66	452.41	29.62	65281	-35.59
2R	0	100.00	350	63.27	412.14	35.89	52000	-8.01

Annexe 29b: Suivi des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

Echantillon	Pb		Cu		Ni		Cr	
Sédiment Brut séd#11	Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)	
0.5M								
a.46h	214.656	43.47	67.08	49.26	62.61	20.73	183.35	8.53
a.46.5h	202.996	46.54	58.762	55.55	64.104	18.84	208.338	-3.94
a.48h	178.157	53.08	57.47	56.53	57.47	27.24	195.398	2.51
1R	198.68	47.68	58.4	55.82	60.56	23.33	166.99	16.69
2R	183.75	51.61	51.22	61.26	55.05	30.30	150.14	25.09
b.46h	291.258	23.30	61.78	53.27	61.78	21.78	185.346	7.53
b.46.5h	256.704	32.40	55	58.40	61.12	22.62	220.032	-9.78
b.48h	182.09	52.05	55.18	58.26	55.18	30.14	187.6	6.40
1R	203	46.54	64.26	51.39	65.35	17.26	179.6	10.40
2R	174	54.18	61.4	53.56	65.3	17.33	177.398	11.49
0.2M								
a.46h	276.5	27.19	66.37	49.80	66.37	15.97	180.66	9.87
a.46.5h	183.49	51.68	57.34	56.63	51.606	34.66	200.69	-0.13
a.48h	272.27	28.30	105.196	20.43	74.256	5.99	228.956	-14.23
1R	218.2	42.54	56.6	57.19	58.98	25.33	163.08	18.64
2R	226.71	40.30	54.53	58.75	59.41	24.78	163.59	18.38
b.46h	316.57	16.63	65.32	50.59	60.3	23.66	195.97	2.23
b.46.5h	260.4	31.42	65.1	50.76	52.08	34.06	214.83	-7.18
b.48h	229.748	39.50	78.598	40.55	60.46	23.45	205.564	-2.56
1R	200.5	47.20	53.39	59.61	55.47	29.77	141.98	29.17
2R	244.35	35.65	57.28	56.67	58.74	25.63	154.44	22.95

Annexe 29b:

Echantillon	Cd		Zn		Mn		Fe	
Sédiment Brut séd#11	Moyenne (mg/kg sédsec)		moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)	
0.5M								
a.46h	0	100.00	540.21	73.90	361.82	17.18	64531	-41.23
a.46.5h	0	100.00	533.36	74.23	340.65	22.03	67897	-48.60
a.48h	0	100.00	432.04	79.13	314.82	27.94	61435	-34.46
1R	0	100.00	418.78	79.77	351.5	19.54	66976	-46.58
2R	0	100.00	370.67	82.09	308.19	29.46	57228	-25.25
b.46h	0	100.00	511.46	75.29	358.02	18.05	64253	-40.62
b.46.5h	0	100.00	432.79	79.09	350.46	19.78	69677	-52.49
b.48h	0	100.00	389.019	81.21	325.17	25.57	62684	-37.19
1R	0	100.00	406.91	80.34	344.11	21.24	66323	-45.15
2R	0	100.00	382.5	81.52	341	21.95	65068	-42.41
0.2M								
a.46h	0	100.00	518.02	74.97	359.85	17.63	65739	-43.87
a.46.5h	0	100.00	386.52	81.33	319.49	26.87	62214	-36.16
a.48h	0	100.00	488.29	76.41	381.38	12.71	78030	-70.77
1R	0	100.00	398.8	80.73	345	21.03	68845	-50.67
2R	0	100.00	407.5	80.31	360	17.60	71367	-56.19
b.46h	0	100.00	564.81	72.71	367.07	15.98	5339	88.32
b.46.5h	0	100.00	469.04	77.34	348.41	20.25	3551	92.23
b.48h	0	100.00	460.1	77.77	342.0222	21.71	3856	91.56
1R	0	100.00	388.9	81.21	324.5	25.73	62919	-37.70
2R	0	100.00	428.9	79.28	344.9	21.06	67071	-46.79

Annexe 29c:

Suivi de l'As et du Hg dans
les essais de solubilisation des métaux
à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O
suivi d'une décantation et d'un traitement au sel
dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification
des sédiments dès le départ.

Echantillon	As Moyenne (mg/kg sed sec)		Hg Moyenne (mg/kg sed sec)	
sédiment brut				
séd #6	43.25		15.80	
séd #3	17.00		0.26	
séd #11	17.00		2.32	
sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
séd #6				
0h	32.00	26.01	19.00	-20.25
fin du traitement	0.01	99.98	0.00	99.99
séd #3				
0h	3.50	79.41	0.29	-13.28
fin du traitement	12.00	29.41	0.53	-107.03
séd #11(0.2MNaCl)				
a0h	0.01	99.97	0.00	99.87
b0h	14.00	17.65	1.80	22.41
a.fin du traitement	17.00	0.00	2.50	-7.76
b.fin du traitement	10.00	41.18	2.90	-25.00

Annexe 29d: Evaluation des solides totaux et volatils en suspension (MES, MVS) dans le surnageant des décantations faites dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3, #6, #11 avec acidification des sédiments au départ.

Echantillon	MES (mg sol.susp.tot./L)	MVS (mg sol.vol./L)
Après traitement biologique		
Séd#3	0.08	0.01
Séd#6	0.19	0.06
Séd#11a(.5MNaCl)	0.07	0.01
Séd#11b(.5MNaCl)	0.07	0.01
Séd#11a(.2MNaCl)	0.06	0.01
Séd#11b(.2MNaCl)	0.06	-
Après traitement au sel		
Séd#3	0.14	0.01
Séd#6	0.08	0.02
Séd#11a(.5MNaCl)	0.16	0.03
Séd#11b(.5MNaCl)	0.06	0.02
Séd#11a(.2MNaCl)	0.05	-
Séd#11b(.2MNaCl)	0.06	-
Après 1 rinçage		
Séd#3	1.47	0.14
Séd#6	0.04	0.01
Séd#11a(.5MNaCl)	0.125	0.03
Séd#11b(.5MNaCl)	0.066	0.01
Séd#11a(.2MNaCl)	0.26	0.06
Séd#11b(.2MNaCl)	0.11	0.014

Annexe 29e: Estimation de la solubilisation de la matière organique d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO4.7H2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel les sédiments #3,#6,#11 avec acidification au départ des sédiments.

Echantillon	Début (% SV)	Fin (% SV)
Séd#6	15.24	12.64
Séd#11	15.7	19.99

Annexe 29fi) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

I-Métaux totaux

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed3-0h*	3.03	114.44	458.62	42904	950.35	159.31	89.30	1195.00
sed3-fin*	0.55	107.81	153.00	47266	320.60	116.60	57.50	305.90
sed6-0h+c*	45.22	173.31	532.80	135314	243.00	42.00	471.80	9412.00
sed6-0h	45.96	83.58	551.43	135252	258.80	42.80	479.00	9716.60
sed6-fin*	13.46	186.22	356.02	138967	200.00	33.40	241.00	2628.00
sed11A.5-0h*	3.83	170.02	125.48	38785	488.00	78.80	378.00	2478.00
sed11A.5-fin*	0.81	173.98	62.47	57478	296.00	60.50	198.00	377.00

* + chaux
(0.05 g/g séd sec)

Annexe 29fii) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

II-Fraction NaOAc : incluant MgCl2, fraction échangeable + métaux liés aux carbonates

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed3-0h*	3.00	2.14	75.96	1785	384.90	13.11	26.78	502.97
sed3-fin*	0.11	2.01	12.23	1990	6.39	2.37	12.96	18.26
sed6-0h+c*	0.17	14.01	0.52	2637	39.45	5.09	81.70	684.11
sed6-0h	0.14	16.08	0.62	2617	41.05	4.93	69.06	616.75
sed6-fin*	0.57	24.72	20.77	2918	3.04	1.42	77.91	92.19
sed11A.5-0h*	0.45	7.22	0.19	1425	136.97	5.55	158.26	935.68
sed11A.5-0h*	0.10	8.98	3.15	1720	4.78	1.62	48.54	39.18

*+ chaux
(0.05 g/g séd.sec)

Annexe 29fiii) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

III-Fraction 3b : métaux liés aux hydroxydes de Fe et Mn.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed3-0h*	2.47	8.02	8.66	8571	211.12	47.50	41.80	472.91
sed3-fin*	0.15	8.47	9.11	14150	46.60	29.44	20.55	97.44
sed6-0h*	28.19	73.81	2.81	12431	34.53	8.20	264.38	5645.85
sed6-0h	28.16	39.00	2.81	11853	34.61	8.22	273.17	5986.91
sed6-fin*	0.52	64.29	4.75	16871	12.94	3.88	76.16	345.18
sed11A.5-0h*	2.72	34.53	3.79	7412	92.65	13.69	145.93	1301.32
sed11A.5-fin*	0.30	35.61	3.82	21240	33.92	5.30	62.11	165.34

*+ chaux
(0.05 g/g séd. sec)

Annexe 29 fiv) :Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

IV-Fraction H2O2 : métaux liés à la matière organique et aux sulfures.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed3-0h*	0.56	12.80	310.00	598	16.80	18.20	6.20	108.20
sed3-fin*	0.14	11.80	98.00	1176	14.20	13.80	4.00	43.40
sed6-0h+c*	8.16	18.00	344.00	1146	4.00	5.20	46.20	1864.00
sed6-0h	8.86	11.52	350.00	982	3.20	5.20	49.80	1964.00
sed6-fin*	2.98	21.20	148.00	1628	4.60	3.60	16.20	976.00
sed11A.5-0h*	0.66	22.80	90.00	2248	18.80	9.60	32.20	142.60
sed11A.5-0h*	0.16	19.40	28.00	2568	17.40	6.60	19.00	57.00

*+ chaux
(0.05 g/g séd. sec)

Annexe 29 fv) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3,#6,#11 avec acidification des sédiments au départ.

V-Fraction HF :fraction résiduelle.

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
sed3-0h*	0.00	91.50	64.00	31950	337.50	80.50	14.50	111.45
sed3-fin*	0.15	85.50	34.00	29950	300.00	71.00	20.00	146.75
sed6-0h+c*	8.70	67.50	185.50	119100	165.00	23.50	79.50	1218.00
sed6-0h	8.80	17.04	198.00	119800	180.00	24.50	87.00	1149.00
sed6-fin*	9.40	76.00	182.50	117550	180.00	24.50	71.00	1215.00
sed11A.5-0h*	0.00	105.50	31.50	27700	240.00	50.00	42.00	98.85
sed11A.5-0h*	0.25	110.00	27.50	31950	240.00	47.00	61.50	117.40

*+ chaux
(0.05 g/g séd. sec)

Annexe 29g: Détermination de la concentration de l'ion libre dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #3, #6, #11 avec acidification des sédiments au départ.

Concentration de Mz+(nmole/L)

		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
séd.#3	avant trait.		5.93	5.84	0.11	8.06
	après trait.		3.81	2.19	0.033	1.06
séd.#6	avant trait.*	122	0.87	0.35	0.27	30.7
	avant trait.**	114.6	0.92	0.36	0.29	34.1
	après trait.	34.2	1.09	0.12	0.057	1.38
séd.#11	avant trait.		3.34	15.4	0.45	31.2
	après trait.		1.17	2.08	0.067	1.38

*avec chaux
**sans chaux

et pour déterminer Mz+ les constates employées sont

Cd	x=0.82	y=0.96 (Nom*Kom-Cd)=10-1.22 et (NFe*KFe-Cd)=10-2.38
Zn	x=1.26	(NFe*Km)=10-2.38
Ni	x=1.04	(NFe*Km)=10-2.29
Pb	x=0.81	(NFe*Km)=10+.67
Cu	x=0.64	(NFe*Km)=10+.10

Annexe 30a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel sans acidification des sédiments au départ (séd#11).

Echantillon	pH	POR	Al3092		Ca3158		Cd2288		Cr2677	
			Moyenne	Sol.	Moyenne	Sol.	Moyenne	Sol.	Moyenne	Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Série#1										
Totaux			62460.0	1873.80	11473.0	344.19	4.26	0.13	178.66	5.36
0h	3.47	289.00	18.63	1.04	104.30	31.82	0.01	11.34	0.13	2.63
7h	3.02	374.00	34.36	1.93	128.50	39.20	0.05	38.70	0.96	18.81
24h	2.67	431.00	58.09	3.26	156.20	47.65	0.57	467.49	0.11	2.06
31h	2.74	449.00	66.15	3.71	169.00	51.56	0.08	61.95	0.13	2.58
48h	2.45	470.00	81.04	4.54	170.40	51.98	0.10	79.78	0.26	5.12
décantation + trait. au sel (0.5M)										
48h	2.60	470.00	21.77		85.54		0.03		0.06	
48.5h	2.48	510.00	21.97		110.70		0.03		0.06	
49h	2.53	505.00	21.72		118.10		0.03		0.06	
50h	2.51	500.00	22.61		131.20		0.03		0.06	
1 rincage a			5.45		54.02		0.02		0.03	
1 rincage b			5.97		59.04		0.02		0.01	

Annexe 30a:

Echantillon	Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576		Ni2316	
	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)
Série#1										
Totaux	127.00	3.81	56868.0	1706.04	16335.3	490.06	407.08	12.21	84.35	2.53
0h	0.04	1.19	727.90	44.80	22.25	4.77	8.58	73.76	0.39	16.11
7h	0.41	11.33	539.00	33.17	29.59	6.34	9.50	81.64	0.47	19.67
24h	0.99	27.31	261.30	16.08	42.28	9.06	9.90	85.14	0.61	25.23
31h	1.16	32.05	185.80	11.44	47.62	10.20	10.03	86.24	0.64	26.72
48h	1.62	44.51	624.40	38.43	48.66	10.43	13.08	112.46	0.87	36.25
décantation + trait. au sel (0.5M)										
48h	0.51		121.10		13.14		2.85		0.19	
48.5h	0.62		121.10		14.01		2.83		0.17	
49h	0.67		118.10		14.94		2.83		0.17	
50h	0.72		114.00		16.79		2.90		0.16	
1 rincage a	0.32		36.20		8.81		0.96		0.07	
1 rincage b	0.33		39.21		9.46		1.02		0.07	

Annexe 30a:

Echantillon	Pb		P_1774		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Série#1									
Totaux	374.38	11.2	1745.8	52.4	7658.2	229.7	1831.1	54.9	15870.0
0h	0.10	0.93	0.00	0.00	559.80	255.84	23.98	45.84	14.08
7h	0.70	6.54	0.00	0.00	538.80	246.25	50.33	96.20	0.00
24h	1.70	15.89	0.01	0.01	501.00	228.97	59.41	113.56	0.00
31h	1.90	17.76	0.07	0.14	498.60	227.87	64.38	123.06	0.00
48h	2.20	20.57	0.54	1.08	872.70	398.85	67.69	129.38	0.00
décantation + trait. au sel (0.5M)									
48h	2.60		0.00		206.40		13.63		0.00
48.5h	3.00		0.00		220.00		13.86		0.00
49h	3.20		0.00		219.40		13.58		0.00
50h	3.10		0.01		223.40		13.77		0.00
1 rincage a	0.90		0.00		80.79		4.91		0.00
1 rincage b	1.00		0.01		86.41		5.27		0.00

Annexe 30a:

Echantillon	pH	POR (mV)
Contrôle stérile a		
0h	4.30	149.00
7h	4.45	180.00
24h	4.33	206.00
32h	4.18	230.00
48h	4.05	211.00
Contrôle stérile b		
0h	4.55	126.00
7h	4.38	185.00
24h	4.25	208.00
32h	4.21	219.00
48h	3.98	214.00
Contrôle non-stérile		
0h	5.38	109.00
7h	3.78	262.00
24h	3.23	347.00
32h	3.15	336.00
48h	3.08	349.00

Annexe 30a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel sans acidification des sédiments au départ (séd#11).

	pH	POR	Cd2288		Cr2677		Cu3247		Fe2395	
		(mV)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)
0% d'inocul +10%FeSO4.7H2O										
Totaux			0.00	0.00	169.76	5.09	110.34	3.31	87511.28	2625.34
2h	3.76	256.00	0.02	0.00	0.05	0.93	0.04	1.30	581.29	23.25
5h	3.53	295.00	0.04	0.00	0.04	0.78	0.15	4.83	500.03	20.00
22h	3.50	296.00	0.07	0.00	0.00	0.07	0.38	12.12	317.28	12.69
29h	3.46	296.00	0.07	0.00	0.01	0.23	0.49	15.46	270.13	10.80
48h	3.42	316.00	0.08	0.00	0.01	0.28	0.68	21.52	217.93	8.72
72h	3.12	359.00	0.09	0.00	0.02	0.37	1.24	39.49	184.21	7.37
20% inocul. +10%FeSO4.7H2O										
Totaux			6.46	0.19	142.12	4.26	116.28	3.49	76099.00	2282.97
2h	3.59	295.00	0.05	25.85	0.02	0.55	0.18	5.45	455.74	20.96
5h	3.50	310.00	0.05	27.83	0.02	0.55	0.33	10.01	461.68	21.23
22h	3.15	360.00	0.08	45.29	0.03	0.83	0.89	26.87	251.06	11.55
29h	3.07	377.00	0.10	54.07	0.04	0.91	1.18	35.44	199.42	9.17
48h	2.88	467.00	0.11	59.01	0.03	0.80	1.73	52.05	36.54	1.68

Annexe 30a:

	Mn2576		Ni2316		Pb		Zn2138	
	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)
0% d'inocul +10%FeSO4.7H2O								
Totaux	822.48	24.67	67.90	2.04	348.01	10.44	3244.96	97.35
2h	7.41	31.51	0.33	17.04	0.40	4.02	30.37	32.76
5h	7.58	32.27	0.38	19.41	0.50	5.03	36.55	39.42
22h	8.32	35.41	0.42	21.41	0.70	7.04	47.39	51.11
29h	8.15	34.68	0.43	21.91	0.80	8.05	46.80	50.48
48h	8.59	36.55	0.49	25.30	0.80	8.05	50.86	54.86
72h	9.82	41.80	0.63	32.71	1.30	13.07	58.46	63.05
20% inocul. +10%FeSO4.7H2O								
Totaux	717.71	21.53	77.52	2.33	348.84	10.47	2908.94	87.27
2h	7.47	36.45	0.39	17.76	0.60	6.02	39.57	47.61
5h	8.65	42.18	0.53	24.08	0.80	8.03	48.55	58.41
22h	8.98	43.79	0.52	23.32	1.30	13.04	56.39	67.85
29h	9.62	46.93	0.67	30.13	1.80	18.06	61.06	73.47
48h	9.76	47.62	0.73	33.10	2.10	21.07	63.58	76.50

Annexe 30b: Suivi des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

Echantillon	Pb Moyenne (mg/kg sédsec)		Cu Moyenne (mg/kg sédsec)		Ni Moyenne (mg/kg sédsec)		Cr Moyenne (mg/kg sédsec)	
Sédiment Brut Série #1								
sed#11	374.38		123.21		71.08		170.60	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
48h	267.36	28.59	53.47	56.60	57.93	18.50	164.87	3.36
50h	178.89	52.22	45.87	62.77	59.63	16.11	160.55	5.89
a.R	174.08	53.50	44.10	64.21	60.35	15.10	150.87	11.57
b.R	176.53	52.85	44.13	64.18	64.90	8.69	155.76	8.70
Sédiment Brut Série #2								
sed#11a	348.01		110.34		67.90		169.76	
sed#11b	348.84		116.28		77.52		142.12	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
0% FeSO4.7H2O +trait au sel								
51h	254.51	26.87	41.05	62.80	53.36	21.42	172.41	-1.56
10% FeSO4.7H2O + trait au sel								
72.25h	274.48	21.32	46.29	60.19	56.22	27.48	181.87	-27.97

Annexe 30b:

Echantillon	Zn Moyenne (mg/kg sédsec)		Mn moyenne (mg/kg sédsec)		Fe Moyenne (mg/kg sédsec)	
Sédiment Brut Série #1						
sed#11	1949.62		436.69		60137.91	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
48h	584.18	70.04	381.86	12.56	97096.00	-61.46
50h	453.33	76.75	367.69	15.80	94400.46	-56.97
a.R	424.04	78.25	343.51	21.34	84252.00	-40.10
b.R	416.14	78.66	345.00	21.00	83175.00	-38.31
Sédiment Brut Série #2						
sed#11a	3244.92		822.48		87511.28	
sed#11b	2908.93		717.71		76098.80	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
0% FeSO4.7H2O +trait au sel						
51h	354.75	89.07	320.23	61.07	76763.50	12.28
10% FeSO4.7H2O + trait au sel						
72.25h	407.75	85.98	344.92	51.94	80227.82	-5.43

Annexe 30c: Suivi de l'As et du Hg dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O dans les sédiments #11 suivi d'une décantation et d'un traitement au sel sans acidification des sédiments au départ.

Echantillon	As Moyenne (mg/kg sed sec)		Hg Moyenne (mg/kg sed sec)	
sédiment brut séd #11	17.00		2.32	
sédiments traités et filtrés séd #11		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
0h	0.04	99.76	0.06	97.41
fin du traitement	12.00	29.41	2.40	-3.45

Annexe 30d: Evaluation des solides totaux et volatils en suspension (MES, MVS) dans le surnageant des décantations faites dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

Echantillon	MES (mg sol.susp.tot./L)	MVS (mg sol.vol./L)
Après traitement biologique		
Séd#11A	0.09	0.01
Après traitement au sel		
Séd#11A	0.07	0.01

Annexe 30e: Estimation de la solubilisation de la matière organique d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi d'une décantation et d'un traitement au sel sans acidification des sédiments au départ.

*Données non-disponibles

Annexe30fi) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

I-Métaux totaux

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	3.940	182.52	137.97	51750	369.7	70.40	379.0	1771.6
séd11-fin*	0.477	155.35	48.86	76259	300.0	57.60	163.6	351.0

* + chaux
(0.05g chaux/g séd.sec)

Annexe30fii) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

II-Fraction NaOAc: (fraction échangeable +métaux liés aux carbonates)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	2.046	7.52	9.23	1361	35.2	4.28	155.1	892.4
séd11-fin*	0.077	6.05	1.25	2535	5.8	1.63	25.0	27.8

*+chaux
(0.05g chaux/g séd. sec)

Annexe30fiii) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

III-Fraction 3b: (metaux liés aux hydroxydes de Fe et Mn)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	1.44	43.0	4.24	17673	67.8	10.6	119.7	690.8
séd11-fin*	0.17	41.0	3.61	38546	42.5	5.3	35.1	182.7

*+chaux
(0.05g/g séd. sec)

Annexe30fiv) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

IV-Fraction H2O2 :(métaux liés a la matière organique et aux sulfures)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	0.40	20.0	92	2616	19.2	8.00	21.0	92.2
séd11-fin*	0.18	10.8	24	3428	19.0	6.20	3.0	52.8
*+chaux (0.05g/g séd.sec)								

Annexe30fv) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

V-Fraction HF: (fraction résiduelle)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	0.05	112.0	32.5	30100	247.5	47.5	83.5	96.2
séd11-fin*	0.05	97.5	20.0	31750	232.5	44.5	100.5	87.5

*+chaux
(0.05g/g séd.sec)

Annexe 30g: Détermination de la concentration de l'ion libre dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

Concentration de Mz+(nmole/L)

		Cu	Ni	Pb	Zn
séd.#11	avant trait.	1.57	5.01	0.15	6.96
	après trait.	0.61	1.15	0.021	0.84

et pour déterminer Mz+ les constates employées sont

Cd	x=0.82	y=0.96 (Nom*Kom-Cd)=10-1.22 et (NFe*KFe-Cd)=10-2.38
Zn	x=1.26	(NFe*Km)=10-2.38
Ni	x=1.04	(NFe*Km)=10-2.29
Pb	x=0.81	(NFe*Km)=10+.67
Cu	x=0.64	(NFe*Km)=10+.10

Annexe 31a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au FeCl3 sans acidification des sédiments au départ (séd#11).

Echantillon	pH	POR	Al3092		Ca3158		Cd2288		Cr2677	
			Moyenne	Sol.	Moyenne	Sol.	Moyenne	Sol.	Moyenne	Sol.
		(mV)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
Séd#11 Série#1										
Totaux			62460.00	1873.80	11473.00	344.19	4.26	0.13	178.66	5.36
0h	3.59	276.00	12.59	0.68	97.65	28.24	0.01	7.23	0.23	4.56
7h	2.98	384.00	33.31	1.79	115.80	33.49	0.04	34.00	0.12	2.42
24h	2.67	445.00	52.30	2.82	140.70	40.69	0.06	46.54	0.10	2.05
31h	2.72	468.00	59.57	3.21	148.80	43.03	0.07	54.38	0.10	1.93
48h	2.45	476.00	75.47	4.06	165.60	47.89	0.08	61.15	0.19	3.77
décantation + 0.08 mL FeCl 3										
48h	2.33	570.00	14.41		27.13		0.02		0.21	
48.5h	2.24	561.00	15.12		27.74		0.02		0.21	
49h	2.27	506.00	15.74		28.89		0.02		0.20	
50h	2.26	549.00	17.32		30.82		0.02		0.23	
1 rincage a			5.98		12.55		0.00		0.08	
1 rincage b			6.18		13.06		0.01		0.05	

Annexe 31a:

Echantillon	Cu3247		Fe2395		Mg2790		Mn2576		Ni2316	
	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)
Séd#11 Série#1										
Totaux	127.00	3.81	56868.00	1706.04	16335.33	490.06	407.08	12.21	84.35	2.53
0h	0.03	0.72	673.20	40.89	20.12	4.25	7.87	67.00	0.33	13.01
7h	0.42	11.29	415.70	25.25	26.58	5.61	8.30	70.69	0.40	15.63
24h	0.95	25.73	183.10	11.12	37.48	7.91	8.63	73.46	0.50	19.54
31h	1.11	29.99	127.30	7.73	40.46	8.54	8.77	74.64	0.52	20.36
48h	1.57	42.33	545.60	33.14	46.93	9.90	12.29	104.66	0.85	33.31
décantation + 0.08 mL FeCl3										
48h	0.37		381.60		7.30		2.97		0.17	
48.5h	0.45		358.70		7.55		2.94		0.16	
49h	0.48		355.00		7.78		2.97		0.15	
50h	0.55		358.60		8.51		3.08		0.19	
1 rincage a	0.25		102.50		3.06		1.02		0.08	
1 rincage b	0.25		106.30		3.25		1.06		0.07	

Annexe 31a:

Echantillon	Pb		P_1774		S_1807		Zn2138		C_1930
	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)
Séd#11 Série#1									
Totaux	374.38	11.2	1745.8	52.4	7658.2	229.7	1831.1	54.9	15870.0
0h	0.00	0.00	0	0.00	485.7	221.74	22.07	40.42	0
7h	1.00	9.05	0	0.00	440.8	201.24	44.47	81.45	0
24h	1.60	14.48	0.0305	0.02	411.9	188.05	51.58	94.47	0
31h	1.80	16.29	0	0.00	411.5	187.86	55.13	100.98	0
48h	2.20	19.91	0.4704	0.29	771.2	352.08	62.69	114.82	0
décantation + 0.08 mL FeCl3									
48h	1.30		0.1066		112.2		9.387		0
48.5h	1.60		0.0466		110.9		9.534		0
49h	1.60		0.0968		111.1		9.702		0
50h	1.70		0.0968		116.4		10.34		0
1 rincage a	0.60		0.0009		43.5		3.563		0
1 rincage b	0.70		0		45.75		3.768		0

Annexe 31a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au FeCl3 sans acidification des sédiments au départ (séd#11).

Série#2

Echantillon	pH	POR	Cd2288		Cr2677		Cu3247		Fe2395	
		(mV)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)
20% inocul.										
Totaux			6.46	0.19	142.12	4.26	116.28	3.49	76099.00	2282.97
2h	3.59	295.00	0.05	25.85	0.02	0.55	0.18	5.45	455.74	20.96
5h	3.50	310.00	0.05	27.83	0.02	0.55	0.33	10.01	461.68	21.23
22h	3.15	360.00	0.08	45.29	0.03	0.83	0.89	26.87	251.06	11.55
29h	3.07	377.00	0.10	54.07	0.04	0.91	1.18	35.44	199.42	9.17
48h	2.88	467.00	0.11	59.01	0.03	0.80	1.73	52.05	36.54	1.68
+20%FeSO4. 7H2O 0.082mLFeCl3										
49h	2.88	510.00								
53h	2.79	375.00								
+.041mL FeCl3										
72h	2.38	486.00	0.14		0.22		2.93		392.40	
72.25h	2.19	563.00	0.11		0.30		1.99		456.72	
72.5h	2.19	563.00	0.07		0.29		1.79		447.08	
92h	2.07	599.00	0.08		0.46		2.19		431.53	

Annexe 31a:

Série#2

Echantillon	Mn2576		Ni2316		Pb		Zn2138	
	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)	Moyenne (mg/L)	Sol. (%)
20% inocul.								
Totaux	717.71	21.53	77.52	2.33	348.84	10.47	2908.94	87.27
2h	7.47	36.45	0.39	17.76	0.60	6.02	39.57	47.61
5h	8.65	42.18	0.53	24.08	0.80	8.03	48.55	58.41
22h	8.98	43.79	0.52	23.32	1.30	13.04	56.39	67.85
29h	9.62	46.93	0.67	30.13	1.80	18.06	61.06	73.47
48h	9.76	47.62	0.73	33.10	2.10	21.07	63.58	76.50
+20%FeSO4.7H2O 0.082mLFeCl3								
49h								
53h								
+.041mL FeCl3								
72h	11.60		1.06		3.30		77.48	
72.25h	6.65		0.41		21.30		42.43	
72.5h	6.54		0.36		6.10		36.25	
92h	7.38		0.63		3.50		40.12	

Annexe 31b: Suivi des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au FeCl2 dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

Echantillon	Pb		Cu		Ni		Cr		Zn		Mn		Fe	
Sédiment Brut	Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)	
Séd#11	386.73		128.91		60.66		174.41		2021.62		437.46		60565.00	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
48h	288.45	25.41	51.28	60.22	51.28	15.46	173.07	0.77	582.80	71.17	384.85	12.03	100124.0	-65.32
48.5h	205.32	46.91	46.20	64.16	56.46	6.92	164.26	5.82	459.56	77.27	371.42	15.10	98348.3	-62.38
51h	199.58	48.39	47.27	63.33	63.02	-3.90	162.81	6.65	474.89	76.51	375.78	14.10	103832.0	-71.44
a.R	210.28	45.63	41.54	67.78	70.09	-15.55	168.74	3.25	422.11	79.12	343.97	21.37	88471.6	-46.08
b.R	185.43	52.05	39.23	69.57	74.89	-23.45	167.60	3.90	453.24	77.58	366.94	16.12	98671.2	-62.91

Annexe 31c: Suivi de l'As et du Hg dans
les essais de solubilisation des métaux
à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O
suivi d'une décantation et d'un traitement au FeCl3
dans les sédiments #11 sans acidification
des sédiments au départ.

Echantillon	As Moyenne (mg/kg sed sec)		Hg Moyenne (mg/kg sed sec)	
sédiment brut sed #11	17.00		2.32	
sédiments traités et filtrés séd #11		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
0h	11.00	35.29	2.90	-25.00
fin du traitement	13.00	23.53	2.20	5.17

Annexe 31d: Evaluation des solides totaux et volatils en suspension (MES, MVS) dans le surnageant des décantations faites dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$ dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

Echantillon	MES (mg sol.susp.tot./L)	MVS (mg sol.vol./L)
Après traitement biologique		
Séd#11A	0.009	0.01
Après traitement au $FeCl_3$		
Séd#11A	0.003	0.01

Annexe 31e: Estimation de la solubilisation de la matière organique d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ dans les sédiments #11 suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_2$ sans acidification des sédiments au départ.

Echantillon	Début (% SV)	Fin (% SV)
Séd#11	15.34	20.82

Annexe31fi) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au FeCl3 dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

I-Métaux totaux

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	3.870	168.67	124.90	47535	359.5	70.00	361.5	1778.0
séd11-fin*	1.228	164.36	47.20	87357	318.0	54.00	200.0	387.5

* +chaux (0.05g/gséd.sec)

Annexe31fii)

Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au FeCl3 dans les sediments #11 sans acidification des sediments au depart.

II-Fraction NaOAc: (fraction échangeable +métaux liés aux carbonates)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	2.004	7.47	8.23	1305	36.9	4.54	158.8	945.5
séd11-fin*	0.088	6.76	0.78	3293	7.8	1.86	35.5	30.4
Mess-1	0.487	0.76	1.09	42	21.8	0.25	7.1	57.1
Lim. de détection	0.036	0.13	0.03			0.18	0.4	0.0

*+chaux (0.05g/g séd.sec)

Annexe31fiii) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$ dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

III-Fraction 3b (métaux liés aux hydroxydes de Fe et Mn)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd#11-0h*	1.51	38.0	4.67	15614	63.6	10.2	109.9	640.7
séd#11-fin*	0.19	44.0	3.43	46918	42.9	5.4	52.2	201.8
Mess-1	0.04	3.7	0.62	2996	49.9	2.7	10.8	49.9
Lim. de détection	0.06	0.2	0.03			0.4	0.2	
*chaux (0.05g/g séd.sec)								

Annexe31fiv) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au $FeCl_3$ dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

IV-Fraction H_2O_2: (métaux liés a la matière organique et aux sulfures)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	0.36	20.2	82	2566	19.0	8.20	17.8	98.6
séd11-fin*	0.32	12.6	24	4346	19.8	6.20	5.8	61.0
Mess-1	0.00	5.6	14	2984	39.6	1.80	0.4	31.8
Lim. de détection	0.06	0.3	0		0.0	0.40	0.4	0.0
*chaux (0.05g/gséd.sec)								

Annexe31fv) Différentes phases lors de l'extraction sélective dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeSO4.7H2O suivi d'une décantation et d'un traitement au FeCl3 dans les sédiments #11 sans acidification des sédiments au départ.

V-Fraction HF: (fraction résiduelle)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd11-0h*	0.00	103.0	30.0	28050	240.0	47.0	75.0	93.1
séd11-fin*	0.65	101.0	19.0	32800	247.5	46.0	106.5	94.3
Mess-1	0.00	48.0	8.5	20350	330.0	17.5	13.5	43.3
Lim. de détection	0.10	0.7	0.0		0.0	1.0	1.0	0.0
*chaux (0.05g/g séd.sec)								

Annexe 31g: Détermination de la concentration de l'ion libre dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au $FeSO_4.7H_2O$ suivi d'une décantation et d'un traitement au sel dans les sédiments #11 avec acidification des sédiments au départ.

Concentration de Mz+(nmole/L)

		Cu	Ni	Pb	Zn
séd.#11	avant trait.	1.96	5.45	0.16	7.29
	après trait.	0.48	0.96	0.026	0.76

et pour déterminer Mz+ les constates employées sont

Cd	x=0.82	y=0.96 (Nom*Kom-Cd)=10-1.22 et (NFe*KFe-Cd)=10-2.38
Zn	x=1.26	(NFe*Km)=10-2.38
Ni	x=1.04	(NFe*Km)=10-2.29
Pb	x=0.81	(NFe*Km)=10+.67
Cu	x=0.64	(NFe*Km)=10+.10

Annexe 32a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6 et #11 suivi d'une décantation et acidification.

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092 Moyenne (mg/L)	Al3092 %Sol. (%)	As1890 Moyenne (mg/L)	As1890 %Sol. (%)	Ca3158 Moyenne (mg/L)	Ca3158 %Sol. (%)	Cd2288 Moyenne (mg/L)	Cd2288 %Sol. (%)
Séd.#6										
Totaux a			2554.00		0.00	0.00	434.90		1.75	
a24h	3.43	259	458.70	18.86	0.00	0.00	295.50	71.34	1.18	70.68
a34h	2.99	319	576.90	23.72	0.00	0.00	302.30	72.99	1.38	82.66
a49h	2.81	387	602.00	24.75	0.00	0.00	258.60	62.44	1.14	68.40
a54h	2.85	468	725.40	29.82	0.02	0.00	299.00	72.19	1.39	83.08
a71h	2.99	495	775.90	31.90	0.01	0.00	309.50	74.72	1.44	86.31
a74h*	1.6	508	378.00	33.63	0.00	0.00	134.10	74.75	0.61	85.44
a79h*	1.76	569	565.80	41.35	0.00	0.00	138.80	75.89	0.66	88.72
a95h*	1.98	538	664.70	45.42	0.00	0.00	139.30	76.01	0.66	88.53
Totaux b			2518.00		0.00		429.60		1.69	
b0h	3.58	260	365.00	15.22	0.00	0.00	263.30	64.35	0.04	2.36
b24h	3.4	331	415.80	17.34	0.00	0.00	268.30	65.58	1.07	66.05
b34h	2.97	396	544.00	22.68	0.00	0.00	286.20	69.95	1.25	77.28
b49h	2.89	476	538.30	22.45	0.00	0.00	234.50	57.31	1.05	65.12
b54h	2.91	500	660.10	27.53	0.02	0.00	282.40	69.02	1.28	79.14
b71h	3.06	514	696.70	29.05	0.00	0.00	292.20	71.42	1.30	80.87
b74h*	1.63	574	354.20	31.62	0.00	0.00	131.60	73.58	0.56	81.90
b79h*	1.78	537	508.80	38.06	0.00	0.00	134.10	74.19	0.60	84.24
b95h*	2.1	540	611.10	42.33	0.00	0.00	133.30	73.99	0.61	84.68

*acid.+ déc.

Annexe 32a: Solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6 et #11 suivi d'une décantation et acidification.

Echantillon	pH	POR (mV)	Al3092 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	As1890 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Ca3158 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Cd2288 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#11										
Totaux a			1157.00		0.00		357.80		0.07	
a0h	2.85	358	45.62	4.14	0.00	0.00	168.20	49.36	0.03	41.97
a24h	2.86	392	60.25	5.47	0.00	0.00	168.40	49.42	0.05	72.10
a34h	2.67	427	72.49	6.58	0.00	0.00	180.00	52.82	0.07	109.24
a49h	2.3	539	79.94	7.25	0.00	0.00	174.90	51.33	0.07	100.91
a51h*	1.75	553	25.90	8.09	0.00	0.00	70.27	61.23	0.03	127.95
a71h*	1.63	561	60.27	11.21	0.00	0.00	72.27	61.82	0.03	120.93
a79h*	1.79	550	67.30	11.85	0.00	0.00	68.75	60.79	0.03	124.00
a95h*	1.75	546	71.79	12.26	0.00	0.00	65.45	59.82	0.03	117.42
Totaux b			1135.00		0.00	0.00	364.60		0.09	
b0h	2.87	359	41.16	3.81	0.00	0.00	158.80	45.73	0.03	31.05
b24h	2.91	385	60.85	5.63	0.00	0.00	179.70	51.75	0.06	76.40
b34h	2.72	418	70.37	6.51	0.00	0.00	184.20	53.05	0.07	91.07
b49h	2.33	531	82.55	7.64	0.00	0.00	186.50	53.71	0.09	106.96
b51h*	1.75	550	25.74	8.15	0.00	0.00	53.56	55.97	0.03	113.50
b54h*	1.7	562	36.78	9.17	0.00	0.00	56.44	56.80	0.03	114.36
b71h*	1.81	548	65.00	11.78	0.00	0.00	77.03	62.73	0.04	130.74
b79h*	1.75	546	65.66	11.84	0.00	0.00	74.66	62.05	0.03	121.69
b95h*	1.88	541	77.19	12.91	0.00	0.00	82.30	64.25	0.04	131.22

*Acid. + décant.

Annexe 32a:

Echantillon	Cr2677 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Cu3247 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Fe2395 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Mg2790 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Mn2576 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#11										
Totaux a	5.86		3.14		1819.00		423.00		18.14	
a0h	0.75	13.42	0.03	1.11	753.90	43.52	43.23	10.73	10.06	58.23
a24h	0.21	3.70	1.10	36.94	535.50	30.91	44.74	11.11	9.43	54.55
a34h	0.23	4.14	1.55	51.86	473.20	27.32	48.32	11.99	9.90	57.32
a49h	0.28	4.95	2.19	73.31	206.20	11.90	47.22	11.72	9.40	54.39
a51h*	0.10	5.79	0.76	83.37	117.20	16.18	13.87	12.72	2.55	57.78
a71h*	0.67	15.90	1.24	99.53	464.60	36.24	21.40	14.59	2.87	59.65
a79h*	0.77	17.64	1.34	102.78	505.00	38.57	23.40	15.08	3.03	60.54
a95h*	0.85	19.21	1.35	103.05	544.10	40.83	25.70	15.65	3.00	60.41
Totaux b	5.65		3.08		1820.00		413.60		18.43	
b0h	0.66	12.24	0.02	0.78	721.70	41.64	40.68	10.33	9.67	55.10
b24h	0.19	3.56	1.12	37.96	577.20	33.30	47.45	12.05	10.18	58.00
b34h	0.21	3.98	1.49	50.70	508.30	29.33	50.53	12.83	10.57	60.22
b49h	0.26	4.91	2.15	73.27	212.90	12.28	50.36	12.78	10.11	57.60
b51h*	0.11	5.75	0.71	79.57	123.80	16.41	13.40	3.40	2.53	57.92
b54h*	0.25	8.41	0.89	85.67	222.30	22.10	15.12	3.84	2.71	58.92
b71h*	0.67	16.09	1.37	101.95	438.20	34.55	24.20	6.14	3.11	61.20
b79h*	0.70	16.73	1.33	100.52	435.70	34.41	24.49	10.86	3.04	60.78
b95h*	0.81	18.69	1.55	108.12	510.00	38.70	29.25	17.08	3.34	62.52

*Acid.+
décant.

Annexe 32a:

Echantillon	Ni2316 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	P_1774 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Pb2203 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	S_1807 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)	Zn2138 Moyenne (mg/L)	%Sol. (%)
Séd.#11										
Totaux a	2.64		40.40		227.26	6.82	470.20		74.21	
a0h	0.52	20.71	0.00	0.00	1.00	15.39	312.90	69.87	47.72	67.52
a24h	0.54	21.55	0.00	0.00	1.90	29.23	278.00	62.08	58.06	82.15
a34h	0.59	23.69	0.00	0.00	2.80	43.08	290.20	64.80	64.38	91.09
a49h	0.62	24.51	0.10	0.25	3.00	46.16	243.80	54.44	61.99	87.71
a51h*	0.19	27.05	0.30	0.97	2.70	78.06	78.71	60.65	17.82	94.61
a71h*	0.29	30.85	2.47	6.62	4.40	104.22	127.50	71.55	18.81	96.01
a79h*	0.31	31.61	2.53	6.77	3.90	96.52	138.40	73.98	19.63	97.17
a95h*	0.30	31.40	3.34	8.89			141.20	74.61	19.04	96.34
Totaux b	2.53		39.07		227.26	6.82	465.90		74.47	
b0h	0.48	20.07	0.00	0.00	0.90	13.85	290.40	65.45	45.23	63.77
b24h	0.57	23.86	0.00	0.00		0.00	285.60	64.37	60.46	85.25
b34h	0.62	25.62	0.00	0.00	2.40	36.93	289.40	65.22	66.04	93.11
b49h	0.65	27.20	0.02	0.04	2.30	35.39	248.40	55.98	67.74	95.51
b51h*	0.18	27.99	0.19	0.55	2.60	66.72	76.76	59.56	17.15	96.28
b54h*	0.21	29.07	0.39	1.09		26.71	90.42	62.64	18.10	97.62
b71h*	0.28	32.23	1.95	5.27	3.80	85.18	126.00	70.66	20.66	101.23
b79h*	0.30	33.06	1.69	4.58	3.80	85.18	125.80	70.61	20.07	100.40
b95h*	0.33	34.39	2.45	6.61			143.60	74.62	21.66	102.64

*Acid. + décant.

Annexe 32b:

Echantillon	Ni Moyenne (mg/kg sédsec)		Cr Moyenne (mg/kg sédsec)		Fe Moyenne (mg/kg sédsec)		Cd Moyenne (mg/kg sédsec)	
Sédiment Brut								
séd#6	39.55		145.00		165892		65.00	
séd#11	76.30		161.00		69757		5	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
séd#6								
a.71h	32.15	18.71	169.88	-17.16	171461	-3.36	14.79	77.25
b.71h	31.71	19.82	177.58	-22.47	179637	-8.29	15.64	75.94
a.78h	34.18	13.58	163.66	-12.87	165557	0.20	13.29	79.55
b.78h	32.99	16.59	180.79	-24.68	166883	-0.60	12.87	80.20
séd#11								
a.49h	71.09	6.83	200.29	-24.40	61078	12.44	0	100.00
b.49h	76.53	-0.30	221.94	-37.85	63010	9.67	1.28	74.40
a.54h	58.70	23.07	180.51	-12.12	50045	28.26	0.83	83.40
b.54h	62.08	18.64	186.23	-15.67	54459	21.93	0.72	85.60

Annexe 32b: Suivi des métaux dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6 et #11 suivi d'une décantation et acidification.

Echantillon	Pb		Cu		Zn		Mn	
Sédiment Brut	Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)		Moyenne (mg/kg sédsec)	
séd#6	422.00		486.00		9850.00		406.00	
séd#11	306.00		120.00		2437.00		692.00	
Sédiments traités et filtrés		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)		%d'enlèv (%)
séd#6								
a.71h	318.32	24.57	262.59	45.97	2532.13	74.29	112.54	72.28
b.71h	346.70	17.84	280.11	42.36	2853.90	71.03	110.99	72.66
a.78h	211.94	49.78	213.65	56.04	2307.42	76.57	106.83	73.69
b.78h	287.67	31.83	217.73	55.20	2251.57	77.14	95.67	76.44
séd#11								
a.49h	249.99	18.30	47.39	60.51	331.74	86.39	248.81	64.04
b.49h	256.38	16.22	51.02	57.48	344.39	85.87	255.10	63.14
a.54h	149.70	51.08	34.24	71.47	249.49	89.76	205.46	70.31
b.54h	197.69	35.40	38.20	68.17	272.18	88.83	195.78	71.71

Annexe 32c: Suivi de l'As et du Hg dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6 et #11 suivi d'une décantation et acidification.

Echantillon	As Moyenne (mg/kg sed sec)		Hg Moyenne (mg/kg sed sec)	
sédiment brut				
séd #6	43.25		15.80	
séd #11	17.00		2.32	
sédiment traités et filtrés		**%d'enlèv (%)**		**%d'enlèv (%)**
séd #6				
a71h	30.00	30.64	14.00	11.39
b71h	45.00	-4.05	15.00	5.06
a78h	42	2.89	17	-7.59
b78h	40	7.51	15	5.06
séd #11				
a49h	27.00	-58.82	1.80	22.41
b49h	17.00	0.00	1.80	22.41
a72h	18.00	-5.88	2.40	-3.45
b72h	10.00	41.18	2.30	0.86

Annexe 32d: Evaluation des solides totaux et volatils en suspension (MES, MVS) dans le surnageant des décantations des essais de solubilisation à partir d'une souche acclimatée au $FeCl_2$ dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification.

Echantillon	MES (mg sol.susp.tot./L)	MVS (mg sol.vol./L)
Après 72 heures		
6a	0.14	0.05
6b	0.13	0.03
Après 50 heures		
11a	0.16	0.014
11b	0.13	0.02

Annexe 32e: Estimation de la solubilisation de la matière organique d'après le % de solides volatils retrouvés au début et à la fin du traitement dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6 et #11,suivi d'une décantation et acidification

Echantillon	Début (% SV)	Fin (% SV)
Séd#6	16.77	20.49 (après 71h)
Séd#6	16.77	19.59 (après 78h)
Séd#11	18.41	19.40 (après 47h)

Annexe 32fi) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6,#11 suivi d'une décantation et acidification.

I-Métaux totaux

STATION	Cd mg/kg total	Cr mg/kg total	Cu mg/kg total	Fe mg/kg total	Mn mg/kg total	Ni mg/kg total	Pb mg/kg total	Zn mg/kg total
séd6-0h	45.6	128.45	542.0	135000	250.0	42.0	475.0	9563
séd6a-71h	15.101	190.95	272.54	176789	227.98	34.61	388.5	2558.2
séd6a-74h	13.02	182.3	212.76	183687	225.12	33.26	287.19	2267.81
séd11-0h	3.88	173.7	129.5	46023	406.0	73.1	372.8	2009
séd11a-49h	0.77	185.6	44.89	64219	318.02	58.68	254.28	380.41
séd11a-52h	0.69	176.81	36.4	58555	305.48	57.21	186.72	285.26
Mess-1	0.58	56.46	20.72	26275	403.97	23	30.97	161.55

Annexe 32fii) Différentes phases lors de l'extraction selective des métaux dans les essais de solubilisation à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6,#11 suivi d'une décantation et acidification.

II-Fraction NaOAc (incluant MgCl2, fraction échangeable) + métaux liés aux carbonates).

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd6-0h	0.155	15.04	0.570	2627.0	40.2	5.01	75.40	650.00
séd6a-71h	2.830	21.55	19.07	3078	14.80	1.99	130.08	431.86
séd6a-74h	1.184	22.77	5.62	3482	7.86	1.43	75.86	200.12
séd11-0h	2.020	7.49	8.730	1333.0	36.1	4.41	157.00	919.00
séd11a-49h	0.166	11.51	1.29	2662	13.35	1.47	52.22	75.34
séd11a-52h	0.049	11.47	0.19	1769	5.44	1.26	27.31	24.40
Mess-1	0.440	0.72	0.80	35	17.92	0.48	7.68	48.24
Lim.de detection	0.040	0.13	0.03			0.20	0.36	

Annexe 32fiii) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6,#11 suivi d'une décantation et acidification.

III-Fraction 3b: (métaux liés aux hydroxydes de Fe et Mn)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd6-0h	28.200	56.40	2.810	12142.0	34.5	8.20	268.80	5816.00
séd6a-71h	1.041	77.30	4.67	30263	20.18	3.82	110.64	366.34
séd6a-74h	0.631	66.63	1.74	28631	22.86	2.83	75.33	278.69
séd11-0h	1.470	40.50	4.450	16600.0	65.7	10.40	114.90	665.70
séd11a-49h	0.294	51.89	2.10	25001	43.07	6.51	49.16	159.67
sed11a-52h	0.338	42.54	1.35	21835	41.64	6.75	31.51	135.06
Mess-1	0.083	3.74	0.42	3328	68.65	3.12	9.99	41.61

Annexe 32fiv) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6,#11 suivi d'une décantation et acidification.

IV-Fraction H2O2: (métaux liés a la matière organique et aux sulfures)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd6-0h	8.500	14.70	347.00	1064.0	3.6	5.20	48.00	1914.00
séd6a-71h	2.58	17.6	119.80	1848	3.0	3.8	33.8	704.0
séd6a-74h	2.70	21.4	78.40	2274	4.4	4.0	30.0	730.0
séd11-0h	0.380	20.10	87.00	2591.0	19.1	8.10	19.40	77.80
séd11a-49h	0.16	19.2	22.00	3256	11.6	7.2	25.4	45.4
séd11a-52h	0.19	22.8	16.56	3018	11.4	6.7	17.2	38.7
Mess-1	0.06	5.0	13.00	3012	27.4	2.4	3.8	26.2
Lim. de detection	0.06	0.3	0.06			0.4	0.4	

Annexe 32fv) Différentes phases lors de l'extraction sélective des métaux dans les essais de solubilisation à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6,#11 suivi d'une décantation et acidification.

V-Fraction HF: (fraction résiduelle)

STATION	Cd ug/g	Cr ug/g	Cu ug/g	Fe ug/g	Mn ug/g	Ni ug/g	Pb ug/g	Zn ug/g
séd6-0h	8.700	42.20	191.0	119450	172.5	24.00	83.20	1183.0
séd6a-71h	8.65	74.5	129.0	141600	190	25.0	114.0	1056.0
séd6a-74h	8.50	71.5	127.0	149300	190	25.0	106.0	1059.0
séd11-0h	0.030	107.50	31.0	29075	243.7	47.30	79.30	94.6
séd11a-49h	0.15	103.0	19.5	33300	250	43.5	127.5	100.0
séd11a-52h	0.11	100.0	18.3	31933	247	42.5	110.7	87.1
Mess-1	0.00	47.0	6.5	19900	290	17.0	9.5	45.5
Lim. de detection	0.10	0.7	0.1			1.0	1.0	

Annexe 32g: Détermination de la concentration de l'ion libre dans les essais de solubilisation des métaux à partir d'une souche acclimatée au FeCl2 dans les sédiments #6 et #11, suivi d'une décantation et acidification.

		Concentration de Mz+ (nmole/L)				
		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
séd.#6	avant trait.	118.2	0.89	0.35	0.28	31.2
	après trait.(71h)	15.7	0.59	0.066	0.046	0.79
	après trait.(76h)	14.4	0.23	0.052	0.033	0.63
séd.#11	avant trait.		1.74	5.27	0.15	7.13
	après trait.(49h)		0.86	2.19	0.045	1.13
	après trait.(52h)		0.4	2.6	0.033	1.1

et pour déterminer Mz+ les constates employées sont

Cd	x=0.82	y=0.96	(Nom*Kom-Cd)=10-1.22 et (NFe*KFe-Cd)=10-2.38
Zn	x=1.26	(NFe*Km)=10-2.38	
Ni	x=1.04	(NFe*Km)=10-2.29	
Pb	x=0.81	(NFe*Km)=10+.67	
Cu	x=0.64	(NFe*Km)=10+.10	

Annexe 33: Equations ayant servi au calcul de la concentration de Pb soluble total dans les sédiments.

(1) H_2SO_4 -----H^+ +HSO_4^- $\quad K=1.2\times10^{-2}=\dfrac{[H^+]\ [SO_4^{-2}]}{[HSO_4^-]}$

(2) HSO_4^------- $H^+ + SO_4^{-2}$

(3) $PbSO_4$------ $Pb^{+2}+ SO_4^{-2}$ $\quad K_{ps}=1.82\times10^{-8}=[Pb^{+2}]\ [SO_4^{-2}]$

(4) $Pb^{+2}+ SO_4^{-2}$-------$[PbSO_4^\circ]$ $\quad K_{co}=10^{2.75}=\dfrac{[PbSO_4^\circ]}{[Pb^{+2}]\ [SO_4^{-2}]}$

(5) $Pb^{+2}+ 2SO_4^{-2}$-------$[Pb(SO_4)_2^{-2}]$ $\quad K_{co}=10_{1.99}=\dfrac{[Pb(SO_4)_2^{-2}]}{[Pb^{+2}]\ [SO_4^{-2}]^2}$

(6) $S_t=[SO_4^{-2}]+[HSO_4^-]$

(7) $HSO_4^-= S_t-[SO_4^{-2}]$

et de (2) $SO_4^{-2}= K\ [HSO_4^-]= \dfrac{(1.2\times10^{-2})\ [HSO_4^-]}{[H^+]}$ (8)

et (7) dans (8) $SO_4^{-2}= \dfrac{(1.2\times10^{-2})\ (S_t-[SO_4^{-2}])}{[H^+]}$ (9)

Et s'il y a présence d'ions Cl^-, les équations suivantes sont aussi utilisées:

(10) $Pb^{+2}+Cl^-$------- $PbCl^+$ $\quad K_{co}=10^{1.6}=\dfrac{[PbCl^+]}{[Pb^{+2}]\ [Cl^-]}$

(11) $Pb^{+2}+ 2Cl^-$------- $PbCl_2^\circ$ $\quad K_{co}=10^{1.8}=\dfrac{[PbCl_2^\circ]}{[Pb^{+2}]\ [Cl^-]^2}$

(12) $Pb^{+2}+ 3Cl^-$------- $PbCl_3^{-1}$ $\quad K_{co}=10^{1.7}=\dfrac{[PbCl_3^-]}{[Pb^{+2}]\ [Cl^-]^3}$

La concentration de Pb soluble totale provient de l'addition du $Pb^{+2}+ [PbSO_4^\circ]+ [Pb(SO_4)_2^{-2}]+ [PbCl^+]+ [PbCl_2^\circ]+ [PbCl_3^-]$

Annexe 34 Normes recommandées par Environnement Canada (1978) quant à la teneur en métaux dans les sédiments du fleuve St-Laurent pour le rejet en eau libre.

Métaux	Zn	Cd	Cu	Ni	Hg	Pb	Cr	BPC	As
(mg/kg)	175	8	60	25	1	60	90	0.1	6