



**SURVEILLANCE DE L'IMPRÉGNATION À L'ARSENIC
CHEZ LA POPULATION DU QUARTIER NOTRE-DAME**
(Décembre 2005 à octobre 2006)

RAPPORT FINAL

MAI 2007

Édition produite par :

Agence de la santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue
1, 9^e Rue
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 2A9

Téléphone : 819 764-3264
Télécopieur : 819 797-1947

Rédaction

Daniel Gagné, agent de planification, de programmation
et de recherche
Direction de santé publique
Module santé environnementale

Mise en page

Annette Picard, agente administrative
Direction de santé publique

ISBN : 978-2-89391-320-9 (version imprimée)
978-2-89391-321-6 (PDF)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2007
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2007

Prix : 15,00 \$ + frais de manutention

Toute reproduction totale ou partielle de ce document est autorisée, à condition que la source soit mentionnée.

© Gouvernement du Québec

Remerciements

Une étude d'une telle envergure n'aurait pas été possible sans la collaboration soutenue de plusieurs personnes et organismes. À tous ceux-là, nous adressons nos plus sincères remerciements. Parmi ce nombre, nous voulons particulièrement souligner la participation des personnes suivantes :

- les quelques 330 citoyens et citoyennes de tous âges habitant soit le quartier Notre-Dame (quartier ND), soit celui d'Évain qui ont fourni gracieusement de leur temps pour remplir les questionnaires et remettre leurs prélèvements d'urine saisonniers;
- messieurs Alain Leblanc et Alain Beudet, de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) pour leurs précieux conseils et leur collaboration indéfectible dans la recherche de méthodes d'analyses de l'arsenic urinaire les plus sensibles et les plus fiables qui existent actuellement sur le marché;
- l'Institut national de santé publique du Québec pour avoir gracieusement accepté de faire la préparation et l'analyse des quelques 1 600 analyses d'arsenic urinaire qui ont été nécessaires pour documenter l'exposition des participants à l'étude;
- monsieur Robert B. Brière, madame Valérie Comisso, madame Isabelle Delisle, madame Marie-Ève Delisle, madame Josée Gagné et monsieur Vuyani Gxoyiya, les six recruteurs qui, bravant le froid, la pluie et la chaleur, ont consacré beaucoup d'énergie et de patience pour sélectionner les participants, distribuer le matériel et récupérer les échantillons d'urine à chacune des cinq campagnes de prélèvements urinaires tout au cours des saisons;
- le docteur Réal Lacombe, directeur de santé publique, pour nous avoir épaulé pendant ce parcours, particulièrement dans les activités de communication avec la population du quartier Notre-Dame qui se sont poursuivies tout au long de l'étude;
- madame Annette Picard, agente administrative à la Direction de santé publique, pour avoir assuré la mise en page de ce rapport de manière la plus efficiente possible.

Table des matières

Remerciements	i
Table des matières	iii
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	xi
Mise en situation	1
Introduction	7
<i>Objectif spécifique de l'étude</i>	<i>7</i>
1. Méthodologie	9
1.1 <i>Population à l'étude</i>	<i>9</i>
1.1.1 Choix du groupe non exposé	9
1.1.2 Choix du groupe exposé	9
1.1.3 Recrutement de l'échantillon et collecte des données	10
1.1.3.1 Groupe exposé	10
1.1.3.2 Groupe non exposé	13
1.1.4 Masse corporelle chez les exposés et les non exposés	15
1.1.5 Caractéristiques socio-économiques de la population étudiée	16
1.2 <i>Prélèvements urinaires</i>	<i>16</i>
1.2.1 Analyses de l'arsenic urinaire en laboratoire	17
1.3 <i>Analyses statistiques des résultats</i>	<i>18</i>
1.4 <i>Évaluation des concentrations environnementales d'arsenic (air et sols)</i>	<i>19</i>
1.5 <i>Évaluation des doses d'exposition des participants</i>	<i>20</i>
1.6 <i>Éthique</i>	<i>21</i>
2. Résultats	23
2.1 <i>Taux de participation</i>	<i>23</i>
2.2 <i>Niveaux d'arsenic urinaire pour les cinq campagnes de prélèvement</i>	<i>25</i>
2.2.1 Comparaison des valeurs de tendance centrale d'arsenic urinaire entre les exposés et non exposés	25
2.2.1.1 Variations temporelles	25
2.2.1.2 Comparaison de l'arsenic urinaire chez les exposés et non exposés pour l'ensemble des campagnes de surveillance	27
2.2.2 Niveaux d'arsenic urinaire en fonction du secteur de résidence dans le quartier Notre-Dame	31

2.2.3	Taux d'arsenic dans l'urine en fonction de l'âge	33
2.2.4	Taux d'arsenic urinaire en fonction de la scolarité	36
2.2.5	Niveaux d'arsenic urinaire et tabagisme	39
2.2.6	Niveau d'arsenic urinaire et facteurs confondants	39
2.2.6.1	Fruits de mer	39
2.2.6.2	Consommation d'eau de puits domestique dans un secteur à risque	42
2.2.6.3	Taxidermie et leucémie.....	43
2.2.7	Les valeurs maximales d'arsenic urinaire	43
2.2.8	Niveaux d'arsenic urinaire en fonction du sexe	44
2.3.	<i>Taux d'arsenic dans l'air</i>	47
2.3.1	Comparaison entre les taux d'arsenic dans l'air chez les exposés et chez les non exposés	47
2.3.2	Taux d'arsenic dans l'air selon les secteurs de résidence dans le quartier ND.	48
2.3.3	Conditions météorologiques pendant les campagnes de surveillance	53
2.3.3.1	Direction des vents	53
2.3.3.2	Température et précipitations	55
2.3.3.3	Conditions de production à la fonderie Horne lors des campagnes de surveillance	56
2.4	<i>Corrélation entre l'arsenic urinaire et l'arsenic atmosphérique</i>	58
2.4.1	Nombre d'heures passées dehors quotidiennement dans le quartier ND	58
2.4.2	Doses d'exposition à l'arsenic atmosphérique pendant les quatre jours précédant les campagnes de surveillance.....	61
2.4.3	Relation entre l'arsenic urinaire et les doses d'exposition à l'arsenic atmosphérique	64
2.5	<i>Analyses multifactorielles de la variation de l'arsenic urinaire</i>	67
3.	Commentaires sur les résultats.....	71
3.1	<i>Représentativité de l'échantillon</i>	71
3.2	<i>Estimation de l'exposition chronique à partir des résultats des cinq campagnes de surveillance</i>	72
3.3	<i>Variations temporelles et spatiales de l'arsenic urinaire chez les exposés</i>	74
3.4	<i>Variations en fonction de l'âge et du sexe</i>	75
3.5	<i>Contribution de l'arsenic alimentaire</i>	76
3.6	<i>Comparaison avec les résultats de d'autres études</i>	77
3.6.1	L'étude de Tacoma (É.-U.) en 1985.....	77
3.6.2	L'étude de Falconbridge, Ontario en 2004.....	83
3.6.3	Comparaison avec l'étude de l'INSPQ sur une population non exposée de la région de Québec (2003).....	86

3.7 Exposition à long terme de la population du quartier ND.....	87
3.8 Utilisation des échantillonneurs d'air en postes fixes pour estimer l'exposition d'une population	87
Conclusion	89
Recommandations	91
Annexes	93
<i>Évolution des taux d'arsenic dans l'air 1991-2006.....</i>	<i>95</i>
<i>Localisation géographique du quartier Notre-Dame</i>	<i>96</i>
<i>Localisation des échantillonneurs à haut débit.....</i>	<i>98</i>
<i>Arsenic dans les sols.....</i>	<i>99</i>
<i>Questionnaires remplis par les participants à l'étude.....</i>	<i>101</i>
<i>Feuille de route des participants</i>	<i>105</i>
<i>Instructions pour le prélèvement d'urine.....</i>	<i>106</i>
<i>Formulaire de consentement dans le cas d'un enfant mineur.....</i>	<i>107</i>
<i>Formulaire de consentement pour les participants ayant atteint la majorité.....</i>	<i>108</i>
<i>Arsenic urinaire chez les résidents du quartier Notre-Dame en décembre.....</i>	<i>109</i>
<i>I Caractéristiques socio-économiques de la population étudiée.....</i>	<i>111</i>
<i>I.i Distribution par sexe.....</i>	<i>111</i>
<i>I.ii Scolarité.....</i>	<i>111</i>
<i>I.iii Tabagisme.....</i>	<i>112</i>
<i>I.iv Durée de résidence dans le quartier Notre-Dame</i>	<i>113</i>
<i>I.v Présence d'un système de ventilation (échangeur d'air) en fonction de façon régulière dans le logement.....</i>	<i>117</i>
<i>I.vi Endroit de travail des recrutés du quartier Notre-Dame.....</i>	<i>118</i>
<i>I.vii Travail à la fonderie Horne ou avec du bois traité à l'arséniate de cuivre chromaté.....</i>	<i>118</i>
<i>I.viii Localisation de l'école des étudiants.....</i>	<i>118</i>
<i>I.ix Avoir ou non un travail.....</i>	<i>119</i>
<i>I.x Les retraités</i>	<i>119</i>
<i>I.xi Enfants du préscolaire en garderie.....</i>	<i>120</i>
<i>I.xii Crainte d'un cancer du poumon à cause de leur exposition à l'arsenic chez les résidents du quartier Notre-Dame</i>	<i>121</i>
<i>II Habitudes de vie.....</i>	<i>121</i>
<i>II.i Nombre d'heures passées chaque semaine dans le quartier.....</i>	<i>121</i>
<i>II.ii Nombre d'heures passées dehors près de la résidence en été</i>	<i>122</i>
<i>II.iii Nombre d'heures passées dehors près de la résidence en hiver.....</i>	<i>123</i>

<i>Distribution géographique des résultats d'arsenic urinaire pour chacune des campagnes de surveillance chez les 1-9 ans.....</i>	<i>125</i>
<i> Enfants de 1 à 10 ans, campagne de décembre 2005.....</i>	<i>127</i>
<i> Enfants de 1 à 10 ans, campagne d'avril 2006</i>	<i>128</i>
<i> Enfants de 1 à 10 ans, campagne de juin 2006.....</i>	<i>129</i>
<i> Enfants de 1 à 10 ans, campagne de août 2006.....</i>	<i>130</i>
<i> Enfants de 1 à 10 ans, campagne d'octobre 2006.....</i>	<i>131</i>
Bibliographie.....	133

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Distribution des valeurs d'arsenic urinaire inorganique ($\mu\text{g/L}$) chez une population québécoise non exposée à l'arsenic inorganique	4
Tableau 2 :	Résultats comparés des taux d'arsenic urinaire total chez les enfants exposés et non exposés en 1979	4
Tableau 3 :	Taux d'arsenic dans les sols à Évain.....	9
Tableau 4 :	Répartition théorique des participants dans chacun des secteurs du groupe exposé	10
Tableau 5 :	Répartition des participants recrutés dans chacun des secteurs du groupe exposé	11
Tableau 6 :	Répartition des classes d'âge chez le groupe non exposé (Évain)	14
Tableau 7 :	Répartition des tailles et des poids parmi les 246 participants à l'étude qui ont fourni leurs mensurations	15
Tableau 8 :	Taux de participation pour chacune des cinq campagnes.....	23
Tableau 9 :	Nombre de campagnes auxquelles chaque recruté a participé.....	24
Tableau 10 :	Valeurs médianes de la distribution des niveaux d'arsenic urinaire ($\mu\text{g/L}$) non alimentaire chez les participants	25
Tableau 11 :	Moyennes arithmétiques de la distribution des niveaux d'arsenic urinaire ($\mu\text{g/L}$) non alimentaire chez les participants.....	25
Tableau 12 :	Variations temporelles de l'arsenic urinaire chez les exposés (quartier ND)	26
Tableau 13 :	Variations temporelles de l'arsenic urinaire chez les non exposés (Évain).....	27
Tableau 14 :	Comparaison des valeurs d'arsenic urinaire pour l'ensemble des cinq campagnes chez les exposés et les non exposés.....	27
Tableau 15 :	Comparaison des valeurs log d'arsenic urinaire pour l'ensemble des cinq campagnes chez les exposés et les non exposés.....	31
Tableau 16 :	Comparaison des médianes d'arsenic urinaire entre les différents secteurs du quartier ND	31
Tableau 17 :	Moyennes géométriques des taux d'arsenic urinaire pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance en fonction du secteur de résidence.....	33
Tableau 18 :	Moyennes arithmétiques d'arsenic urinaire ($\mu\text{g/L}$) chez les résidents du quartier ND selon les classes d'âge pour chacune des campagnes de surveillance.....	33
Tableau 19 :	Moyennes géométriques d'arsenic urinaire en fonction de l'âge pour l'ensemble des cinq campagnes chez les participants du quartier ND.....	34
Tableau 20 :	Comparaison entre les différentes classes d'âge pour Évain pour les données des cinq campagnes agrégées ensemble.....	35
Tableau 21 :	Comparaison entre les moyennes géométriques de l'arsenic urinaire chez les 1-9 ans du quartier ND en fonction du secteur de résidence.....	36
Tableau 22 :	Niveaux d'arsenic urinaire (non alimentaire) selon le niveau de scolarité des participants pour chacune des cinq campagnes de surveillance	36
Tableau 23 :	Niveaux d'arsenic urinaire (non alimentaire) selon le niveau de scolarité des participants pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance chez les exposés.....	38

Tableau 24 :	Tableau croisé : scolarité en fonction de la consommation de fruits de mer.....	38
Tableau 25 :	Comparaison des niveaux d'arsenic urinaire (non alimentaire) chez les fumeurs et les non fumeurs pour l'ensemble des cinq campagnes, chez les non-exposés.....	39
Tableau 26 :	Comparaison des niveaux d'arsenic urinaire (non alimentaire) chez les fumeurs et les non-fumeurs pour l'ensemble des cinq campagnes, chez l'ensemble des participants.....	39
Tableau 27 :	Participants ayant consommé des fruits de mer pendant les quatre jours précédant une campagne de prélèvements. Données agrégées pour l'ensemble des cinq campagnes.....	40
Tableau 28 :	Niveaux d'arsenic urinaire chez les consommateurs de fruits de mer comparés aux non consommateurs dans le groupe non exposé (Évain). Cinq campagnes.....	40
Tableau 29 :	Niveaux d'arsenic urinaire chez les consommateurs de fruits de mer comparés aux non consommateurs chez l'ensemble des participants (exposés et non exposés) aux cinq campagnes...	41
Tableau 30 :	Niveaux d'arsenic urinaire chez les consommateurs de fruits de mer comparés aux non consommateurs chez les exposés (quartier ND)	41
Tableau 31 :	Taux comparés d'arsenic urinaire non alimentaire chez les exposés et les non-exposés pour l'ensemble des campagnes (excluant octobre à Évain).....	42
Tableau 32 :	Taux comparés d'arsenic urinaire selon que les participants ont consommé ou non l'eau d'un puits domestique situé dans un secteur à risque pendant l'un des quatre jours précédant le prélèvement chez l'ensemble des participants (groupe exposé et non exposé)	43
Tableau 33 :	Distribution des différences entre l'arsenic total et l'arsenic non alimentaire chez les participants ayant eu le double dosage (n = 39) suite à un résultat d'arsenic non alimentaire supérieur à 14 µg/L.....	43
Tableau 34 :	Arsenic urinaire en fonction du sexe chez les exposés (quartier ND) pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées.....	44
Tableau 35 :	Différences entre les résultats d'arsenic urinaire selon les groupes d'âge pour chaque sexe	44
Tableau 36 :	Comparaison des niveaux d'arsenic urinaire chez les hommes et les femmes selon le secteur de résidence	45
Tableau 37 :	Arsenic urinaire en fonction du sexe chez les non-exposés (Évain) pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées.....	46
Tableau 38 :	Concentrations d'arsenic atmosphériques (ng/m ³) pour l'ensemble du quartier ND en 2006 comparées aux concentrations pendant les quelques jours précédant les campagnes (toutes campagnes confondues)	53
Tableau 39 :	Proportion du temps où les vents soufflaient les émissions diffuses de la fonderie vers le quartier ND pour chacune des quatre campagnes de surveillance.....	53
Tableau 40 :	Comparaison entre le nombre d'heures de fonctionnement du réacteur pendant les quatre jours précédant chacun des cinq prélèvements et la moyenne quotidienne annuelle.....	57
Tableau 41 :	Distribution du nombre d'heures passées dans le quartier Notre-Dame selon que l'on est loin ou proche de sa résidence et selon que l'on est à l'intérieur ou dehors. Médianes pour l'ensemble des participants à chaque campagne.....	59
Tableau 42 :	Répartition du nombre quotidien d'heures totales passées dehors ou à l'intérieur dans le quartier Notre-Dame (médianes du groupe).....	60

Tableau 43 :	Répartition du nombre quotidien (médianes des 5 campagnes) d'heures passées dans le quartier ND selon qu'on est dehors ou à l'intérieur, données moyennes pour chacun des quatre secteurs du quartier pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance.....	60
Tableau 44 :	Variation du nombre d'heures passées dehors en fonction de l'âge chez les exposés. Médianes pour l'ensemble des cinq campagnes	61
Tableau 45 :	Doses d'exposition (ng/m ³) à l'arsenic atmosphérique pour chacun des secteurs, moyennes arithmétiques pour chacune des cinq campagnes de surveillance	62
Tableau 46 :	Doses d'exposition à l'arsenic atmosphérique pour chacun des secteurs, moyennes géométriques pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance	64
Tableau 47 :	Coefficients au carré de corrélation linéaire (R ²) entre les valeurs log de la dose d'exposition et les valeurs log de l'arsenic urinaire pour chacune des cinq campagnes de surveillance dans le quartier ND.....	66
Tableau 48 :	Modélisation univariée linéaire simple (variance entre sujets) pour les variables continues et discontinues (catégories) pouvant influencer l'arsenic urinaire chez les exposés (quartier ND). Variable dépendante : log arsenic urinaire.....	68
Tableau 49 :	Modélisation univariée linéaire simple (variance entre sujets) pour les variables continues et discontinues (catégories) pouvant influencer l'arsenic urinaire chez les non-exposés Évain). Variable dépendante : log arsenic urinaire.....	70
Tableau 50 :	Concentrations à l'arsenic atmosphérique chez les exposés pendant les campagnes de prélèvements d'arsenic urinaires et niveaux de contamination des sols. Comparaison entre l'étude de Tacoma et celle du quartier ND (2006)	78
Tableau 51 :	Concentrations à l'arsenic atmosphérique chez les exposés pendant les campagnes de prélèvements d'arsenic urinaires et niveaux de contamination des sols. Comparaison entre l'étude de Falconbridge (2004) et celle du quartier ND (2006)	84
Tableau 52 :	Comparaison de la distribution des valeurs d'arsenic urinaire non alimentaire (µg/L) chez des non-exposés de la ville de Québec (2003) et chez les exposés du quartier ND (données agrégées des cinq campagnes) en 2006	86
Tableau 53 :	Répartition des sexes dans notre échantillon.....	111
Tableau 54 :	Répartition des sexes chez les participants du quartier Notre-Dame	111
Tableau 55 :	Répartition des niveaux de scolarité parmi le groupe exposé et le groupe-témoin.....	112
Tableau 56 :	Répartition des niveaux de scolarité entre les différents secteurs du quartier Notre-Dame	112
Tableau 57 :	Répartition des fumeurs parmi les participants au suivi du 13 décembre.....	113
Tableau 58 :	Taux de tabagisme selon les différents secteurs du quartier Notre-Dame	113
Tableau 59 :	Distribution des années de résidence dans le quartier Notre-Dame chez l'échantillon recruté	113
Tableau 60 :	Distribution des années de résidence dans le quartier Évain chez l'échantillon recruté.....	114
Tableau 61 :	Années de résidence de l'échantillon recruté dans le logement actuel	116
Tableau 62 :	Proportion des recrutés dont le logement est ventilé par un échangeur d'air	117
Tableau 63 :	Proportion des répondants du quartier Notre-Dame qui travaillent dans leur quartier de résidence	118
Tableau 64 :	Proportion de jeunes enfants qui fréquentent une école du quartier Notre-Dame.....	119
Tableau 65 :	Répartition des adultes sans travail dans les différents secteurs du quartier	119

Tableau 66 : Répartition des retraités parmi les différents secteurs du quartier ND.....	120
Tableau 67 : Proportion de jeunes enfants résidents du quartier Notre-Dame qui fréquentent des garderies du même quartier.....	120
Tableau 68 : Crainte de contracter un cancer du poumon à cause de leur exposition à l'arsenic chez les résidents du quartier Notre-Dame	121
Tableau 69 : Nombre d'heures passées dans le quartier en moyenne à chaque semaine pour chacun des secteurs du quartier Notre-Dame	121
Tableau 70 : Nombre d'heures passées dans le quartier en moyenne à chaque semaine pour chacun des groupes d'âges de l'échantillon	122
Tableau 71 : Nombre d'heures par semaine passé dehors en été près de la résidence (en moyenne sur une semaine) dans chaque secteur du quartier.....	122
Tableau 72 : Nombre d'heures par semaine passé dehors en été près de la résidence (en moyenne sur une semaine) pour chacun des groupes d'âge dans le quartier Notre-Dame	123
Tableau 73 : Nombre d'heures par semaine passé dehors en hiver près de la résidence (en moyenne sur une semaine) dans chaque secteur du quartier.....	123
Tableau 74 : Nombre d'heures par semaine passées dehors en hiver près de la résidence (en moyenne sur une semaine) pour chacun des groupes d'âge dans le quartier Notre-Dame	124

Liste des figures

Figure 1 :	Comparaison entre l'échantillon théorique et l'échantillon recruté dans le quartier Notre-Dame.....	12
Figure 2 :	Localisation de l'ensemble des participants recrutés dans l'échantillon du groupe exposé.....	13
Figure 3 :	Comparaison entre la distribution des classes d'âge chez les exposés et les témoins	14
Figure 4 :	Comparaison de la distribution (percentiles) des valeurs d'arsenic urinaire entre les exposés et les non exposés pour chacune des cinq campagnes de prélèvement	26
Figure 5 :	Distribution des niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés pour l'ensemble des cinq campagnes..	28
Figure 6 :	Distribution des niveaux d'arsenic urinaire chez les non-exposés pour l'ensemble des cinq campagnes	29
Figure 7 :	Distribution des logarithmes des niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés pour l'ensemble des cinq campagnes	30
Figure 8 :	Comparaison entre les médianes d'arsenic urinaire de chacun des secteurs du quartier ND à chaque campagne de prélèvement en 2005-2006.....	32
Figure 9 :	Dispersion des valeurs d'arsenic urinaire chez les exposés en fonction de l'âge (au 1 ^{er} janv. 2006) .	35
Figure 10 :	Taux d'arsenic dans l'air pour la médiane des sept stations d'échantillonnage du quartier ND à chacune des campagnes de surveillance par rapport aux taux correspondant à Évain	48
Figure 11 :	Médianes des taux d'arsenic dans l'air dans les différents secteurs du quartier ND pour chacune des campagnes de surveillance.....	49
Figure 12 :	Médianes d'arsenic atmosphérique pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance dans les différents secteurs du quartier ND et dans le secteur de résidence du groupe non exposé (Évain) ...	50
Figure 13 :	Médianes annuelles (2005 et 2006) d'arsenic atmosphérique dans les différents secteurs du quartier ND comparées aux médianes pendant les cinq campagnes de surveillance	51
Figure 14 :	Moyennes arithmétiques annuelles (2005 et 2006) d'arsenic atmosphérique dans les différents secteurs du quartier ND comparées aux médianes pendant les cinq campagnes de surveillance	52
Figure 15 :	Comparaison entre les médianes d'arsenic dans l'air à chaque campagne et de la proportion de vents soufflant de la fonderie vers le quartier ND (graphique à deux axes)	54
Figure 16 :	Comparaison entre les températures moyennes lors des diverses campagnes de surveillance et la moyenne du mois correspondant	55
Figure 17 :	Comparaison entre les précipitations moyennes lors des diverses campagnes de surveillance et la moyenne du mois correspondant (voir note de bas de page numéro 16).	56
Figure 18 :	Médianes d'arsenic dans l'air ambiant comparées aux doses (moyennes arithmétiques) d'exposition chez les participants du secteur Carter-Portelance, pour chacune des cinq campagnes.....	63
Figure 19 :	Diagramme de dispersion de l'arsenic urinaire (non alimentaire) en fonction de la dose d'exposition à l'arsenic atmosphérique de chacun des participants du quartier ND, pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées.....	65
Figure 20 :	Diagramme de dispersion de l'arsenic urinaire (non alimentaire) en fonction de la dose d'exposition à l'arsenic atmosphérique de chacun des participants du secteur <i>Carter-Portelance</i> , pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées.....	65
Figure 21 :	Comparaison entre les médianes d'arsenic dans l'air et les médianes d'arsenic urinaire pour chacune des campagnes et pour chacun des secteurs du quartier ND.....	67

Figure 22 : Comparaison entre les niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés et les non-exposés à Tacoma (Ruston et île Vashon) et dans le quartier ND (2006)	79
Figure 23 : Comparaison des doses personnelles d'exposition à l'arsenic atmosphérique, étude de Tacoma (Ruston) par rapport au quartier ND (2006).....	81
Figure 24 : Comparaison entre les niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés et les non-exposés à Falconbridge et dans le quartier ND (2006).....	85
Figure 25 : Évolution des moyennes géométriques annuelles des concentrations d'arsenic total dans l'air aux trois stations du quartier ND de 1991 à 2006.	95
Figure 26 : Évolution des moyennes arithmétiques annuelles des concentrations d'arsenic total dans l'air aux trois stations du quartier ND de 1991 à 2006.	95
Figure 27 : Carte géographique #1 : Périmètre urbain de Rouyn-Noranda localisant le quartier Notre-Dame (encadré en gras) près des installations de la fonderie Horne	96
Figure 28 : Carte #2 : Gros plan du quartier Notre-Dame illustrant les 4 secteurs de recrutement (basé sur le recensement 2001 de Statistiques Canada).....	97
Figure 29 : Carte géographique #3 : Localisation des stations* d'échantillonnage de l'air dans le quartier Notre-Dame	98
Figure 30 : Carte géographique #4 : Arsenic dans les sols.....	99
Figure 31 : Carte géographique #5 : Arsenic urinaire chez les résidents du quartier Notre-Dame en décembre	109
Figure 32 : Diagramme de dispersion du nombre d'années de résidence dans le quartier Notre-Dame chez l'échantillon recruté.....	114
Figure 33 : Distribution des années de résidence dans le quartier Évain chez l'échantillon recruté	115
Figure 34 : Répartition des années de résidence des recrutés du QND dans leur logement actuel	117

Mise en situation

Une fonderie de cuivre est en opération à Rouyn-Noranda depuis la fin des années 1920. N'ayant plus accès à des gisements miniers à proximité, elle s'approvisionne en concentrés de cuivre auprès d'autres mines, souvent situées dans d'autres régions du monde. Ces concentrés contiennent, en plus du cuivre, des teneurs variables en divers métaux lourds, dont le plomb et l'arsenic. Ces métaux peuvent se retrouver dans l'air ambiant et les sols résidentiels de la ville de Rouyn-Noranda à cause des divers rejets atmosphériques de la fonderie, notamment dans un quartier limitrophe appelé quartier Notre-Dame et dont les premières résidences sont localisées à moins de 100 mètres au sud de la fonderie. Ce quartier est surtout touché par les émissions diffuses (celles qui ne viennent pas des cheminées principales d'évacuation des gaz et poussières). Il est vraisemblable de supposer que la majorité des poussières fines métalliques proviennent de la fusion des métaux dans les fours et se retrouvent sous forme d'oxydes d'arsenic (notamment le trioxyde, As_2O_3) ou de plomb dans l'air ambiant.

Depuis quelques années, les taux d'arsenic mesurés dans l'air ambiant du quartier Notre-Dame, situé à moins d'un kilomètre au sud des installations de la fonderie Horne à Rouyn-Noranda inquiètent les autorités gouvernementales du Québec. Un avis du Gouvernement du Québec paru en novembre 2004, recommandait d'ailleurs de réduire rapidement (avant mai 2006) les concentrations moyennes dans le quartier à des niveaux voisins de ce qu'on retrouve dans les autres villes du Québec où il y a absence de sources ponctuelles d'émissions de poussières d'arsenic dans l'air.

Cette recommandation s'appuyait sur deux constats :

- les concentrations moyennes (arithmétiques) d'arsenic dans l'air du quartier ont augmenté par un facteur de plus de 5 fois entre 1991 et 2000;
- les organismes gouvernementaux de certains pays (comme l'EPA aux États-Unis) associent une augmentation significative du risque de cancer du poumon à des teneurs même très faibles d'arsenic dans l'air, teneurs voisines en fait du bruit de fond dans des villes non exposées.

Cette augmentation des teneurs en arsenic dans l'air aurait pu certainement inquiéter la Direction de santé publique si elle s'était poursuivie. Cependant, la tendance récente (2001-2006) montre qu'elle semble avoir été freinée, voire renversée. En effet, les moyennes annuelles des trois stations de mesure sur la période 2001-2006 se situent à environ la moitié de celle de l'an 2000 ceci, autant pour les moyennes géométriques qu'arithmétiques (voir les figures 25 et 26 en annexe). Par contre, les correctifs apportés par la fonderie ont été plutôt d'ordre administratif (touchant surtout les méthodes de travail et le choix des concentrés traités) et on peut toujours craindre un retour à des valeurs plus élevées dans un avenir plus ou moins proche. Il se peut également que la direction des vents ait été par hasard un peu différente pendant ces années-là de ce qu'elle était selon la tendance historique préalable à 2000. De plus, même aux concentrations actuelles (2001-2005), les recommandations d'organismes comme l'Environmental Protection Agency (EPA) sont largement dépassées dans le quartier (facteur de 7 à 50 selon les stations d'échantillonnage). C'est pourquoi la Direction de santé publique insiste pour que la fonderie s'attaque aux principales sources d'émissions diffuses qui affectent la population du quartier Notre-Dame. Un plan correcteur est d'ailleurs en voie de réalisation de la part de la fonderie et devrait être complété d'ici 2009. La fonderie devrait avoir alors réussi à contrôler ses sources majeures d'émissions diffuses qu'elle a identifiées en 2005-2006.

Il est important de préciser que ce problème ne touche pas l'ensemble de la municipalité de Rouyn-Noranda (30 000 personnes), mais bien un seul quartier de la ville, qui compte environ 2 500 personnes. Ce quartier, appelé quartier Notre-Dame (quartier ND) ou Vieux-Noranda, est situé à moins de 1 000 mètres des installations de la fonderie (voir carte géographique, figure 27, en annexe pour la localisation du quartier Notre-Dame dans la ville de Rouyn-Noranda). Peuvent être particulièrement touchées les quelques 300 personnes qui vivent à moins de 200 mètres du complexe industriel (voir carte géographique, figure 27, en annexe pour le découpage des secteurs d'exposition sur la carte géographique). L'échantillonnage de l'air montre que même si le quartier n'a qu'un kilomètre de longueur, les concentrations y varient beaucoup d'un endroit à l'autre passant, en 2005, de 163 nanogrammes/m³ (ng/m³) en périphérie du complexe industriel, à 20 ng/m³ à l'extrémité sud-ouest du quartier (voir localisation des échantillonneurs sur la carte géographique de la figure 29 en annexe). Cette situation démontre l'importance de distinguer entre les différents secteurs de ce quartier lorsqu'on veut caractériser l'exposition de la population.

Le seul effet attendu d'une exposition à l'arsenic atmosphérique est une augmentation du risque de développer un cancer du poumon. Cet effet a été démontré chez des cohortes de travailleurs de fonderie de cuivre exposés à des concentrations beaucoup plus élevées que celles retrouvées dans le quartier Notre-Dame actuellement. L'une de ces études (Enterline *et al.*, 1987) rapporte que l'exposition minimale à partir de laquelle on commence à voir une augmentation significative des cas de cancer (SMR à 206) serait de l'ordre de 2 000 000 ng/m³ – années, soit 200 000 ng/m³ pendant 10 ans ou 100 000 ng/m³ pendant 20 ans (pour une exposition de 8 heures par jour, 5 jours par semaine). Ces niveaux sont sans commune mesure avec ce qu'on retrouve actuellement dans l'air ambiant du quartier. On ne s'attend donc pas à retrouver beaucoup de cas de cancer du poumon dans une aussi petite population à cause de leur exposition à l'arsenic. C'est pourquoi la surveillance des cas de cancer dans cette population n'est pas un instrument approprié pour évaluer un effet sur la santé des gens exposés.

Par ailleurs, les données environnementales ne nous permettent pas non plus d'estimer le risque réel chez la population, car elles ne nous renseignent pas beaucoup sur l'exposition de la population qui, en réalité, est hautement variable d'un individu à l'autre. En effet, les échantillonneurs sont fixes, en plus de ne couvrir que la moitié la plus exposée du quartier (voir figure 29 en annexe). De plus, ils ne prennent qu'une mesure à tous les six jours¹, ne permettent pas de connaître les concentrations à l'intérieur des maisons et ne mesurent que l'arsenic total dans la poussière en suspension dans l'air alors que seules les très fines particules se rendent jusqu'aux poumons. Cependant, en réalité, la population exposée est mobile (n'est pas enfermée 24 heures par jour dans le quartier), vit la majeure partie du temps à l'intérieur de la maison et n'est affectée que par la partie la plus fine² et la plus facilement absorbable des poussières totales d'arsenic en suspension dans l'air. Bref, les données actuellement disponibles du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) sur les concentrations d'arsenic dans l'air ambiant du quartier sont très utiles pour vérifier si la fonderie réussit ou non à bien contrôler ses retombées sur le quartier, mais elles sont insuffisantes pour déterminer à quoi exactement la population est exposée. Seul un monitoring biologique pourrait nous en donner une indication. La population du quartier a été régulièrement informée de la situation par la Direction de santé publique qui a tenté de la rassurer sur l'importance du risque.

1. Les données à tous les trois jours ne sont disponibles que depuis l'été 2005.

2. Les données préliminaires de la fonderie indiquent que sur cinq échantillons analysés à date, la proportion moyenne de poussières ayant <2,5 µm de diamètre ne serait que de 52 %.

Toutefois, les échéanciers de la fonderie pour rencontrer les exigences du MDDEP et les reportages alarmistes que les médias nationaux ont consacré à la situation du quartier Notre-Dame ont alimenté l'inquiétude des gens, incluant les membres du comité de citoyens du quartier Notre-Dame.

Au moment où l'étude a débuté (décembre 2005), l'incertitude planait encore sur l'issue des négociations entre le MDDEP et la fonderie. Les impacts socio-économiques potentiels pouvaient menacer la santé globale des habitants de cette ville mono industrielle. C'est pourquoi, la Direction de santé publique en a conclu qu'une étude sur l'imprégnation s'imposait, malgré toutes ses limites, car cette option possède aussi ses limites.

Le dosage de l'arsenic inorganique urinaire est le marqueur le plus fréquemment utilisé pour mesurer l'imprégnation des populations exposées. Malheureusement, il s'agit d'un indicateur de l'exposition récente. La mesure de l'arsenic urinaire est très utile pour suivre des travailleurs exposés pendant un quart de travail (8 heures), mais elle ne dit pas grand chose au sujet de l'exposition moyenne au cours d'une année entière, encore moins sur une vie entière. À faible dose, la demi-vie de l'arsenic urinaire est de deux à quatre jours seulement.

L'autre possibilité, soit le dosage de l'arsenic dans les cheveux doit être écarté d'emblée car il n'est pas assez sensible pour décrire d'aussi faibles niveaux d'exposition que ceux retrouvés dans le quartier actuellement. De plus, le cheveu est sujet à la contamination par des poussières déposées provenant de l'environnement.

Compte tenu des limites mentionnées ci-dessus, il est quand même possible d'estimer l'exposition moyenne au cours d'une année en répétant le dosage de l'arsenic urinaire à des intervalles suffisamment rapprochés pour tenir compte des variables qui peuvent l'influencer. Ces variables sont reliées principalement aux conditions météorologiques qui vont à la fois modifier les habitudes de vie des gens et la direction des vents dominants. Les gens vont passer plus de temps dehors pendant la saison chaude où les vents dominants seront alors du sud et du sud-ouest³. Au contraire, les résidents vont se confiner davantage à l'intérieur pendant la saison froide, qui se caractérise par des vents arrivant du nord et du nord-ouest. Entre ces deux extrêmes, on retrouve des périodes de transition correspondant au printemps et à l'automne.

Bien que des intervalles plus rapprochés pourraient nous apporter plus de précision, nous avons pensé que des dosages à chaque saison allaient nous permettre de brosser un portrait valable de l'exposition moyenne de la population au cours d'une année sans compliquer à l'excès la logistique d'un suivi annuel. Ce portrait devrait nous permettre d'estimer le risque réel pour les résidents du quartier Notre-Dame et viendrait confirmer ou infirmer l'analyse de situation que la Direction de santé publique en a faite antérieurement.

3. Les vents provenant du sud dirigent les retombées atmosphériques loin du quartier Notre-Dame vers des zones peu habitées (parcs à résidus miniers, golf et parc industriel).

Le taux d'arsenic urinaire est considéré dans les limites de la normale par le laboratoire de toxicologie humaine de l'INSPQ⁴ s'il est inférieur à 19 µg/L (0,25 micromole/L). En 2003, ce laboratoire a réalisé un dosage de l'arsenic urinaire chez un échantillon de citoyens de la région de Québec (en principe non exposé à l'arsenic) afin de valider ses seuils de normalité (INSPQ, 2004). On trouvera la distribution des valeurs obtenues au tableau 1.

Tableau 1 : Distribution des valeurs d'arsenic urinaire inorganique (µg/L) chez une population québécoise non exposée à l'arsenic inorganique

	Nombre	50 ^e percentile	90 ^e percentile	97,5 ^e percentile
Tous	363	<7	10,48	23,2
Fumeurs	196	<7	10,48	24,7
Non fumeurs	167	<7	11,98	23,2
Non consommation fruits mer	101	<7	9,73	15,7
Consommation fruits mer		<7	11,23	24,7

Le tableau 1 montre que plus de la moitié des gens non exposés présentent des valeurs d'arsenic inorganique urinaire inférieures au seuil de détection (7 µg/L) de la méthode d'analyse utilisée à l'époque. Quatre-vingt-quinze pour cent (95 %) des gens ont des résultats inférieurs à 19 µg/L, d'où l'INSPQ a tiré la limite supérieure de la normale. Il est à noter que l'interprétation des résultats est compliquée par le fait qu'on peut retrouver de l'arsenic dans beaucoup de nos aliments, notamment les fruits de mer. Nous reviendrons sur ce point ultérieurement.

On retrouve cependant peu de gens exposés à l'arsenic atmosphérique au sein de la population québécoise hormis certains groupes de travailleurs. Toutefois, le Centre de toxicologie du Québec a déjà réalisé une étude de l'imprégnation à l'arsenic chez la population des 2 à 12 ans habitant le secteur de Rouyn-Noranda en 1979 (CTQ, 1980). Les concentrations d'arsenic total dans l'air ambiant au centre du quartier étaient à cette époque du même ordre de grandeur que ce qui prévaut depuis 2001-2004 dans le quartier. Les tendances centrales chez le groupe habitant le quartier Notre-Dame sont comparées à celles du groupe non exposé, habitant Évain, dans le tableau 2.

Tableau 2 : Résultats comparés des taux d'arsenic urinaire total chez les enfants exposés et non exposés en 1979⁵

	Nombre	Moyenne arithmétique**	Coeff. variation*	Médiane
Quartier Notre-Dame	105	13,4 (18,1)**	65	10,7 (14,5)
Évain	141	16,6 (22,4)	185	10 (13,5)

*CV = écart type/moyenne

** Données en µg d'arsenic/g de créatinine. Entre parenthèses : valeur équivalente en µg/L

4 Institut national de santé publique du Québec

5. Les valeurs entre parenthèses sont les données corrigées pour une concentration moyenne de 1,35 g de créatinine/L d'urine, afin d'obtenir un équivalent en µg/L. Pour convertir les µg/L en µmol/L, il faut multiplier les premiers par 0,01335.

Au tableau 2, on remarque qu'à cette époque, les concentrations d'arsenic urinaire total atteignaient la limite supérieure actuelle de la normale (19 $\mu\text{g/L}$) pour l'arsenic non alimentaire (inorganique). Étant donné qu'il s'agissait d'arsenic total, nul doute que les valeurs obtenues auraient été en deçà de cette limite si l'on avait dosé uniquement l'arsenic inorganique (non alimentaire). Le groupe non exposé (Évain) aurait pu à ce moment se distinguer un peu plus du groupe exposé (quartier Notre-Dame)⁶. Il faut aussi retenir qu'il s'agit d'un échantillon d'enfants, donc plus susceptible d'afficher de fortes valeurs étant donné que leur exposition peut se faire par les sols en plus de l'inhalation (la seule voie d'absorption chez les adultes). Il est à noter que ces résultats proviennent de prélèvements réalisés au début de l'automne (entre le 13 septembre et le 14 octobre 1979), un moment de l'année où les enfants ont encore un certain contact avec les sols.

6. La valeur élevée du CV pour le groupe d'Évain est probablement due à quelques résultats excentriques provenant d'individus ayant consommé des fruits de mer.

Introduction

Tel que mentionné dans la mise en situation précédente, la présente étude s'efforcera de décrire la situation des résidents du quartier ND à Rouyn-Noranda en ce qui concerne leur imprégnation à l'arsenic au moyen d'un dosage de l'arsenic urinaire chez un échantillon représentatif de cette population, lequel sera comparé à un échantillon d'un quartier non exposé de résidents d'un quartier non exposé (Évain) de la même ville. Une analyse de certains facteurs explicatifs (variables indépendantes), tels que la concentration d'arsenic dans l'air ambiant, la dose d'exposition personnelle de chaque participant, l'âge, le sexe, la scolarité, la consommation de fruits de mer, etc. suivra la présentation des résultats de l'arsenic urinaire pour chacune des saisons de l'année écoulée entre décembre 2005 et octobre 2006.

Après avoir détaillé la méthodologie, nous présenterons les résultats, incluant les relations avec les variables indépendantes. Cette section sera suivie de commentaires sur les résultats, de la conclusion générale et finalement, de nos recommandations.

Objectif spécifique de l'étude

L'objectif spécifique de l'étude est d'estimer, à partir de mesures d'arsenic non alimentaire urinaire, l'exposition au trioxyde d'arsenic chez les résidents du quartier Notre-Dame. Les résultats seront comparés à un groupe contrôle non exposé ainsi qu'à la distribution des valeurs normales dans l'échantillon de l'INSPQ. L'échantillon chez les résidents du quartier Notre-Dame tiendra compte de la dispersion géographique afin de vérifier la relation qui existe entre les taux urinaires et les concentrations atmosphériques, lesquelles varient en fonction de l'éloignement de la fonderie.

Cet objectif contient une hypothèse sous-jacente, à savoir qu'il faut tenir compte des habitudes de vie de la population exposée avant d'estimer le risque à la santé relié aux concentrations mesurées dans l'air extérieur. Par ailleurs, ce ne sont pas toutes les habitudes de vie qui auront un impact, mais uniquement celles qui influencent la proportion du temps passé dehors dans le secteur exposé, car nous croyons que les concentrations dans l'air intérieur des résidences sont à peu près nuls par rapport aux concentrations extérieures, sauf pendant les trois mois d'été.

1. Méthodologie

1.1 POPULATION À L'ÉTUDE

1.1.1 Choix du groupe non exposé

Deux groupes, l'un considéré *exposé* et l'autre *non exposé* ont été constitués. Le groupe exposé est un échantillon des 2 450 résidents du quartier Notre-Dame. Le groupe non exposé est un échantillon des 2 600 résidents du quartier Évain situé à 10 km environ de la fonderie Horne sous les vents les moins fréquents au cours d'une année, soit les vents d'est. Le quartier Évain a été préféré à d'autres quartiers non exposés de la ville de Rouyn-Noranda parce qu'il était le seul pour lequel les concentrations atmosphériques d'arsenic étaient documentés et aussi parce qu'il constitue un milieu moins rural que les autres candidats possibles, le quartier ND étant typiquement urbain.

Les taux d'arsenic dans l'air tels que mesurés par l'échantillonneur à haut débit dans la partie urbaine du quartier Évain sont très faibles (moyenne arithmétique en deçà de 3 ng/m³ en 2005 et 2006). Comme nous n'avons pas de données pour les années antérieures, une vérification a été faite des teneurs d'arsenic dans les sols non remaniés du village d'Évain à l'été 2005. Il s'agit du cumul de retombées atmosphériques éventuelles pendant au moins les vingt dernières années. Les résultats sont présentés au tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Taux d'arsenic dans les sols à Évain

	Arsenic total (mg/kg)*
Terrain vague, secteur rue Payeur (secteur est du quartier)	4,7
Parc Victor (secteur nord-ouest)	2,1
Terrain vague près du HLM (secteur sud-est)	7,2
Terrain vague près de la rue Renaud (secteur sud)	3,0

* Prélèvements composite de sols de surface (premiers 2,5 cm)

Les résultats du tableau 3 montrent que le quartier Évain a été très peu touché par les retombées de la fonderie au cours des 20 dernières années. En effet, selon les données du MDDEP, le bruit de fond au Québec pour l'arsenic varierait entre 5 et 15 mg/kg selon les régions géologiques⁷.

1.1.2 Choix du groupe exposé

Compte tenu de la variabilité attendue des concentrations d'arsenic dans le quartier Notre-Dame, l'échantillon du groupe exposé a été sélectionné en assurant une représentativité de la population non seulement du quartier mais aussi de chacun des quatre grands secteurs d'exposition que l'on retrouve dans ce quartier (voir figure 28 en annexe pour la délimitation des secteurs). Aussi, l'échantillon des exposés sera-t-il en fait un continuum en soi, comptant quatre sous-groupes représentant chacun une classe d'exposition (forte, modérée, faible, très faible).

1. MDDEP (2001), Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, annexe 2.

1.1.3 Recrutement de l'échantillon et collecte des données

1.1.3.1 Groupe exposé

En théorie, le choix de la taille d'un échantillon dépend principalement de l'importance de la variation du phénomène étudié dans la population totale. Ceci peut être mesuré par l'écart type autour de la moyenne pour ce phénomène dans une population non exposée. Pour déterminer cet écart type, il faut se baser sur des résultats obtenus lors d'autres études sur d'assez grandes populations. Deux études nous ont servi à cet effet. La première (Polissar, L., *et al.*, 1990) mentionne un écart type de 5,5 µg/L (arsenic non alimentaire) chez 31 personnes résidant dans un village non exposé des États-Unis. La seconde (Goss Gilroy, 2005), mentionne un écart type de 5,63 µg/L dans un échantillon de 321 résidents d'un village non exposé près de Sudbury en Ontario. Ce qui montre une certaine concordance au niveau de la variation des taux d'arsenic urinaire chez les non-exposés. Avec un écart type de cet ordre, nous avons calculé qu'un échantillon de 200 personnes nous donnerait un intervalle de confiance de 0,645 autour de la moyenne. Ce qui signifie qu'il nous faudrait un écart minimal de 1,2 µg/L entre le groupe exposé et le groupe non exposé pour déclarer cette différence significative avec un niveau de confiance de 95 % (test bilatéral). Pour un test unilatéral (probabilité que les moyennes soient supérieures chez les exposés) un écart de 0,645 µg/L suffirait.

Or, les différences entre exposés et non-exposés sont beaucoup plus importantes que 1,2 µg/L habituellement. Par exemple, dans l'étude de Polissar (Polissar, L., *et al.*, 1990), cette différence était de 9,3 µg/L entre la moyenne de 650 échantillons d'urine prélevés auprès de 435 personnes vivant à proximité (moins de 0,5 km) d'une fonderie de cuivre et 61 échantillons d'urine prélevés chez 31 personnes habitant à plus de 160 km de la même fonderie. L'écart type chez les exposés était cependant plus important que chez les non exposés. Il était de 25,9 µg/L (vs 5,5 µg/L chez les non-exposés). Avec un écart type de cet ordre, il nous faudrait une différence d'au moins 5 µg/L entre les moyennes pour déclarer significative (test bilatéral) cette différence. Il nous paraît donc que notre échantillon de 200 personnes a une taille plus que suffisante pour nous permettre de déceler une différence non attribuable au hasard entre les exposés et les non-exposés, si jamais il y en avait une, même minime.

Un échantillon aléatoire de 200 personnes représente environ 8 % de la population totale du quartier. Pour nous assurer de sa représentativité, nous avons déterminé quelle devrait être sa distribution de classes d'âge si on voulait reproduire celle du dernier recensement de Statistique Canada (2001) validée à partir des données de population par code postal en 2005. Si notre échantillon aléatoire de 8 % était représentatif, il devrait avoir à peu près la distribution suivante (tableau 4) de classes d'âge dans chacun des secteurs.

Tableau 4 : Répartition théorique des participants dans chacun des secteurs du groupe exposé

	0-4 ans	5-9 ans	10-14 ans	15-24 ans	25-60 ans	60 ans et +	Total
Portelance-Carter	3	4	2	10	24	4	47
Nord-ouest Murdoch	3	2	3	7	23	10	48
Sud-Murdoch	3	3	3	8	33	14	64
Murdoch-Carter	1	2	2	7	22	7	40
Total	10	12	11	31	102	35	199

Pour arriver à reconstituer cet échantillon théorique, nous avons utilisé une technique de recrutement qui consistait à visiter une proportion fixe des logements dans chaque secteur et de solliciter ensuite tous les occupants des logements sélectionnés. Compte tenu du nombre de logements inventoriés dans le quartier Notre-Dame (Statistique Canada, 2001) un logement sur treize a été sélectionné pour constituer notre groupe exposé. Un bulletin d'information avait été distribué au préalable dans chaque foyer pour sensibiliser les résidents à l'importance de participer à cette étude. Pendant une période intensive précédant la première campagne de prélèvement, les logements étaient choisis par un recruteur⁸ affecté à ce secteur, lequel contactait le premier logement de la rue, sollicitait la participation de tous les occupants, leur faisait remplir un questionnaire et un formulaire de consentement (voir en annexe) puis passait au treizième logement suivant. Et ainsi de suite jusqu'à épuisement des numéros civiques dans chaque secteur. En cas d'absence des occupants dans un des logements ainsi sélectionné, le recruteur laissait une carte de visite invitant les occupants à le contacter. Si aucun lien n'était établi après deux relances des occupants, le logement immédiatement voisin était sélectionné en remplacement.

Cette procédure nous a permis de recruter 206 participants répartis dans une centaine de logements. Le nombre de participants variera entre 40 et 64 d'un sous-secteur à l'autre. L'échantillon recruté a eu finalement la répartition suivante :

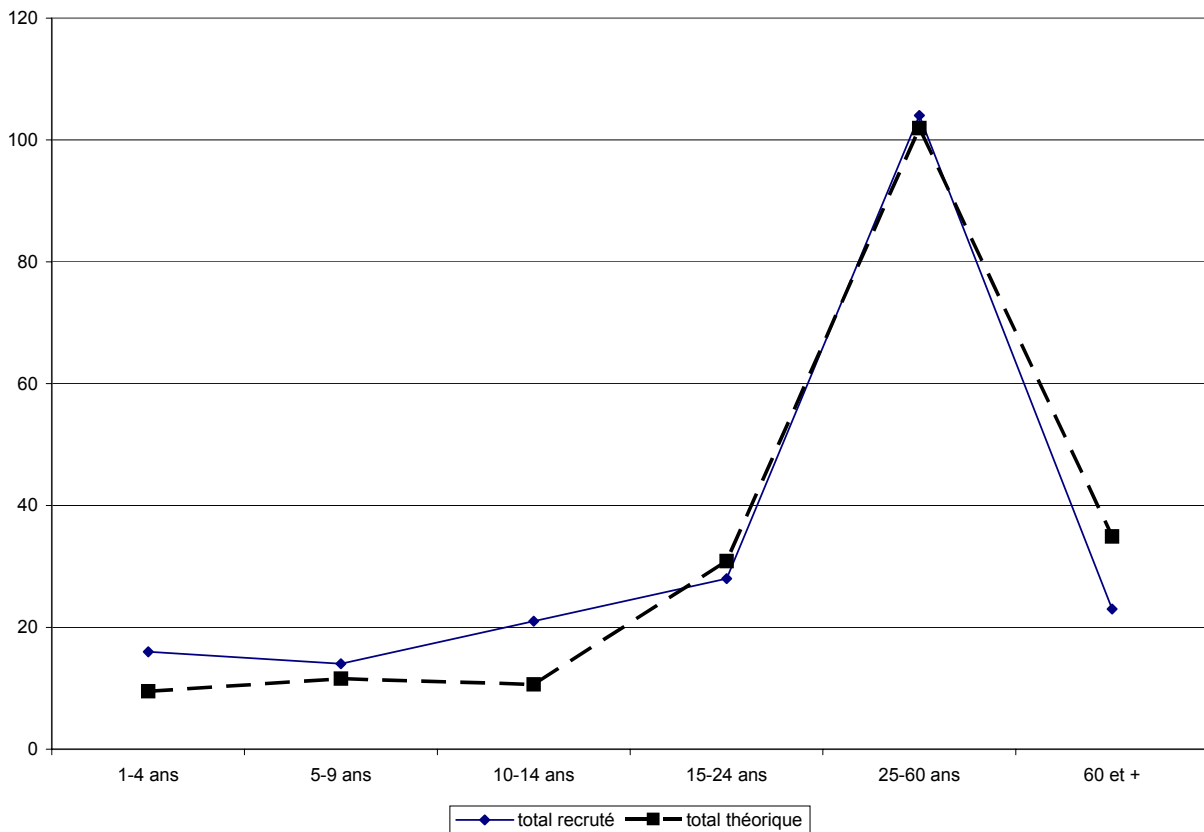
Tableau 5 : Répartition des participants recrutés dans chacun des secteurs du groupe exposé

	1-4 ans	5-9 ans	10-14 ans	15-24 ans	25-60 ans	60 ans et +	Total
Carter-Portelance	1	5	8	8	22	3	47
Nord-ouest Murdoch	3	2	7	7	27	4	50
Sud-Murdoch	7	2	4	8	34	14	69
Murdoch-Carter	5	5	2	5	21	2	40
Total quartier ND	16	14	21	28	104	23	206

On peut voir à la figure 1 de la page suivante une illustration des similitudes entre les tableaux 4 et 5.

8. L'équipe était constituée de cinq recruteurs (un par secteur exposé et un pour le groupe-témoin) entraînés pour cette tâche. Les mêmes individus s'occupèrent ensuite de la distribution et la récupération des échantillons d'urine.

Figure 1 : Comparaison entre l'échantillon théorique et l'échantillon recruté dans le quartier Notre-Dame

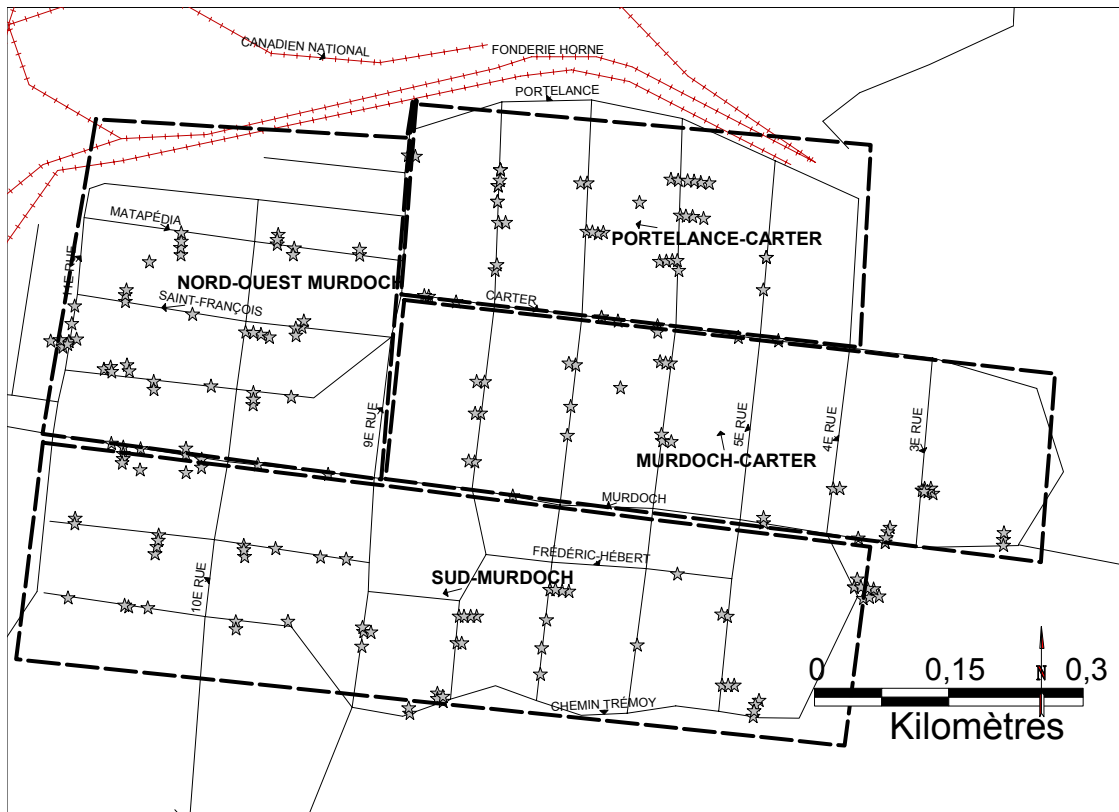


La figure 1 montre que les courbes de distribution par groupe d'âge sont très similaires entre l'échantillon théorique et l'échantillon recruté. On note, cependant, une surreprésentation des moins de 14 ans et une sous-représentation des 60 ans et plus.

Les participants devaient aussi satisfaire à certains critères d'admissibilité (par exemple, les travailleurs de la fonderie Horne ont été exclus (à moins qu'on ne puisse s'assurer qu'ils ne soient pas exposés à l'arsenic au cours de leur travail). Un questionnaire (voir en annexe) administré à chaque participant a permis de documenter ses caractéristiques socioéconomiques et de contrôler certains facteurs pouvant influencer les résultats (ex. : utilisation de produits de taxidermie contenant de l'arsenic, consommation de fruits de mer, tabagisme, etc.). L'objectif principal du questionnaire était cependant de documenter, pour chaque participant, la proportion du temps hebdomadaire passé dans le quartier (incluant le sommeil) et la proportion de temps de résidence dans le quartier passé dehors (près de la résidence et à plus de 100 mètres de la résidence).

Il est à noter que la technique de recrutement choisie permettait de s'assurer que l'échantillon sélectionné serait uniformément réparti sur l'ensemble du territoire du quartier. Cet objectif était important à rencontrer si on voulait s'assurer que l'échantillon sélectionné reflète l'étendue complète des concentrations atmosphériques qu'on retrouve dans ce quartier. On trouvera à la figure 2 la répartition géographique des quelques 200 participants recrutés dans le quartier Notre-Dame.

Figure 2 : Localisation de l'ensemble des participants recrutés dans l'échantillon du groupe exposé



On remarque à la figure 2 que l'échantillon est assez bien réparti non seulement sur l'ensemble du quartier mais aussi à l'intérieur même de chacun des secteurs. Le respect de la représentativité par classes d'âge dans chaque quartier nous a toutefois forcé à privilégier ce critère parfois au détriment de la distribution géographique.

1.1.3.2 Groupe non exposé

Le groupe non exposé quant à lui est réparti sur le territoire du quartier Évain de la municipalité de Rouyn-Noranda. Il est constitué d'une centaine de participants (4 % de la population totale de 2 500 personnes), recrutés de préférence dans la partie du périmètre urbain d'Évain. Les recruteurs choisissaient au hasard certaines résidences et sollicitaient la participation des occupants. Une sélection plus ciblée des participants en fonction des groupes d'âge fut nécessaire à la fin du processus afin de bien appairer le groupe-témoin au groupe exposé.

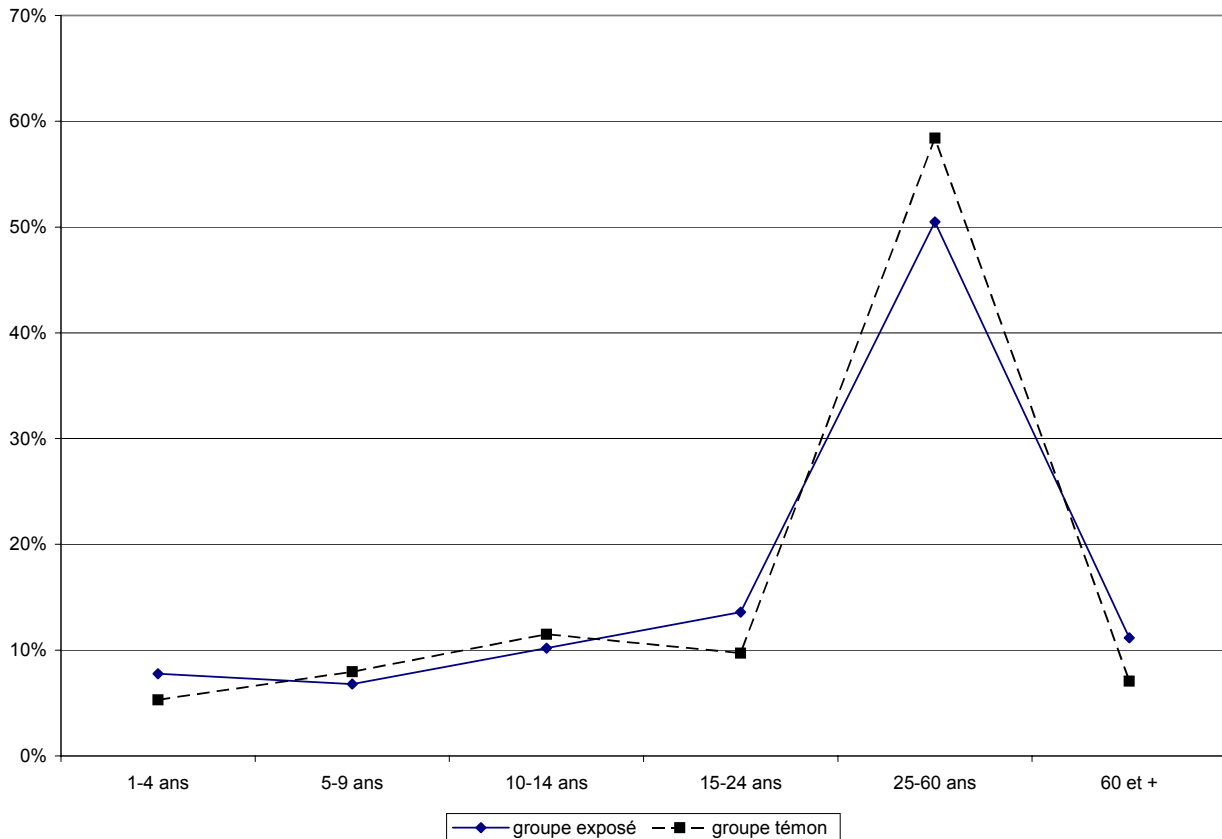
Le tableau 6 présente la distribution des groupes d'âge chez le groupe non exposé.

Tableau 6 : Répartition des classes d'âge chez le groupe non exposé (Évain)

	1-4 ans	5-9 ans	10-14 ans	15-24 ans	25-60 ans	60 ans et +	Total
Groupe non exposé	7	10	11	16	59	9	113

Les différences et similitudes entre la distribution des classes d'âge chez le groupe recruté des exposés et des témoins sont illustrées dans le graphique de la figure 3.

Figure 3 : Comparaison entre la distribution des classes d'âge chez les exposés et les témoins



On remarque la similitude entre les proportions dans chacune des classes d'âge. Les écarts entre les proportions pour une même classe d'âge dans les deux distributions sont en général inférieurs à 3 %, sauf pour la classe des 25-60 ans, surreprésentée dans le groupe-témoin. Il n'y a toutefois pas de différence statistiquement significative entre les deux distributions de classes d'âge (exposés vs témoins)⁹.

9. Coefficient de corrélation de Pearson pour le Chi-carré = 3.99; ddl = 5; valeur p = 0,550.

1.1.4 Masse corporelle chez les exposés et les non exposés

Comme on le sait l'indice de masse corporelle est directement relié à la taille et au poids. En plus d'être comparables au niveau de l'âge, nos deux groupes exposés et non exposés, sont aussi très bien comparables au niveau de la taille et du poids, comme on pourra s'en convaincre en consultant le tableau 7.

Tableau 7 : Répartition des tailles et des poids parmi les 246 participants à l'étude qui ont fourni leurs mensurations

Groupe d'âge	Quartier	Taille (m)		Poids (kg)	
		Moyenne arithmétique	Écart type	Moyenne arithmétique	Écart type
1-4 ans	quartier ND	0,91	0,1	14,97	2,41
	Évain	0,99	0,09	16,67	1,79
5-9 ans	quartier ND	1,26	0,15	31,13	9,91
	Évain	1,29	0,07	27,56	3,55
10-14 ans	quartier ND	1,52	0,16	45,73	10,08
	Évain	1,63	0,11	49,67	10,69
15-24 ans	quartier ND	1,7	0,09	63,16	9,77
	Évain	1,69	0,1	63,81	16,4
25-60 ans	quartier ND	1,67	0,09	73,56	16,83
	Évain	1,66	0,1	69,38	19,35
> 60 ans	quartier ND	1,63	0,08	72,78	18,89
	Évain	1,61	0,09	78,6	12,93
Tous	quartier ND (n=162)	1,56	0,25	61,5	24,14
	Évain (n=84)	1,59	0,2	61,72	23,45

Les résultats pour chaque classe d'âge ont été comparés entre les exposés et les non exposés en utilisant le test statistique du T de Student et du U de Mann-Whitney (non paramétrique). Dans les deux cas, aucune différence significative ($p < 0,05$) n'a pu être mise en évidence pour ce qui est des distributions de taille et de poids dans les diverses classes d'âge. Nous en concluons donc que nos deux groupes sont comparables, malgré le fait que nous ne disposons pas de données pour 100% des participants (78 % des participants dans le cas du quartier ND et 74 % des participants dans le cas d'Évain).

Il n'est probablement pas essentiel d'avoir des groupes comparables pour la taille et le poids, mais ces deux paramètres ont une influence sur le volume d'air inhalé (qui dépend de l'indice de masse corporelle), ne serait-ce que pour maintenir le métabolisme basal. Nous savons donc qu'il n'y a pas de facteur confondant introduit par le fait que, par exemple, notre groupe exposé inhalerait moins d'air par jour pour une ou plusieurs classes d'âge.

1.1.5 Caractéristiques socio-économiques de la population étudiée

Pour ne pas allonger indûment le corps de ce rapport, on trouvera en annexe la description détaillée de multiples variables indépendantes que nous avons documentées afin de vérifier si elles avaient une influence sur la variation des taux d'arsenic urinaire. Ces variables sont : le sexe, la scolarité, la présence d'un système de ventilation dans la résidence, l'endroit de travail, l'endroit de scolarisation, de gardiennage (dans le cas des enfants), l'occupation (travailleur, chômeur ou retraité), l'utilisation de produits de taxidermie ou de bois traité, la consommation occasionnelle d'eau provenant de secteurs contaminés à l'arsenic, la fréquence de consommation de fruits de mer. Nous avons aussi documenté les habitudes de vie comme la durée de résidence dans le quartier et dans le logement actuel et le nombre d'heures hebdomadaires passées dehors selon les saisons.

L'analyse de ces données nous apprend que le groupe exposé se distingue peu du groupe non exposé mis à part le fait qu'on retrouve plus de fumeurs dans le groupe exposé. Il existe cependant des différences entre les résidents des quatre secteurs. Les secteurs Carter-Portelance et Carter-Murdoch ont une surreprésentation de femmes, ont une plus forte proportion de revenus annuels sous la moyenne municipale, et ont moins d'universitaires. Le secteur Sud-Murdoch abrite plus d'enfants ainsi que de retraités que les autres secteurs.

Concernant les habitudes de vie, on note que les résidents du quartier ND déclarent passer en moyenne plus de 80 % de leur temps dans leur quartier, dont 4,2 heures dehors par jour en été et 2 heures par jour en hiver¹⁰. Parmi les secteurs, ce sont les résidents de Carter-Portelance (le secteur le plus exposé) qui déclarent passer le plus d'heures dehors quotidiennement. Par contre, les déménagements sont fréquents dans le quartier ND, puisque, selon les données du recensement de 2001, 50 % des résidents déclaraient y habiter depuis moins de cinq ans. Nos données démontrent que la situation est semblable dans notre échantillon de 2006, avec une durée médiane de résidence dans le quartier de 7 ans, dont 4 seulement dans le logement actuel. Par comparaison, à Évain la durée médiane de résidence était de 12 ans. En fait, moins de 10 % des résidents du quartier y demeurent plus de 25 ans (cette proportion était de 20 % à Évain). On peut donc difficilement assumer que 100 % de la population du quartier ND y passera toute sa vie (70 ans), comme le suppose l'application intégrale du critère d'air ambiant proposé par l'EPA (3 ng/m³).

1.2 PRÉLÈVEMENTS URINAIRES

Les prélèvements d'urine sont réalisés à intervalles fixes correspondant approximativement aux changements de saison. Ce qui nous donne quatre campagnes de prélèvements au cours d'une année. Nous en avons ajouté une cinquième afin d'insister sur la période estivale, la plus exposée théoriquement, car les gens y passent une plus grande partie du temps dehors. Chaque prélèvement était réalisé à date fixe pour tous les participants afin de pouvoir associer les concentrations urinaires à des concentrations atmosphériques similaires pour tout le monde, peu importe leurs habitudes de vie. Pour la même raison, nous avons tenté d'obtenir un prélèvement de la première urine du matin pour tout le monde. Cette condition a pu être satisfaite pour la majorité des participants. Le dosage de la créatinine dans le prélèvement nous a permis d'identifier les individus qui auraient eu une urine anormalement diluée ou concentrée. Ils furent l'exception.

10. Ce nombre d'heures dehors apparaît cependant surestimé si on se fie aux données fournies pour les quatre jours précédant chacune des cinq campagnes de prélèvement.

La première campagne de prélèvement eut lieu le 13 décembre 2005, la seconde le 16 avril 2006, la troisième, le 13 juin 2006, la quatrième, le 16 août 2006 et la cinquième, le 3 octobre 2006. Le choix des dates était en partie arbitraire tout en tenant compte des variations climatiques saisonnières dans notre région (l'hiver ne commence pas nécessairement le 22 décembre chez nous). Nous avons toutefois évité de choisir des dates qui correspondraient à des périodes de vacances généralisées (Noël, Pâques, St-Jean, Fête du travail, semaines de chasse à l'original) où plusieurs citoyens peuvent s'absenter de leur quartier.

À chacune des campagnes de prélèvement, une feuille de route (voir en annexe) était complétée par chaque participant afin de lui servir d'aide-mémoire, ceci dans le but de documenter certaines de ses habitudes de vie (par ex. : consommation de fruits de mer) pendant les quatre jours précédant le prélèvement et qui pourraient influencer son taux d'arsenic urinaire. Le principal facteur à documenter, c'était la proportion du temps passé dehors dans le quartier (à moins de 100 mètres et à plus de 100 mètres du domicile) pour chacun des quatre jours. Notre hypothèse étant que le taux d'arsenic urinaire varie directement en fonction de cette proportion pour un même site de résidence.

Quelques jours avant la date du prélèvement, les recruteurs faisaient la distribution dans chaque foyer d'une trousse comprenant les pots (préalablement étiqueté au nom de chaque participant) pour prélèvement d'urine, la feuille de route, la carte géographique, les verres de styromousse et autres équipements requis. Le jet de la première urine du matin était dirigé par le participant dans le verre à café en styromousse propre puis versé dans le contenant de plastique à couvercle vissé non stérile de 90 ml (couvercle jaune #500030) fourni avec la trousse. Dans le cas des bébés aux couches, l'urine de la nuit est recueillie dans un dispositif spécial (U-Bag) collé sur l'abdomen du bébé puis transvidé le matin par un des parents dans le contenant de plastique à couvercle vissé. Les pots une fois remplis étaient déposés dans des sacs de plastique fermés et remisés au réfrigérateur jusqu'à ce que le recruteur vienne les ramasser le jour même ou le lendemain au domicile de chaque participant.

1.2.1 Analyses de l'arsenic urinaire en laboratoire

Les contenants une fois ramassés par les recruteurs étaient acheminés en groupe au laboratoire de toxicologie humaine de l'INSPQ. Les prélèvements y furent entreposés au frigo jusqu'à l'analyse. La préparation de l'échantillon permettait d'éliminer la contribution de l'arsenic alimentaire (principalement l'arsénobétaïne). Elle comporte deux étapes : dissolution, après attaque à l'acide (HCL), dans le toluène afin d'extraire, après réduction avec l'iodure de potassium, tous les produits organiques puis ensuite, récupération de l'arsenic inorganique (et également les métabolites urinaires de l'arsenic tels les acides mono et biméthyl arsénoïques) avec HNO_3 . Ce qui permet de récupérer l'arsenic inorganique et ses principaux métabolites organiques (MMA et DMA) tout en éliminant l'arsénobétaïne, principal constituant de l'arsenic alimentaire. L'analyse est ensuite effectuée par spectrophotographe à émission plasma, couplé à un spectrographe de masse (ICP-MS). La limite de détection de cette méthode est de $0,7 \mu\text{g/L}$ ($0,009 \mu\text{mol/L}$), un seuil dix fois inférieur à celui de la méthode courante pour le dosage de l'arsenic urinaire à l'INSPQ. Ceci afin de s'assurer qu'une différence, même très minime, entre le groupe exposé et le groupe-témoin puisse être quantifiée.

L'élimination de la contribution de l'arsenic alimentaire n'est toutefois pas complète par cette méthode. D'une part, on retrouve des traces d'arsenic inorganique dans plusieurs aliments assez communs (riz, épinards, farine, jus de raisin, etc.). Des teneurs plus importantes peuvent se retrouver dans le poulet nourri à partir de concentrés protéiniques à base de crevettes. D'autre part, l'arsénobétaïne retrouvée

surtout dans les fruits de mer, y compris les produits à base d'algues marines (comme les sushis) peut ne pas être éliminée totalement par l'analyse en laboratoire et augmenter ainsi artificiellement le taux d'arsenic non alimentaire. Surtout lorsqu'on mesure de faibles niveaux dans l'urine, il peut devenir difficile d'associer les valeurs d'arsenic urinaire aux seules expositions environnementales. En supposant que le groupe non exposé à Évain a adopté à peu près les mêmes habitudes alimentaires que celui des exposés, on peut minimiser cette difficulté d'interprétation en se comparant aux mesures de tendance centrale chez les non exposés pour obtenir un « *bruit de fond régional* ».

Il en va autrement pour les valeurs individuelles. Le questionnaire rempli par chaque participant pourra alors nous aider à identifier certains individus qui pourraient avoir eu d'importantes expositions soit à de l'arsénobétaïne soit à de l'eau potable contaminée à l'arsenic. Dans tous les cas où on obtenait une valeur d'arsenic non alimentaire supérieure à 15 µg/L, nous avons demandé un dosage de l'arsenic total dans l'échantillon d'urine. La présence de différences importantes entre l'arsenic total et l'arsenic non alimentaire constituait pour nous un indice d'une influence de l'arsenic alimentaire sur le résultat d'arsenic non alimentaire (inorganique). Dans la totalité des cas où les teneurs d'arsenic non alimentaire étaient élevées (par exemple >30 µg/L), nous avons obtenu des valeurs beaucoup plus importantes pour l'arsenic total. L'écart important entre les deux nous incite à croire qu'il s'agissait d'une influence alimentaire, même si l'individu ne rapportait pas de consommation de fruits de mer pendant les quatre jours précédant le prélèvement. Étant donné d'une part, que ces individus à teneur élevée se retrouvaient tout aussi bien dans le groupe exposé que dans le groupe non exposé et, d'autre part, que notre façon de faire fournissait une évidence indirecte, mais toujours contestable, nous n'avons pas éliminé ces individus de nos résultats¹¹. D'ailleurs, dans les études que nous avons consultées sur le sujet, aucune ne présentait une telle exclusion des cas. Le fait d'inclure ou non les cas présentant de grands écarts entre l'arsenic total et l'arsenic non alimentaire ne change d'ailleurs pas fondamentalement les résultats globaux, comme nous l'avons vérifié pour les principales associations de l'arsenic urinaire avec les variables indépendantes. Toutefois, ce sont eux qui expliquent les taux d'arsenic urinaire parfois légèrement inférieurs chez les exposés que chez les non exposés. Sur des sous-groupes plus restreints (par exemple les comparaisons par secteurs d'exposition), ils expliquent probablement une bonne partie des différences que nous avons notées.

1.3 ANALYSES STATISTIQUES DES RÉSULTATS

Les valeurs inférieures au seuil de détection ont été assumées égales à la moitié de ce seuil. Les analyses ont été faites à l'aide du logiciel SPSS (v. 12.0). La partie descriptive (moyenne, écart type, centiles, etc.) du traitement a été suivie d'une partie associative.

Pour les variables quantitatives, les groupes d'exposition ont été comparés à l'aide de tests de comparaison de moyennes (T de Student) ou d'analyse de la variance (ANOVA). Des tests du chi carré seront effectués pour vérifier l'homogénéité des variables catégoriques (sexe, niveau d'éducation, tabagisme passif, etc.) entre les groupes et sous-groupes.

11. De façon opérationnelle, le véritable problème était de déterminer un critère à partir duquel on pouvait considérer anormal l'écart entre l'arsenic total et l'arsenic non alimentaire. Le laboratoire ne pouvait nous fournir de standard à cet égard et notre groupe était trop restreint pour que nous puissions imaginer développer un tel critère à partir de nos propres données expérimentales.

Des tests de régression linéaire ont été réalisés pour vérifier la corrélation entre les variables dépendantes et indépendantes quantitatives (par exemple, la dose d'exposition et le taux d'arsenic urinaire). Finalement, le modèle linéaire général a été utilisé pour vérifier le poids relatif de chacune des variables indépendantes, qu'elles soient ordonnées ou quantitatives, dans l'explication de la variation globale (R^2) des résultats d'arsenic urinaire.

Il est important de souligner ici que les mesures d'association ont été faites en se basant sur les valeurs logarithmiques plutôt que les valeurs brutes d'arsenic urinaire. Deux raisons nous justifient l'avoir fait, soit :

1. Tel que démontré dans la sous-section 2.2.1.2 de la section Résultats, la distribution des valeurs d'arsenic urinaire suit davantage une courbe log-normale qu'une courbe normale et ceci, autant chez les exposés que chez les non exposés. Comme la plupart des tests statistiques que nous avons utilisés supposent une distribution normale des résultats, il était alors plus logique d'utiliser les valeurs log pour nos données.
2. Tel que discuté dans la sous-section précédente (1.2), nous avons toutes les raisons de croire que c'est la contribution de l'arsenic alimentaire (et non l'exposition à l'arsenic atmosphérique) qui explique le mieux nos valeurs les plus élevées d'arsenic inorganique (non alimentaire). Or, l'utilisation des valeurs log a l'avantage de pondérer les valeurs élevées, en corrigeant à la baisse leur contribution dans les mesures de tendance centrale. En l'absence d'un critère fiable nous permettant d'éliminer les valeurs élevées attribuables probablement à une influence alimentaire, nous avons pu ainsi trouver un compromis qui nous permette à la fois de conserver toutes les valeurs élevées dans nos calculs et ne pas trop influencer les résultats des tests statistiques par des valeurs extrêmes qui ne reflètent pas le phénomène que nous voulons mesurer, à savoir l'imprégnation de la population à l'arsenic inorganique émis par la fonderie.

1.4 ÉVALUATION DES CONCENTRATIONS ENVIRONNEMENTALES D'ARSENIC (AIR ET SOLS)

Les données de sept stations de mesures de l'air ambiant (un échantillon de 24 heures consécutives à tous les trois jours, prélevé par un échantillonneur à haut débit) ont été colligées pendant les 4 jours précédant chaque prélèvement. Des médianes ont été établies pour chaque secteur d'exposition (incluant le secteur dit « non exposé » à Évain) afin de caractériser le niveau moyen de concentration d'arsenic dans chaque secteur de résidence des participants.

La date de chaque prélèvement urinaire coïncide avec un lendemain d'une journée d'échantillonnage. L'échantillonnage précédant se situant trois jours plus tôt, nous disposons donc de deux mesures de 24 heures (à 48 heures d'intervalle) sur les quatre jours qui ont précédé le prélèvement urinaire. Les conditions météo (direction et force des vents) pendant les quatre jours précédant le prélèvement ont été notées et ont servi à interpréter les valeurs moyennes au besoin, notamment pour pallier à l'absence de données sur les niveaux ambiants pendant les jours 2 et 3 précédant le prélèvement. Notons cependant qu'il s'agit d'arsenic total, lequel n'est pas nécessairement inhalable à 100 %. La fonderie Horne mène actuellement des études sur la fraction respirable ($< 2,5 \mu\text{m}$) d'arsenic dans la poussière totale d'arsenic recueillie sur les filtres ainsi que sur la forme chimique de l'arsenic qu'on y retrouve. Ces données seront éventuellement utilisées pour pondérer les valeurs d'arsenic total mesurées aux sept stations dès qu'elles seront disponibles.

Les teneurs d'arsenic dans les sols ont été établies à partir des données du dernier suivi de l'arsenic dans les sols (mai 2005). Ces valeurs sont présentées dans la carte géographique (figure 23 en annexe). Elles permettent d'estimer l'ordre de grandeur de l'exposition des jeunes enfants pendant la période estivale. La moyenne géométrique des 15 pâtés de 25 terrains résidentiels était, en 2005, de 44 mg d'arsenic total par kg de terre (ppm) avec une valeur maximale à 103 ppm et minimale à 22 ppm. En principe, on note une décroissance du nord au sud des teneurs en arsenic des sols. Toutefois, une décontamination partielle des sols au nord du quartier ND effectuée en 2003-2004 a contribué à réduire artificiellement ce gradient nord-sud.

1.5 ÉVALUATION DES DOSES D'EXPOSITION DES PARTICIPANTS

Chaque participant avait à noter dans un journal de bord le nombre d'heures passées dans son quartier, dehors et à l'intérieur de sa résidence, pendant les quatre jours précédant chaque prélèvement. Cela nous aura permis de quantifier les durées d'exposition aux concentrations mesurées dans l'air extérieur. Malheureusement, nous ne connaissons pas les concentrations dans l'air intérieur des résidences. Pour y arriver il nous faut aussi connaître le facteur de protection conféré par l'étanchéité de chaque maison par rapport à l'air extérieur. Ce qui est hors de question dans une étude de cette envergure. Dans la littérature, on a tenté de déterminer empiriquement ce facteur. On a obtenu des valeurs se situant entre 30 % et 60 %, dépendamment du type de maison, du type de contaminant et du type de climat ambiant. Habituellement, il s'agissait de contaminants présents pendant de longues heures, voire des journées entières, dans l'air extérieur. Ce qui n'est pas le cas dans le quartier Notre-Dame où les émissions fugitives responsables du gros des concentrations mesurées, ne restent que quelques minutes dans l'air (moins de 15 minutes habituellement). Dans ces conditions, il serait logique de penser que très peu d'arsenic atmosphérique pénètre dans l'air intérieur des maisons, à moins que les portes et fenêtres ne soient ouvertes (ce qui ne se produit que quatre mois par année environ). C'est pourquoi, nous avons postulé que la dose d'exposition des résidents sera principalement reliée à la période de temps qu'ils passeront dehors pendant les quelques jours précédant chacun des prélèvements urinaires, sauf pendant les prélèvements d'été.

Si nous acceptons cette hypothèse, la dose d'exposition individuelle sera donc égale à la concentration dans l'air extérieur pondérée en fonction de la proportion de temps (sur 24 heures) que chaque individu passera dehors. Par exemple, si on mesure 300 ng/m³ dehors sur 24 heures pour une journée donnée et qu'un des participants a noté avoir passé deux heures dehors cette journée-là, on lui assignera une exposition équivalente à 25 ng/m³ (300 x 2/24). Le nombre d'heures dehors sera fractionné en nombre d'heures près de la résidence (où on lui assignera le niveau d'exposition mesuré aux échantillonneurs de son secteur) et en nombre d'heures passées dehors ailleurs que dans son secteur (où on lui assignera le niveau d'exposition moyen pour l'ensemble des sept échantillonneurs du quartier). Pour reprendre notre exemple ci-dessus, si notre participant a passé une heure au total ailleurs dans le quartier (en plus de deux heures près de sa résidence), et si la concentration moyenne des sept échantillonneurs est de 50 ng/m³, sa dose d'exposition sera pondérée ainsi :

$$(300 \text{ ng/m}^3 \times 2/24) + (50 \text{ ng/m}^3 \times 1/24) = 27 \text{ ng/m}^3.$$

Ce calcul représente une grossière approximation puisqu'il suppose que tous les gens exposés inhalent le même volume d'air peu importe leur degré d'activité physique, leur âge ou leur indice de masse corporelle. Cependant, nous croyons que ces variations individuelles auront pour effet de s'annuler plus ou moins les unes les autres compte tenu de l'importance de notre groupe exposé (200 personnes de tous âges, activités physiques et indices de masse corporelle). Ce calcul suppose aussi que 100 % des particules d'arsenic total présentes dans l'air sont respirables. Ce qui est probablement une surestimation de l'exposition réelle.

1.6 ÉTHIQUE

Tous les participants ont signé un formulaire de consentement après avoir été dûment informés des tenants et aboutissants. Ils ont été libres de se retirer de l'étude à tout moment. Ce qu'une toute petite minorité a d'ailleurs fait. Une copie du formulaire de consentement sera conservée par le responsable de l'étude à la Direction de santé publique pour deux années.

Toute l'information recueillie pour les fins de cette étude a été traitée et conservée pour assurer la confidentialité des données nominales. Seules les données dépersonnalisées seront publiées. Cependant, chaque participant a reçu par la poste une copie de ses résultats individuels, accompagnée d'une interprétation. Tous les individus présentant des valeurs supérieures à la normale ont fait l'objet d'un suivi individuel minimal (visant par exemple à éliminer une source d'exposition autre que l'arsenic atmosphérique ou dans les sols). Les cas nécessitant un suivi médical individuel auraient été référés à leur médecin de famille avec explications.

2. Résultats

Pour simplifier la présentation des résultats, bien que chacune des cinq campagnes constitue un tout en soi, nous allons présenter les facteurs de variations de l'arsenic urinaire uniquement pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées ensemble, tout en mentionnant au passage certaines particularités temporelles s'il y en avait quand on compare les campagnes individuelles les unes aux autres.

Dans ce rapport, nous présenterons d'abord les statistiques descriptives. Viendront ensuite les associations entre les mesures biologiques (arsenic non alimentaire urinaire) et les facteurs de variation (taux d'arsenic atmosphérique, localisation géographique, âge, durée de séjour dehors, etc.).

2.1 TAUX DE PARTICIPATION

Parmi les 319 personnes recrutées au départ (novembre 2005), nous n'avons jamais pu obtenir 100 % de participation. En fait, le nombre de personnes participantes a décliné au fur et à mesure que l'étude se déroulait. Ce phénomène était attendu et nous avons augmenté de 20 % l'effectif requis pour obtenir un échantillon représentant 8 % de la population totale en prévision des abandons en cours de route (déménagements, maladies, décès, etc.). Le tableau 8 présente les taux de participation dans chacun des secteurs pour chacune des cinq campagnes de prélèvements.

Tableau 8 : Taux de participation pour chacune des cinq campagnes

Secteur	Décembre	Avril	Juin	Août	Octobre	Total
	<i>Nombre de participants</i>	<i>Nombre de participants</i>	<i>Nombre de participants</i>	<i>Nombre de participants</i>	<i>Nombre de participants</i>	<i>Par secteur</i>
Carter-Portelance	43	37	34	37	35	186
(% du total/campagne)	14%	14%	13%	15%	14%	14%
Nord-ouest Murdoch	49	43	41	34	38	205
	16%	16%	16%	14%	15%	15%
Sud-Murdoch	67	62	63	55	59	306
	22%	23%	24%	23%	23%	23%
Carter-Murdoch	36	31	34	30	27	158
	12%	11%	13%	12%	10%	12%
Évain	108	98	92	87	99	484
	36%	36%	35%	36%	38%	36%
Total/campagne	303	271	264	244	258	1340
	100%	100%	100%	100%	100%	100%

On remarque au tableau 8 que nous disposons de 1 340 prélèvements au total pour estimer l'exposition d'environ 325 personnes au cours des quatre saisons de l'année. Ceci constitue une base de données exhaustive pour un aussi petit échantillon.

Les taux de participation ont varié au cours des campagnes de surveillance. Ce phénomène est en bonne partie attribuable aux départs, absences et oublis plutôt qu'à des abandons (9 abandons au total sur 319 recrutés). Toutefois, certains secteurs furent plus touchés que d'autres par les départs. C'est pourquoi nous avons dû remplacer une partie de l'effectif de la cohorte originale sélectionnée en novembre 2005 pour éviter une sous-représentation de la population totale de ces secteurs. En fait, 319 personnes avaient accepté de faire partie de la cohorte en novembre 2005 et nous avons remplacé 17 de ces personnes en cours d'année, ce qui donne un total de 336 participants différents. Huit recrutés n'ont participé à aucune des quatre campagnes, ce qui nous donne un total de 328 personnes qui ont contribué à au moins une des cinq campagnes de surveillance. Le tableau 8 nous permet de constater que chaque secteur occupe une proportion à peu près constante de l'ensemble de la participation d'une campagne à l'autre. Autrement dit, le poids relatif de chaque secteur du quartier Notre-Dame ainsi que du groupe non exposé ne varie pas d'une campagne à l'autre. Ce qui s'explique en bonne partie par le fait que ce sont les mêmes personnes que nous avons suivies d'une campagne à l'autre. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à consulter les données du tableau 9.

Le tableau 9 résume la situation en terme de nombre de campagnes auxquelles chaque recruté a participé.

Tableau 9 : Nombre de campagnes auxquelles chaque recruté a participé

Nombre de campagnes auxquelles chaque recruté a participé	Nombre de participants	Pourcentages
0 campagne	8	
1 campagne	31	9%
2 campagnes	17	5%
3 campagnes	26	8%
4 campagnes	74	23%
5 campagnes	180	55%
Total	336	
Participé à au moins une campagne	328	100%

Parmi les 328 personnes ayant participé à au moins une campagne, 48 (13 %) ont participé à deux campagnes et moins, 26 (8 %) ont participé à trois campagnes et 254 (78%) ont participé à au moins quatre des cinq campagnes. On peut donc penser que, pour près de 80 % de la cohorte, nous avons des données d'arsenic urinaire pour une très grande partie de l'année 2006. Ceci démontre également que ce sont majoritairement les mêmes gens qui ont participé aux quatre campagnes et que les résultats sont donc comparables d'une campagne à l'autre en ce qui concerne les individus qui y ont pris part.

2.2 NIVEAUX D'ARSENIC URINAIRE POUR LES CINQ CAMPAGNES DE PRÉLÈVEMENT

2.2.1 Comparaison des valeurs de tendance centrale d'arsenic urinaire entre les exposés et non-exposés

2.2.1.1 Variations temporelles

Différentes mesures de tendance centrale peuvent résumer la distribution des résultats dans un échantillon de la taille du nôtre. La médiane est probablement une meilleure approximation compte tenu des quelques valeurs élevées que nous retrouvons chez les participants, notamment à cause de l'influence de l'arsenic alimentaire sur les valeurs d'arsenic non alimentaire. Par contre, les moyennes (arithmétiques ou géométriques) se prêtent mieux à l'utilisation de tests statistiques standard pour les comparaisons de moyennes.

On trouvera au tableau 10 une comparaison des valeurs médianes pour chacune des cinq campagnes chez les exposés et chez les non-exposés.

Tableau 10 : Valeurs médianes de la distribution des niveaux d'arsenic urinaire ($\mu\text{g/L}$) non alimentaire chez les participants

	13 décembre 2005	12 avril 2006	13 juin 2006	16 août 2006	3 octobre 2006	Toutes les campagnes
Ensemble du quartier ND	3,6	3,6	2	0,375	4,3	3,2
Évain	4	3,5	2	0,375	5,4	3,3

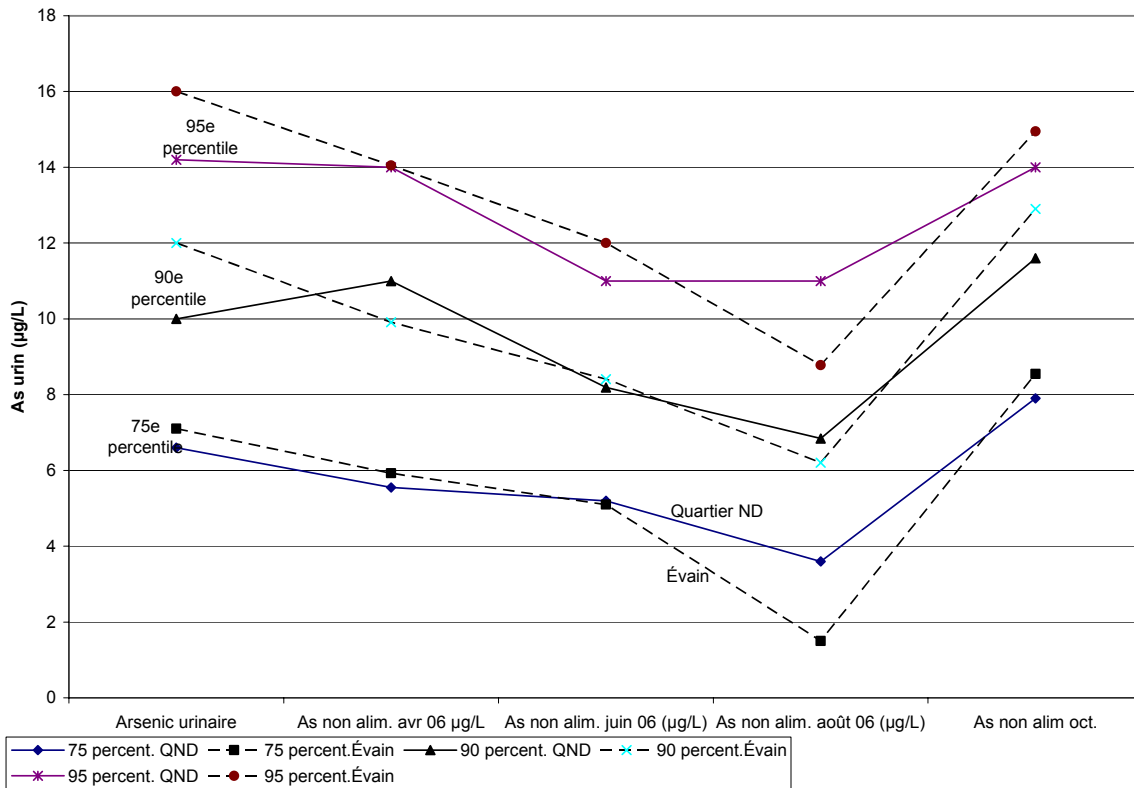
On remarque au tableau 10 que les valeurs sont généralement faibles et assez semblables d'une campagne à l'autre, sauf en août où elles furent très faibles. Il est remarquable de constater que les variations saisonnières chez les exposés furent très semblables à celles chez les non-exposés. Ceci sera d'ailleurs vérifié statistiquement aux tableaux 12 et 13. Quant aux moyennes arithmétiques, elles sont un peu plus élevées que les médianes, car plus influencées par les valeurs extrêmes. Elles sont présentées au tableau 11.

Tableau 11 : Moyennes arithmétiques de la distribution des niveaux d'arsenic urinaire ($\mu\text{g/L}$) non alimentaire chez les participants

	13 décembre 2005	12 avril 2006	13 juin 2006	16 août 2006	3 octobre 2006	Toutes les campagnes
Ensemble du QND	4,8	4,4	3,7	2,4	5,59	4,2
Évain	5,6	4,7	3,6	2,3	6,14	4,5
Valeur p, test T de Student, échantillons indépendants	0,176	0,684	0,991	0,829	0,421	0,217

Pour chacune des cinq campagnes de prélèvement, il n'y a aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les moyennes arithmétiques d'arsenic urinaire chez les exposés et chez les non-exposés ceci en dépit du fait que notre échantillon était de taille suffisante pour déceler des différences significatives de l'ordre de moins de $2 \mu\text{g/L}$, si elles existaient. À la figure 4 de la page suivante, on trouvera une comparaison des principaux percentiles (75^e, 90^e et 95^e) pour chacune des cinq campagnes entre les exposés et les non-exposés.

Figure 4 : Comparaison de la distribution (percentiles) des valeurs d'arsenic urinaire entre les exposés et les non-exposés pour chacune des cinq campagnes de prélèvement



On remarque à la figure 4 que la distribution de chacun des percentiles présentés est assez semblable chez les exposés (quartier ND) et les non-exposés (Évain). Les variations temporelles des percentiles suivent à peu près les mêmes variations que les médianes, avec des valeurs un peu plus basses en été. Il est à noter que la distribution de nos valeurs correspond assez bien à celle de l'INSPQ dans son étude de 2003 (INSPQ, 2004). Si maintenant on examine la situation chez les seuls exposés, on remarque certaines différences entre les niveaux moyens d'arsenic urinaire selon la saison. Les données sont présentées au tableau 12.

Tableau 12 : Variations temporelles de l'arsenic urinaire chez les exposés (quartier ND)

	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle de confiance à 95 % sur la moyenne		Minimum	Maximum
				ICI	ICS		
Décembre 2005	195	4,79	4,94	4,10	5,49	0,38	34
Avril 2006	173	4,42	4,97	3,67	5,16	0,38	34
Juin 2006	171	3,61	6,34	2,66	4,57	0,38	54
Août 2006	156	2,40	3,68	1,82	2,98	0,38	29
Octobre 2006	157	5,59	4,97	4,80	6,37	0,375	33
Total	852	4,19	5,17	3,84	4,54	0,375	54

ANOVA, variances non homogènes : F=9,15;ddl=4; 847; p<0,0001

On remarque au tableau 12 qu'il existe des différences statistiquement significatives chez les exposés entre les différentes campagnes. Il y a donc des fluctuations temporelles, avec des niveaux d'arsenic urinaire plus faibles en été (juin et août) que pendant le reste de l'année¹². Ce constat est assez surprenant, en ce sens qu'on se serait attendu à des niveaux supérieurs, sinon égaux en été, compte tenu que les gens passent plus de temps dehors pendant la belle saison. C'est pourquoi nous avons fait le même exercice chez les non exposés afin de vérifier si les variations de l'arsenic urinaire y suivent la même tendance temporelle. Les résultats sont présentés au tableau 13.

Tableau 13 : Variations temporelles de l'arsenic urinaire chez les non-exposés (Évain)

	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle de confiance à 95 % sur la moyenne		Minimum	Maximum
				ICI	ICS		
Décembre 2005	108	5,63	5,28	4,63	6,64	0,38	34
Avril 2006	98	4,65	4,34	3,78	5,52	0,38	21
Juin 2006	92	3,62	4,48	2,69	4,55	0,38	27
Août 2006	87	2,26	5,42	1,10	3,41	0,38	42
Octobre 2006	100	6,14	5,57	5,03	7,24	0,38	39
Total	485	4,55	5,21	4,09	5,02	0,38	42

ANOVA, variances homogènes : F=8,98;ddl=4; 480; p<0,0001

On remarque au tableau 13, les mêmes variations temporelles chez les non exposés que chez les exposés, à savoir des taux plus faibles en été (juin et août). Ce qui nous porte à croire encore une fois que nos deux groupes, exposés et non exposés, se comportent de façon semblable en ce qui concerne les variations de l'arsenic urinaire.

2.2.1.2 Comparaison de l'arsenic urinaire chez les exposés et non-exposés pour l'ensemble des campagnes de surveillance

Le tableau 14 présente les données mais regroupées pour l'ensemble des cinq campagnes. Ceci élimine les variations temporelles en cours d'année mais permet d'augmenter la puissance des tests statistiques en augmentant considérablement la taille de l'échantillon (qui passe d'environ 300 pour chacune des campagnes à 1 300 pour les cinq campagnes regroupées).

Tableau 14 : Comparaison des valeurs d'arsenic urinaire pour l'ensemble des cinq campagnes chez les exposés et les non exposés

Ville	Nombre de participants	Moyenne arithmétique (µg/L)	Écart type (µg/L)	Médiane (µg/L)	75 ^e percentile	90 ^e percentile	95 ^e percentile	max
Quartier ND	852	4,19	5,17	2,9	5,67	10	13	54
Évain	485	4,55	5,21	3,3	6,3	11	14	42

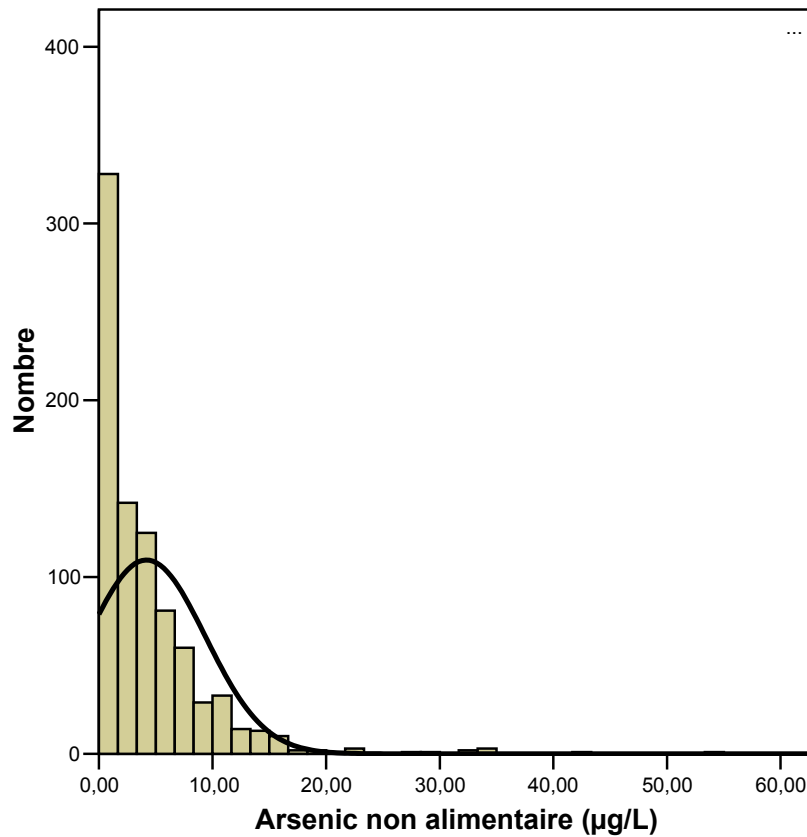
T de Student, échantillons indépendants (variances égales) : t=-1,232; ;ddl=1 335; p=0,217

12. Ces différences significatives tiennent toujours si on utilise les moyennes géométriques plutôt qu'arithmétiques.

On remarque au tableau 13 que pour les 1 337 prélèvements analysés au cours des cinq campagnes, les niveaux moyens d'arsenic urinaire ne sont pas statistiquement différents ($p > 0,05$) entre les exposés et les non-exposés. Voyons maintenant plus en détails la distribution des valeurs parmi les deux groupes (exposés et non-exposés).

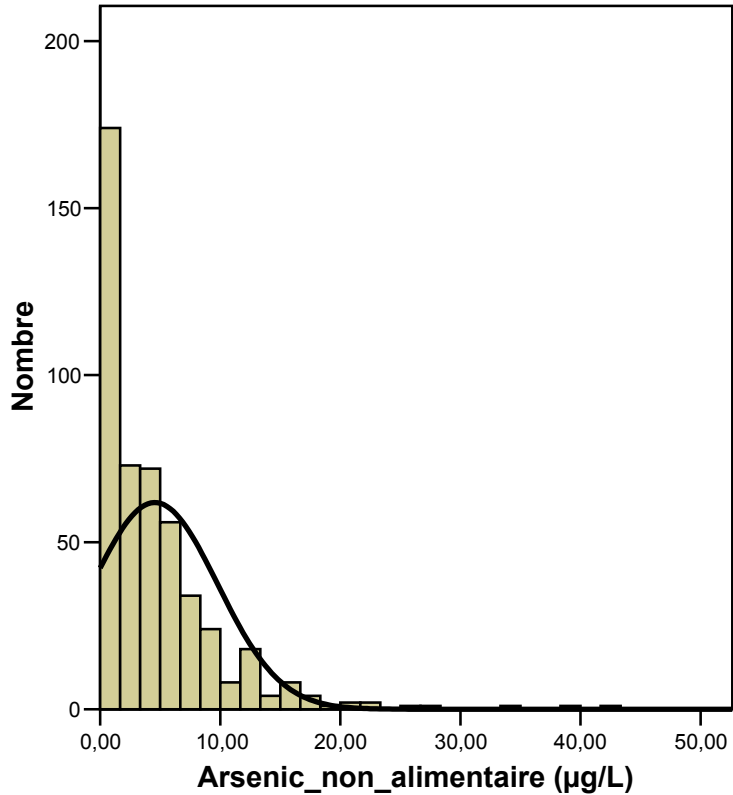
Le graphique de la figure 5 montre que la distribution des valeurs d'arsenic urinaire dans le quartier ND suit grosso modo une courbe log-normale.

Figure 5 : Distribution des niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés pour l'ensemble des cinq campagnes



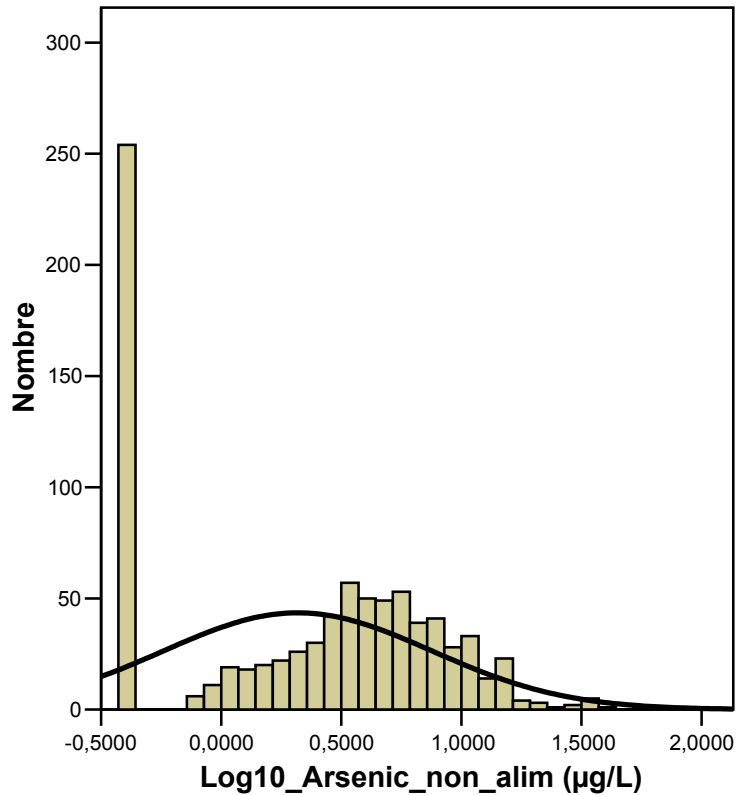
La courbe continue superposée aux histogrammes de la figure 5 représente l'approximation de courbe normale qui correspondrait le mieux à notre distribution des valeurs. Dans ce cas-ci, cette courbe a plus l'allure d'une courbe log-normale que d'une courbe normale. La figure 6 présente le même exercice mais chez les non-exposés (Évain).

Figure 6 : Distribution des niveaux d'arsenic urinaire chez les non-exposés pour l'ensemble des cinq campagnes



On remarque à la figure 6 le même type de distribution des valeurs chez les non-exposés (Évain) que chez les exposés (quartier ND), c'est-à-dire une courbe log-normale dans les deux cas. D'ailleurs, une transformation logarithmique (\log_{10}) des valeurs d'arsenic urinaire permet de retrouver une distribution beaucoup plus proche de la courbe normale, comme on le constatera à la figure 7 de la page suivante qui présente la distribution des valeurs \log_{10} d'arsenic urinaire chez les exposés.

Figure 7 : Distribution des logarithmes des niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés pour l'ensemble des cinq campagnes



On remarque à la figure 7 que la courbe aurait probablement eu une allure très semblable à une courbe normale si on avait pu quantifier de façon précise les valeurs sous le seuil de détection (qui sont ici représentées par l'histogramme le plus élevé pour la valeur -0,5). La proportion importante de ces valeurs a une influence sur la distribution qui s'en trouve artificiellement déportée vers la gauche. Le même phénomène se constate aussi chez les non-exposés.

Compte tenu de toutes ces particularités, le choix d'un mode ou l'autre d'utilisation des valeurs demeurera toujours un peu arbitraire. Nous avons choisi d'utiliser les valeurs log pour les mesures associatives en statistiques, pour les raisons invoquées dans la section Méthodologie (sous-section 1.3).

Nous représentons donc au tableau 15 les données du tableau 14, mais en utilisant les valeurs log cette fois.

Tableau 15 : Comparaison des valeurs log d'arsenic urinaire pour l'ensemble des cinq campagnes chez les exposés et les non exposés

Ville	Nombre de participants	Moyenne géométrique (µg/L)	Écart type géométrique (µg/L)	Médiane (µg/L)	75 ^e percentile	90 ^e percentile	95 ^e percentile	max
Quartier ND	852	2,07	3,6	2,89	5,66	10,	12,88	54
Évain	485	2,3	3,6	3,29	6,29	11	14	42

T de Student, échantillons indépendants (variances égales) : $t=-1,397$; $ddl=1\ 335$; $p=0,163$

On remarque au tableau 15 que l'utilisation des moyennes géométriques plutôt qu'arithmétiques ne change pas fondamentalement les résultats du test statistique, bien qu'elle diminue un peu la contribution des valeurs extrêmes dans la distribution percentile.

2.2.2 Niveaux d'arsenic urinaire en fonction du secteur de résidence dans le quartier Notre-Dame

On a vu, dans la section Introduction, que les taux d'arsenic dans l'air variaient beaucoup à l'intérieur du quartier ND, même s'il s'agit d'un petit quartier d'une superficie totale dépassant à peine 1 km². Le découpage de nos secteurs à l'intérieur du quartier est fonction du découpage des aires de dénombrement de Statistiques Canada. Cependant, la plupart se démarquent les uns des autres en fonction des taux d'arsenic dans l'air qu'on y retrouve. En effet, les concentrations atmosphériques varient selon un gradient nord-sud et est-ouest, à cause des vents dominants nord et nord-ouest en saison froide. L'été, les vents suivent plutôt un axe qui va du sud au nord ou du sud à l'ouest, lesquels ne favorisent pas la retombée des émissions fugitives sur le quartier ND.

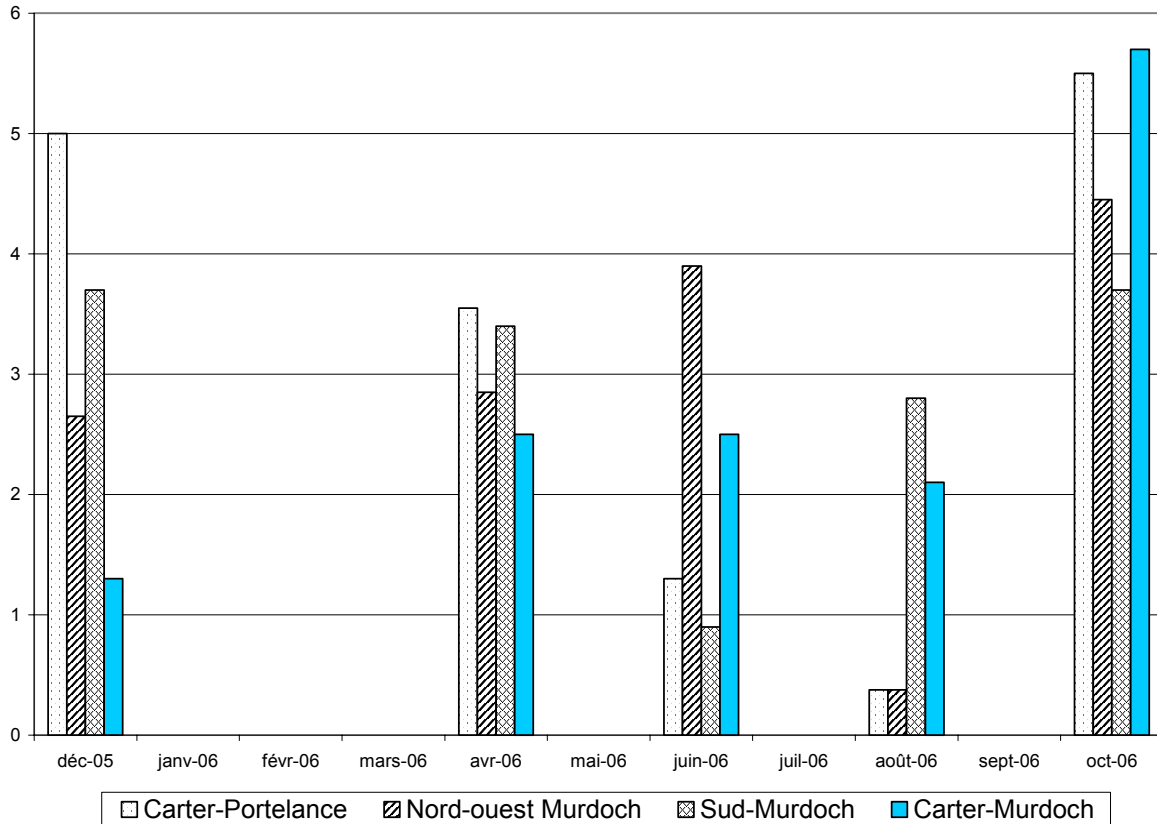
Toutes autres choses étant égales, nous nous attendions donc à ce que les taux d'arsenic urinaire soient plus élevés chez les résidents du secteur Carter-Portelance, de loin le plus exposés aux retombées atmosphériques, que dans les autres secteurs. Cependant, ce ne fut pas toujours le cas comme le démontre le tableau 16 ainsi que le graphique de la figure 8.

Tableau 16 : Comparaison des médianes d'arsenic urinaires entre les différents secteurs du quartier ND

	12 décembre 2005	12 avril 2006	13 juin 2006	16 août 2006	3 octobre 2006	Ensemble des campagnes
Carter-Portelance	5	3,55	1,3	0,375	5,5	3,2
Carter-Murdoch	1,3	2,5	2,5	2,1	4,45	3,0
Nord-ouest Murdoch	2,65	2,85	3,9	0,375	3,7	2,5
Sud-Murdoch	3,7	3,4	0,9	2,8	5,7	2,7

Bien qu'il existe des différences parfois importantes entre les médianes d'un secteur à l'autre, les valeurs sont toutes assez faibles si on les compare avec la limite supérieure de la normale de l'INSPQ, soit 19 µg/L. De plus, le secteur Carter-Portelance n'est pas toujours celui présentant les plus fortes valeurs d'une campagne à l'autre. Ce phénomène est mieux illustré sur le graphique de la figure 8.

Figure 8 : Comparaison entre les médianes d'arsenic urinaire de chacun des secteurs du quartier ND à chaque campagne de prélèvement en 2005-2006



Par exemple, à la figure 8 on remarque que le secteur Carter-Portelance domine en décembre et avril, mais qu'il a l'une des plus faibles médianes en août. En juin, ce sera Nord-ouest de Murdoch qui prédominera largement. En avril, Sud-Murdoch aura également l'une des médianes les plus élevées; en octobre, ce sera Carter-Murdoch. Ces différences apparentes entre les secteurs semblent plutôt attribuables à la dispersion des valeurs qu'à de réelles différences si on les soumet à des tests statistiques.

En effet, les tests de comparaison de moyennes géométriques (ANOVA, test de Tamhane sur des variances non homogènes entre les secteurs) montrent que les moyennes sont rarement significativement différentes entre les secteurs. Seuls les résultats d'août montrent des différences ($p < 0,05$) significatives entre certains secteurs (Carter-Murdoch et Sud-Murdoch).

Lorsqu'on regroupe ensemble tous les résultats pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance, il devient plus évident qu'aucun secteur ne se démarque systématiquement des autres en cours de route, tel qu'on peut le constater au tableau 17.

Tableau 17 : Moyennes géométriques des taux d'arsenic urinaire pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance en fonction du secteur de résidence

	Nombre	Moyenne géométrique (µg/L)	Écart type géométrique (µg/L)	Intervalle de confiance à 95% sur la moyenne		Maximum
				ICI	ICS	
Carter-Portelance	184	2,35	3,67	1,95	2,84	33,00
Nord-Ouest Murdoch	205	2,23	3,41	1,89	2,64	54,00
Sud-Murdoch	306	1,86	3,66	1,61	2,16	43,00
Carter-Murdoch	157	2,05	3,71	1,66	2,52	34,00
Total	852	2,08	3,62	1,91	2,27	54,00

ANOVA (variances homogènes), ddl : 3; 848, F= 1,52; p=0,207

Sur les quelques 850 résultats disponibles pour le quartier Notre-Dame, on constate qu'il y a très peu d'écart entre les secteurs. D'ailleurs, aucune différence statistiquement significative entre eux n'a pu être établie (p=0,207).

2.2.3 Taux d'arsenic dans l'urine en fonction de l'âge

On s'attend à ce que les taux d'arsenic urinaire varient en fonction de l'âge, avec des taux supérieurs chez les jeunes enfants, ce qui fut le cas pour presque toutes les campagnes, sauf en décembre et en août, comme on le constatera au tableau 18.

Tableau 18 : Moyennes arithmétiques d'arsenic urinaire (µg/L) chez les résidents du quartier ND selon les classes d'âge pour chacune des campagnes de surveillance

	Classe d'âge	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type
As non alim. déc. 05 µg/L	1-4 ans	13	5,01	4,05
	5-9 ans	14	6,83	6,10
	10-14 ans	20	5,50	4,69
	15-24 ans	25	4,54	3,63
	25-60 ans	99	4,80	4,98
	> 60 ans	24	3,12	5,71
	Total	195	4,79	4,94
As non alim. avr 06 µg/L	1-4 ans	11	7,87	9,43
	5-9 ans	15	6,24	5,79
	10-14 ans	19	4,20	3,69
	15-24 ans	20	4,91	4,73
	25-60 ans	85	4,28	4,58
	> 60 ans	23	1,97	2,87
	Total	173	4,43	5,00

Tableau 18 (suite)

	Classe d'âge	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type
As non alim. juin 06 (µg/L)	1-4 ans	13	8,55	8,68
	5-9 ans	12	2,90	2,33
	10-14 ans	16	3,40	3,63
	15-24 ans	15	2,77	2,84
	25-60 ans	79	4,44	7,88
	>60 ans	23	0,86	1,25
	Total	158	3,88	6,53
As non alim. août 06 (µg/L)	1-4 ans	12	2,08	2,12
	5-9 ans	11	3,05	4,44
	10-14 ans	13	1,94	3,22
	15-24 ans	13	2,18	2,74
	25-60 ans	80	3,04	4,35
	>60 ans	26	0,70	0,92
	Total	155	2,41	3,69
As non alim. oct 06 (µg/L)	1-4 ans	12	9,05	3,10
	5-9 ans	14	11,64	10,10
	10-14 ans	16	5,47	3,06
	15-24 ans	10	4,74	4,06
	25-60 ans	81	5,31	4,09
	>60 ans	25	2,42	1,87
	Total	158	5,68	5,09

Cependant, les effectifs de chaque classe d'âge étant assez minces pour chaque campagne, il est plus difficile de faire ressortir des différences statistiquement significatives entre les classes d'âge. Les différences les plus notables se situent en juin, où les 1-4 ans ont des taux significativement supérieurs à tous les groupes d'âge et en octobre où ils ont des taux supérieurs aux plus de 25 ans. Quand on regroupe ensemble les résultats d'arsenic pour l'ensemble des cinq campagnes, on remarque que l'effet de l'âge demeure présent comme on peut le constater au tableau 19.

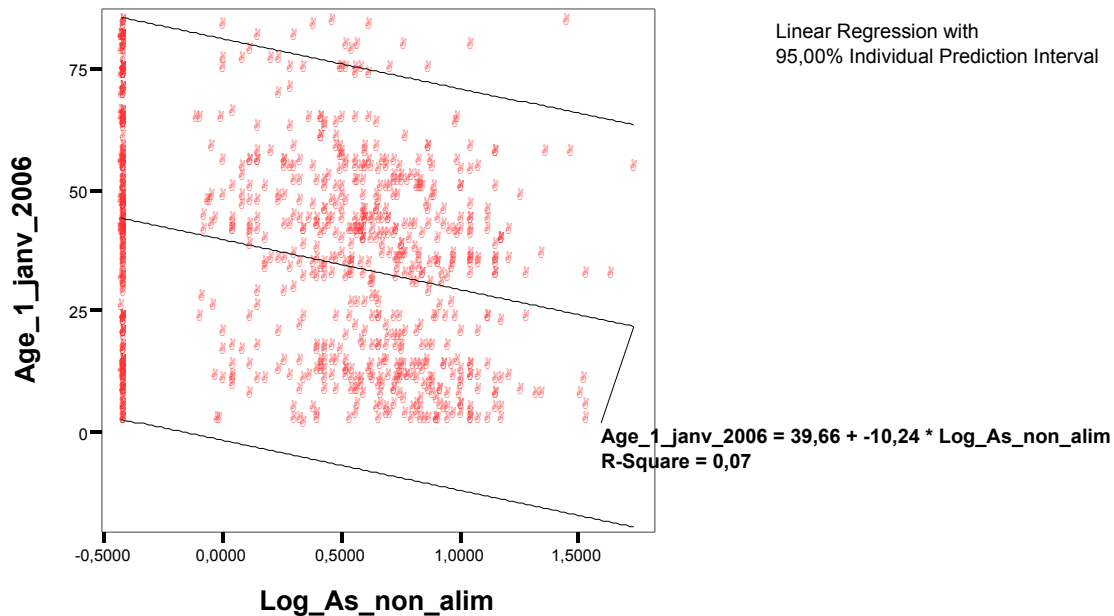
Tableau 19 : Moyennes géométriques d'arsenic urinaire en fonction de l'âge pour l'ensemble des cinq campagnes chez les participants du quartier ND

	Nombre	Moyenne géométrique	Écart type	Intervalle de confiance à 95 %		Minimum	Maximum
				ICI	UCI		
1-4 ans	61	3,74	3,58	2,69	5,18	0,38	34
5-9 ans	66	3,10	3,73	2,24	4,29	0,38	33
10-14 ans	86	2,23	3,60	1,70	2,94	0,38	16
15-24 ans	83	2,13	3,48	1,62	2,80	0,38	19
25-60 ans	433	2,26	3,45	2,01	2,54	0,38	54
>60 ans	123	0,89	2,95	0,73	1,08	0,38	28
Total	852	2,08	3,62	1,91	2,27	0,38	54

ANOVA (variances homogènes), F=16,37; ddl : 5; 846, p<0,0001.

Les niveaux moyens d'arsenic urinaire sont significativement plus élevés chez les 1-4 ans et chez les 5-9 ans que chez tous les autres groupes d'âge. De plus, les plus de 60 ans ont des taux d'arsenic urinaire significativement plus faibles que tous les autres. On aura une meilleure représentation visuelle de la relation de l'arsenic urinaire et de l'âge chez les exposés dans le diagramme de dispersion présenté à la figure 9.

Figure 9 : Dispersion des valeurs d'arsenic urinaire chez les exposés en fonction de l'âge (au 1^{er} janv. 2006)



On remarque à la figure 9, une relation inverse entre l'âge et le niveau d'arsenic urinaire chez les exposés. C'est-à-dire que plus on avance en âge, moins on a des niveaux élevés d'arsenic urinaire. La grande dispersion des valeurs autour de la droite de régression montre cependant que l'équation de la droite de régression linéaire explique moins de 7 % de la variance. Bien que ce phénomène montre que la relation inverse de l'arsenic avec l'âge présente de fortes variations individuelles chez les exposés, elle n'en est pas moins plus importante que chez les non-exposés (Évain) comme on peut le constater au tableau 20. Cette relation est beaucoup plus faible chez les non-exposés.

Tableau 20 : Comparaison entre les différentes classes d'âge pour Évain pour les données des cinq campagnes agrégées ensemble

Classe âge	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle de confiance à 95 %		Minimum	Maximum
				ICI	UCI		
1-4 ans	23	2,22	3,28	1,33	3,72	0,38	8
5-9 ans	44	2,24	3,47	1,53	3,26	0,38	39
10-14 ans	52	2,97	3,64	2,07	4,26	0,38	19
15-24 ans	38	2,68	3,68	1,75	4,12	0,38	22
25-60 ans	294	2,31	3,71	1,99	2,68	0,38	42
> 60 ans	34	1,40	3,44	0,91	2,16	0,38	16
Total	485	2,31	3,65	2,06	2,59	0,38	42

ANOVA (variances égales), F=1,52; ddl = 5; 479; p=0,182

On remarque au tableau 20 que l'effet d'âge noté pour les exposés n'est pas apparent chez les non-exposés à Évain (il n'y a pas de différences significatives entre les 1-4 ans et les autres groupes d'âge).

On peut se demander maintenant si l'effet de l'âge chez les résidents du quartier ND dépend du secteur de résidence. C'est chez les enfants qu'on pourra tester cette hypothèse puisque c'est uniquement chez eux que l'effet de l'âge amène une distinction avec les non-exposés. Autrement dit, est-ce que les enfants (1-9 ans) des secteurs les plus exposés sont responsables de l'effet d'âge dans la population du quartier ND. Les données pour les groupes d'âge 1-4 ans et 5-9 ans regroupés¹³ sont présentées au tableau 21.

Tableau 21 : Comparaison entre les moyennes géométriques de l'arsenic urinaire chez les 1-9 ans du quartier ND en fonction du secteur de résidence

Secteur de résidence	Nombre	Moyenne géométrique ($\mu\text{g/L}$)	Écart type ($\mu\text{g/L}$)	Intervalle de confiance 95 % sur la moyenne		Minimum ($\mu\text{g/L}$)	Maximum ($\mu\text{g/L}$)
				ICI	ICS		
Carter-Portelance	29	3,03	3,55	1,87	4,91	0,38	33
Nord-Ouest Murdoch	24	3,30	4,01	1,83	5,92	0,38	15
Sud-Murdoch	38	4,48	2,97	3,13	6,41	0,38	34
Carter-Murdoch	36	2,82	4,26	1,73	4,60	0,38	34
Ensemble du quartier ND	127	3,39	3,65	2,70	4,26	0,38	34

ANOVA (variances égales) : F=0,9;ddl=3; 123; p=0,44

Les données du tableau 21 nous permettent de croire que l'effet d'âge chez les 1-9 ans est indépendant du secteur de résidence, les différences observées entre les sous-groupes n'étant pas statistiquement significatives (p = 0,44).

2.2.4 Taux d'arsenic urinaire en fonction de la scolarité

Le tableau 22 présente la distribution des niveaux d'arsenic urinaire en fonction du niveau de scolarité des participants, exposés et non exposés regroupés.

Tableau 22 : Niveaux d'arsenic urinaire (non alimentaire) selon le niveau de scolarité des participants pour chacune des cinq campagnes de surveillance

	Scolarité	Nombre	Moyenne arithmétique ($\mu\text{g/L}$)	Écart type	Intervalle de confiance à 95 %		Minimum	Maximum
					ICI	UCI		
Arsenic urinaire déc. 05	< primaire	53	5,30	4,33	4,11	6,49	0,375	22
	primaire	59	3,83	3,71	2,86	4,79	0,375	18
	secondaire	89	4,39	4,11	3,52	5,25	0,375	28
	collégial	51	5,59	5,54	4,03	7,15	0,375	25
	universitaire	51	7,07	7,24	5,03	9,11	0,375	34
	Total	303	5,09	5,07	4,52	5,66	0,375	34

13. Les petits effectifs, notamment chez les 1-4 ans, nous obligent à présenter les données regroupées pour les deux classes d'âge. Nous avons vérifié cependant les comparaisons pour les 1-4 ans seuls et les 5-9 ans seuls et aucune différence entre les niveaux d'arsenic urinaire ne peut être expliquée par le secteur de résidence, statistiquement parlant.

	Scolarité	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle de confiance à 95 %		Minimum	Maximum
As non alim. avr 06 $\mu\text{g/L}$	< primaire	49	6,21	5,84	4,53	7,89	0,375	34
	primaire	50	2,76	2,79	1,97	3,55	0,375	14
	secondaire	74	4,58	5,15	3,39	5,77	0,375	21
	collégial	47	3,83	4,26	2,58	5,08	0,375	22
	universitaire	51	5,13	4,49	3,87	6,39	0,375	23
	Total	271	4,51	4,77	3,94	5,08	0,375	34
As non alim. juin 06 ($\mu\text{g/L}$)	< primaire	46	4,76	5,52	3,12	6,40	0,375	34
	primaire	46	2,19	2,73	1,38	3,00	0,375	11
	secondaire	67	3,08	4,42	2,00	4,16	0,375	27
	collégial	44	3,54	3,97	2,33	4,74	0,375	18
	universitaire	47	5,61	9,89	2,70	8,51	0,375	54
	Total	250	3,78	5,85	3,05	4,51	0,375	54
As non alim. août 06 ($\mu\text{g/L}$)	< primaire	46	2,53	4,29	1,25	3,80	0,375	19
	primaire	41	1,50	2,48	0,72	2,28	0,375	11
	secondaire	64	1,87	2,66	1,21	2,54	0,375	11
	collégial	42	2,42	6,51	0,39	4,45	0,375	42
	universitaire	47	3,59	5,20	2,06	5,11	0,375	29
	Total	240	2,37	4,40	1,81	2,92	0,375	42
As non alim. oct.06 ($\mu\text{g/L}$)	< primaire	49	7,69	7,22	5,62	9,77	0,38	39,00
	primaire	46	6,20	6,08	4,40	8,01	0,38	33,00
	secondaire	67	4,50	4,36	3,44	5,57	0,38	22,00
	collégial	48	5,65	3,69	4,57	6,72	0,38	16,00
	universitaire	49	5,74	4,05	4,58	6,91	0,38	14,00
	Total	259	5,85	5,26	5,21	6,50	0,38	39,00

ANOVA : variances inégales (test de Tamhane)

	F	p	ddl
Décembre	3,55	0,01	4; 298
Avril	3,86	0,00	4; 266
Juin	2,65	0,03	4; 245
Août	1,53	0,19	4; 235
Octobre	2,74	0,028	4; 254

On remarque au tableau 22 qu'il y a parfois des différences significatives entre les niveaux d'arsenic en fonction de la scolarité. En décembre, les universitaires ont des niveaux plus élevés que les primaires et les < primaires. En avril les universitaires ont encore des niveaux plus élevés (par rapport au primaire et au collégial cette fois, mais les < primaire ont aussi des niveaux plus élevés par rapport au primaire et au collégial). Par contre, en juin et en août, il n'y a plus de différences significatives entre les niveaux de scolarité. Pour y voir plus clair, nous avons regroupé ensemble les résultats des cinq campagnes que nous présentons au tableau 23, mais en ne conservant que les exposés.

Tableau 23 : Niveaux d'arsenic urinaire (non alimentaire) selon le niveau de scolarité des participants pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance chez les exposés

Classe âge	Nombre	Moyenne géométrique	Écart type	Intervalle de confiance à 95 %		Minimum	Maximum
				ICI	UCI		
< primaire	159	2,99	3,74	2,44	3,68	0,38	34
Primaire	185	1,43	3,51	1,19	1,71	0,38	33
Secondaire	232	1,81	3,39	1,55	2,12	0,38	28
Collégial	121	1,90	3,35	1,53	2,36	0,38	22
Universitaire	155	2,98	3,56	2,44	3,65	0,38	54
Total	852	2,08	3,62	1,91	2,27	0,38	54

ANOVA (variances non homogène) : F=11,56; ddl=4; 847; p<0,0001

Le tableau 23 confirme que les <primaires et les universitaires ont des taux significativement plus élevés d'arsenic urinaire que les autres catégories de scolarité, même après correction pour la non-homogénéité des variances (test de Tamhane). Le même test statistique, effectué chez les non exposés ne révèle pas de différence significative (F=0,95;ddl=4;480; p=0,43) entre les classes de scolarité.

Or, la catégorie « <primaire » comprend, presque exclusivement, les jeunes enfants qui, soit ne fréquentent pas encore l'école ou soit n'ont pas encore terminé leur primaire. Elle comprend donc majoritairement les jeunes enfants qui, on l'a vu à la section précédente, ont des taux d'arsenic plus élevés que les autres groupes d'âge. Quant aux universitaires, c'est probablement leur consommation plus régulière de fruits de mer qui expliquerait leurs taux d'arsenic urinaire plus élevés, comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 24 : Tableau croisé : scolarité en fonction de la consommation de fruits de mer

Scolarité		Fruits mer		Total
		Consomme	Ne consomme pas	
< primaire	nombre	16	142	158
	%	14,8%	19,6%	19,0%
Primaire	nombre	8	171	179
	%	7,4%	23,6%	21,5%
Secondaire	nombre	20	204	224
	%	18,5%	28,2%	26,9%
Collégial	nombre	20	97	117
	%	18,5%	13,4%	14,1%
Universitaire	nombre	44	110	154
	%	40,7%	15,2%	18,5%
Total	nombre	108	724	832
	%	100,0%	100,0%	100,0%

2.2.5 Niveaux d'arsenic urinaire et tabagisme

Certains craignent que le tabagisme entraîne une augmentation des niveaux d'arsenic urinaire. Or, ce n'est nullement le cas comme en témoigne les données du tableau, où nous avons comparé les taux d'imprégnation chez les fumeurs et les non-fumeurs pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance, chez le groupe non exposé (Évain).

Tableau 25 : Comparaison des niveaux d'arsenic urinaire (non alimentaire) chez les fumeurs et les non fumeurs pour l'ensemble des cinq campagnes, chez les non-exposés

	Nombre	Moyenne arithmétique ($\mu\text{g/L}$)	Écart type ($\mu\text{g/L}$)
Fumeur	38	4,87	5,47
Non-fumeur	347	4,06	5

T de Student (échant. indépendants), variances égales : $t=0,95$; $ddl=383$; $p=0,34$

Les résultats du tableau 25 montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les fumeurs et les non-fumeurs quant à leur imprégnation à l'arsenic. Cependant, comme il y a peu de fumeurs dans le groupe des non-exposés, nous avons vérifié la même relation mais en incluant le groupe des exposés dans les données. Les résultats sont présentés au tableau 26.

Tableau 26 : Comparaison des niveaux d'arsenic urinaire (non alimentaire) chez les fumeurs et les non fumeurs pour l'ensemble des cinq campagnes, chez l'ensemble des participants

	Nombre	Moyenne arithmétique ($\mu\text{g/L}$)	Écart type ($\mu\text{g/L}$)
Fumeur	197	3,50	4,57
Non-fumeur	883	4,07	5,23

T de Student (échant. indépendants), variances inégales : $t=-1,4$; $ddl=320$; $p=0,13$

Le fait d'inclure les exposés ne change pas vraiment la relation. Les fumeurs semblent même avoir des taux légèrement inférieurs aux non-fumeurs, paradoxalement, même si cette différence n'est pas statistiquement significative.

2.2.6 Niveau d'arsenic urinaire et facteurs confondants

2.2.6.1 Fruits de mer

Le tableau 27 montre que la consommation de fruits de mer ne revêt pas la même importance chez les exposés que chez les non-exposés

Tableau 27 : Participants ayant consommé des fruits de mer pendant les quatre jours précédant une campagne de prélèvements. Données agrégées pour l'ensemble des cinq campagnes

		Consomme fruits de mer	Ne consomme pas	Total
Quartier ND	Nombre	108	724	832
	% quartier ND	13	87	100
Évain	Nombre	87	370	457
	% Évain	19	81	100
Total	Nombre	195	1094	1289
	% échantillon total	15	85	100

Chi carré de Pearson = 8,42; ddl = 1; p bilatéral = 0,004

Le tableau 27 montre que la proportion de consommateurs de fruits de mer est différente à Évain de ce qu'elle est dans le quartier ND. En fait, elle est moins élevée dans ce dernier cas. Ce phénomène pourrait camoufler une vraie différence dans les taux d'arsenic urinaire entre le groupe exposé et le groupe non exposé.

Comme nous l'expliquions dans la section Méthodologie (voir la fin de la sous section 1.2), la méthode d'analyse du laboratoire ne dose en principe que l'arsenic inorganique mais en incluant les métabolites organiques urinaires que sont le MMA et le DMA). En théorie, la contribution des fruits de mer (arsenic organique et arsénobétaïne) est éliminée. Cependant, dans le cas de certains individus, elle ne l'est que partiellement. On peut donc craindre que les niveaux d'arsenic urinaire soient parfois plus élevés chez les participants qui auraient consommé des fruits de mer dans les quatre jours précédant le prélèvement. Un questionnaire rempli systématiquement avant chaque campagne permet de documenter cet aspect. Cependant nous sommes conscients qu'un oubli est toujours possible chez le participant qui remplit son questionnaire et que nos données sous-estiment probablement l'influence de la consommation des fruits de mer chez les participants. La comparaison entre les participants ayant mentionné ou non la consommation de fruits de mer avant l'une ou l'autre des campagnes et son résultat d'arsenic urinaire correspondant est présentée au tableau 28. L'effet « fruits de mer », s'il existe, étant probablement plus apparent chez les non-exposés, nous présentons d'abord les résultats pour ces derniers.

Tableau 28 : Niveaux d'arsenic urinaire chez les consommateurs de fruits de mer comparés aux non consommateurs dans le groupe non exposé (Évain). Moyennes pour les cinq campagnes

	Nombre	Moyenne géométrique (µg/L)	Écart type (µg/L)
Consomme fruits mer	87	3,5	4,0
Ne consomme pas fruits mer	368	2,1	3,5

T de Student (échant. indépendants), variances égales : t=3,44; ddl=453; p=0,001

Les résultats du tableau 28 montrent assez clairement que, dans un échantillon de gens non exposés à des sources ponctuelles d'arsenic inorganique, les niveaux d'arsenic urinaire non alimentaire sont significativement ($p < 0,01$) plus élevés chez les consommateurs de fruits de mer que chez les non consommateurs. Le tableau 29 permet de vérifier que cette relation tient toujours la route, même si on inclut aussi le groupe exposé dans les calculs, ce qui permet d'augmenter la puissance du test statistique.

Tableau 29 : Niveaux d'arsenic urinaire chez les consommateurs de fruits de mer comparés aux non-consommateurs chez l'ensemble des participants (exposés et non exposés) aux cinq campagnes

	Nombre	Moyenne géométrique ($\mu\text{g/L}$)	Écart type ($\mu\text{g/L}$)
Consomme fruits mer	194	3,1	3,8
Ne consomme pas fruits mer	1081	2,0	3,6

T de Student (échant. indépendants), variances inégales : $t=3,9$; $ddl=181,47$; $p=0,0001$

Les résultats du tableau 29 confirment en effet ceux du tableau 28. Le fait d'avoir consommé des fruits de mer a une influence non négligeable sur les taux d'arsenic non alimentaire. Cette différence s'explique probablement par les valeurs très élevées de quelques consommateurs de fruits de mer. On remarque toutefois que le ratio des niveaux moyens d'arsenic urinaire entre les consommateurs et les non consommateurs de fruits de mer demeure sensiblement le même, qu'on inclue ou non le groupe exposé (il passe de 1,66 à 1,55). Ce qui donne à penser que chez les exposés, l'influence de la consommation de fruits de mer est probablement elle aussi répartie au hasard dans la population et donc n'obscurcirait pas une différence de fond entre les deux groupes (exposés et non exposés). Le tableau 30 présente les résultats pour le seul groupe des exposés.

Tableau 30 : Niveaux d'arsenic urinaire chez les consommateurs de fruits de mer comparés aux non consommateurs chez les exposés (quartier ND)

	Nombre	Moyenne arithmétique ($\mu\text{g/L}$)	Écart type ($\mu\text{g/L}$)
Consomme fruits mer	107	2,9	3,6
Ne consomme pas fruits mer	711	2,0	3,6

T de Student (échant. indépendants), variances égales : $t=2,71$; $ddl=816$; $p=0,007$

On remarque au tableau 30, que la consommation de fruits de mer a aussi une influence sur les niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés, mais légèrement moindre que chez les non exposés. Fait important à noter cependant, les niveaux chez les non consommateurs de fruits de mer sont tout à fait comparables entre le groupe non exposé et le groupe exposé (2,1 vs 2,0 $\mu\text{g/L}$). Le tableau 31 présente la comparaison entre les exposés et les non exposés en excluant les consommateurs de fruits de mer.

Tableau 31 : Taux comparés d'arsenic urinaire non alimentaire chez les exposés et les non exposés pour l'ensemble des campagnes (excluant octobre à Évain)

Ville	Nombre	Moyenne géométrique	Écart type
Quartier ND	711	2,0	3,6
Évain	368	2,1	3,5

T de Student (échantillons indépendants de variances égales): $t = -0,5$; ddl = 1077 $p = 0,61$

On remarque au tableau 31 que la différence entre les deux groupes n'est pas statistiquement significative ($p > 0,61$). Ce constat nous permet de conclure que l'exposition à l'arsenic chez les exposés est très faible, si on prend le niveau du bruit de fond chez les non exposés comme critère. C'est pourquoi, compte tenu de l'avantage statistique que procure l'augmentation de la taille de nos groupes, nous avons préféré inclure les consommateurs de fruits de mer dans les données de base. Nous sommes toutefois conscients que cela vient avec un prix, soit celui d'obscurcir de faibles différences entre le groupe exposé et le groupe non exposé dans certaines comparaisons, surtout lorsqu'elles portent sur des sous-ensembles de peu d'effectifs et que l'on utilise les moyennes arithmétiques (plutôt que les médianes) pour les calculs statistiques. Ce genre de problème explique aussi pourquoi, au tableau 14, on retrouvait une moyenne arithmétique plus importante d'arsenic urinaire chez les non exposés que chez les exposés (4,55 vs 4.19 $\mu\text{g/L}$). Elle n'est toutefois pas statistiquement significative.

2.2.6.2 Consommation d'eau de puits domestique dans un secteur à risque

La région de l'Abitibi-Témiscamingue comprend plusieurs puits contaminés de façon naturelle à l'arsenic dans la roche souterraine. Ces puits sont habituellement localisés le long de zones géologiques précises, notamment le long de la faille de Cadillac où se trouvent Rouyn-Noranda et Évain. En principe les participants de nos deux groupes (quartier Notre-Dame et Évain) ne boivent pas l'eau de ces puits. Ceux du quartier Notre-Dame sont abonnés à l'aqueduc de Rouyn-Noranda qui traite l'eau de surface d'un lac adjacent et ceux d'Évain sont abonnés à un autre aqueduc qui s'approvisionne à des puits forés. Dans les deux cas, les analyses de routine exigées par le MDDEP ne montrent pas de contamination à l'arsenic. Cependant il est possible qu'un participant en visite chez une connaissance habitant la campagne environnante y ait consommé l'eau du puits domestique. Dans ce cas, cela pourrait augmenter de façon appréciable son niveau d'arsenic urinaire. C'est pourquoi, avant chaque prélèvement, nous avons demandé à tous les participants d'inscrire s'ils avaient ou non consommé l'eau d'un puits domestiques dans les localités situées dans les zones à risque de contamination à l'arsenic dans l'eau souterraine. Ce fut le cas une trentaine de fois parmi les quelque 1300 participations à l'une ou l'autre de nos campagnes. Ce ne sont pas tous les puits qui sont contaminés dans ces zones. Comme il n'y avait pas de moyen simple et fiable de le vérifier à chaque fois, nous avons vérifié si la distribution des résultats semblait différente chez les consommateurs d'eau de ces puits par rapport à celle chez les non consommateurs. Les résultats sont présentés au tableau 32.

Tableau 32 : Taux comparés d'arsenic urinaire selon que les participants ont consommé ou non l'eau d'un puits domestique situé dans un secteur à risque pendant l'un des quatre jours précédant le prélèvement chez l'ensemble des participants (groupe exposé et non exposé)

	Nombre	Moyenne géométrique	Écart type géométrique	Valeur maximale
Oui	33	2,27	3,60	54
Non	1250	2,16	3,64	43

T de Student (variances égales) : t = 0,215; ddl = 1281; p = 0,83

On remarque au tableau 32 que la consommation d'eau d'un puits situé dans une zone à risque ne semble avoir aucune influence sur le taux d'arsenic urinaire des participants.

2.2.6.3 Taxidermie et leucémie

Selon les réponses au questionnaire, un seul participant s'adonnerait occasionnellement à la taxidermie¹⁴ et ses taux d'arsenic urinaire ont varié entre 0,38 et 3,6 µg/L, largement dans les limites de la normale. Quant à la leucémie¹⁵, aucun participant ne rapporte avoir jamais reçu ce diagnostic de la part d'un médecin.

2.2.7 Les valeurs maximales d'arsenic urinaire

La valeur maximale absolue que nous avons obtenue est de 54 µg/L et c'est chez un résident de la classe d'âge 25-60 ans dans le groupe des exposés (secteur Nord-ouest de Murdoch) qu'on la retrouve. Cependant il est loin d'être certain que cette concentration soit uniquement attribuable à l'exposition à l'arsenic inorganique dans l'air du quartier. En effet, un examen de nos données comparant les résultats d'arsenic total et d'arsenic non alimentaire chez les participants au dépistage nous convaincra du contraire.

Bien que la comparaison entre les valeurs d'arsenic total et d'arsenic non alimentaire ne nous ait pas permis de trouver un critère pouvant justifier l'exclusion des individus ayant eu une consommation importante de fruits de mer avant le prélèvement, elle nous permet toutefois de s'assurer que la grande majorité de nos valeurs élevées (> 14 µg/L d'As non alimentaire) sont probablement attribuables à la consommation de fruits de mer, comme on le constatera au tableau 33.

Tableau 33 : Distribution des différences entre l'arsenic total et l'arsenic non alimentaire chez les participants ayant eu le double dosage (n = 39) suite à un résultat d'arsenic non alimentaire supérieur à 14 µg/L

Percentile	Différence arsenic total - arsenic non alimentaire (µg/L)
10	4
25	7
50	20
75	60
95	446
Moyenne arithmétique	62

14. Selon la littérature, certains produits utilisés par les taxidermistes peuvent contenir de l'arsenic.

15. Certains médicaments utilisés aujourd'hui pour traiter la leucémie sont à base de trioxyde d'arsenic.

On remarque au tableau 33 que pour 90 % des cas, le niveau d'arsenic total était supérieur d'au moins 4 µg/L à l'arsenic non alimentaire. Pour 50 % d'entre eux, le taux d'arsenic total dépassait de 20 µg/L celui de l'arsenic non alimentaire. Une semblable distribution des valeurs nous porte à croire que, dans la très grande majorité des cas, les valeurs élevées d'arsenic non alimentaire peuvent en bonne partie s'expliquer par la consommation de fruits de mer (et non par une exposition à l'arsenic inorganique dans l'environnement). Cependant, pour 13 % des cas (5 individus), la différence entre les deux formes d'arsenic était inférieure à 4 µg/L, ce qui laisse supposer que, pour ces cinq personnes, leur taux d'arsenic non alimentaire n'a probablement pas été influencé par la consommation de fruits de mer. Dans ce dernier sous-groupe, le taux d'arsenic alimentaire le plus élevé a été de 28 µg/L, ce qui en fait la valeur maximale obtenue au cours de l'année pour laquelle on ne peut exclure une exposition exclusive à l'arsenic inorganique. C'était chez un individu de plus de 60 ans, habitant lui aussi le secteur Nord-ouest de Murdoch. La deuxième valeur la plus élevée se situe à 20 µg/L et on l'a obtenue chez un individu dans la classe d'âge de 10 à 14 ans, habitant le secteur Carter-Murdoch. Toujours dans ce dernier sous-groupe, il n'y avait qu'un seul résident d'Évain (classe d'âge 25 à 60 ans) et son niveau d'arsenic non alimentaire était de 16 µg/L.

2.2.8 Niveaux d'arsenic urinaire en fonction du sexe

Le tableau suivant résume la distribution des valeurs d'arsenic urinaire chez les exposés en fonction du sexe pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées.

Tableau 34 : Arsenic urinaire en fonction du sexe chez les exposés (quartier ND) pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées

Sexe	Nombre	Moyenne géométrique	Écart type géométrique
Masculin	337	2,43	3,53
Féminin	515	1,88	3,64

Test du T de Student, échantillons indépendants, variances homogènes : t=2,86; ddl=850; p=0,004

On remarque au tableau 34 que les niveaux d'arsenic urinaire sont significativement différents selon les sexes, avec des niveaux plus élevés chez les hommes. Cette différence entre les sexes est plus marquée chez les jeunes enfants (1-4 ans), bien que les petits nombres¹⁶ nous empêchent de déclarer cette différence statistiquement significative dans ce groupe d'âge alors qu'elle est significative chez les plus de 10 ans, tout en étant plus faible en valeur absolue. On peut en juger en consultant le tableau 35 ci-dessous.

Tableau 35 : Différences entre les résultats d'arsenic urinaire selon les groupes d'âge pour chaque sexe

Classe_âge	Sexe	Moyenne géométrique (µg/L)	Écart type (µg/L)	Nombre
1-4 ans	Masculin	4,08	3,56	45
	Féminin	2,92	3,69	16
	Total	3,74	3,58	61

16. Quarante-cinq (45) données pour les garçons et 16 pour les filles. Par comparaison, il y avait 260 données pour les hommes et 465 données pour les femmes chez les plus de 10 ans habitant le quartier ND.

5-9 ans	Masculin	2,44	3,74	32
	Féminin	3,89	3,63	34
	Total	3,10	3,73	66
10-14 ans	Masculin	1,89	3,98	17
	Féminin	2,33	3,53	69
	Total	2,23	3,60	86
15-24 ans	Masculin	2,53	3,38	41
	Féminin	1,80	3,55	42
	Total	2,13	3,48	83
25-60 ans	Masculin	2,47	3,37	171
	Féminin	2,13	3,50	262
	Total	2,26	3,45	433
> 60 ans	Masculin	1,15	3,13	31
	Féminin	0,81	2,87	92
	Total	0,89	2,95	123
Total	Masculin	2,43	3,53	337
	Féminin	1,88	3,64	515
	Total	2,08	3,62	852

Comme pour l'âge, l'effet du sexe ne semble pas lié au secteur de résidence. On s'en convaincra en consultant le tableau 36.

Tableau 36 : Comparaison des niveaux d'arsenic urinaire chez les hommes et les femmes selon le secteur de résidence

Secteur	Moyenne géométrique hommes	Nombre hommes	Moyenne géométrique femmes	Nombre femmes
Carter-Portelance	2,36	60	2,35	124
Nord-Ouest Murdoch	2,30	95	2,18	110
Sud-Murdoch	2,70	129	1,42	177
Carter-Murdoch	2,16	53	1,99	104
Total	2,43	337	1,88	515

Bien que nous n'ayons pu trouver un test statistique pour évaluer ces données, il semble que la distribution des taux d'arsenic urinaire selon les sexes soit assez similaire d'un secteur à l'autre, sauf dans Sud-Murdoch. Un test d'analyse de variance (variances non homogènes) a permis de vérifier que la différence entre les sexes dans ce secteur était pas statistiquement significative ($F = 19,1$; ddl = 1; 304; $p < 0,0001$)¹⁷. Une vérification supplémentaire nous a permis de vérifier que cette différence était attribuable uniquement aux taux urinaires chez les 1-4 ans, de beaucoup supérieurs chez garçons que chez les filles, alors que pour tous les autres groupes d'âge, les taux urinaires sont supérieurs chez les femmes que chez les hommes.

17. Le même test appliqué au secteur Carter-Murdoch montre que les différences entre les sexes n'y sont pas statistiquement significatives ($p = 0,7$).

Les très petits effectifs dans cette classe d'âge (25 garçons et 5 filles) nous empêchent de se prononcer catégoriquement sur cette différence apparente dans le secteur Sud-Murdoch.

Voyons maintenant comment l'arsenic urinaire se répartit en fonction du sexe chez les non exposés.

Tableau 37 : Arsenic urinaire en fonction du sexe chez les non-exposés (Évain) pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées

Sexe	Nombre	Moyenne géométrique	Écart type géométrique
Masculin	247	2,33	3,60
Féminin	238	2,28	3,72

Test du T de Student, échantillons indépendants, variances homogènes : $t=0,16$; $ddl=483$; $p=0,87$

Les données du tableau 37 montrent que chez les non-exposés, il n'y a pas de différence significative entre les niveaux d'arsenic chez les hommes et chez les femmes. Ce phénomène se vérifie autant chez les 1-4 ans que chez les plus âgés.

2.3. Taux d'arsenic dans l'air

Même si les taux d'arsenic urinaire furent très semblables dans nos deux groupes (exposés et non-exposés), les taux d'arsenic dans l'air furent très différents pour leur part. Malheureusement, les données dont nous disposons pour caractériser le taux moyen d'arsenic atmosphérique pendant les quatre jours précédant le prélèvement ne sont pas suffisamment exhaustives, comme on l'a mentionné dans la section 1.4 du chapitre sur la Méthodologie. Au mieux, nous ne disposons de données que pour deux des quatre jours précédant le prélèvement (le premier et le quatrième). Cela peut avoir eu pour conséquence de sous-estimer ou surestimer l'exposition des résidents du quartier ND. Car, tel que mentionné dans la section Introduction, les taux d'arsenic dans l'air du quartier exposé peuvent varier énormément d'une journée à l'autre dépendamment de la direction des vents et des conditions de production. De plus, les stations d'échantillonnage en postes fixes¹⁸ ne sont pas nécessairement localisées au centre de chaque secteur. On s'en convaincra en consultant la carte géographique #3 en annexe. C'est pourquoi nous avons préféré utiliser les valeurs médianes (plutôt que les moyennes arithmétiques) pour caractériser l'exposition des résidents des différents secteurs du quartier ND, compte tenu des fortes variations possibles dans les valeurs moyennes quotidiennes.

Chez les non-exposés, nous ne disposons que d'une seule journée de mesure parmi les quatre qui ont précédé la journée de prélèvement¹⁹.

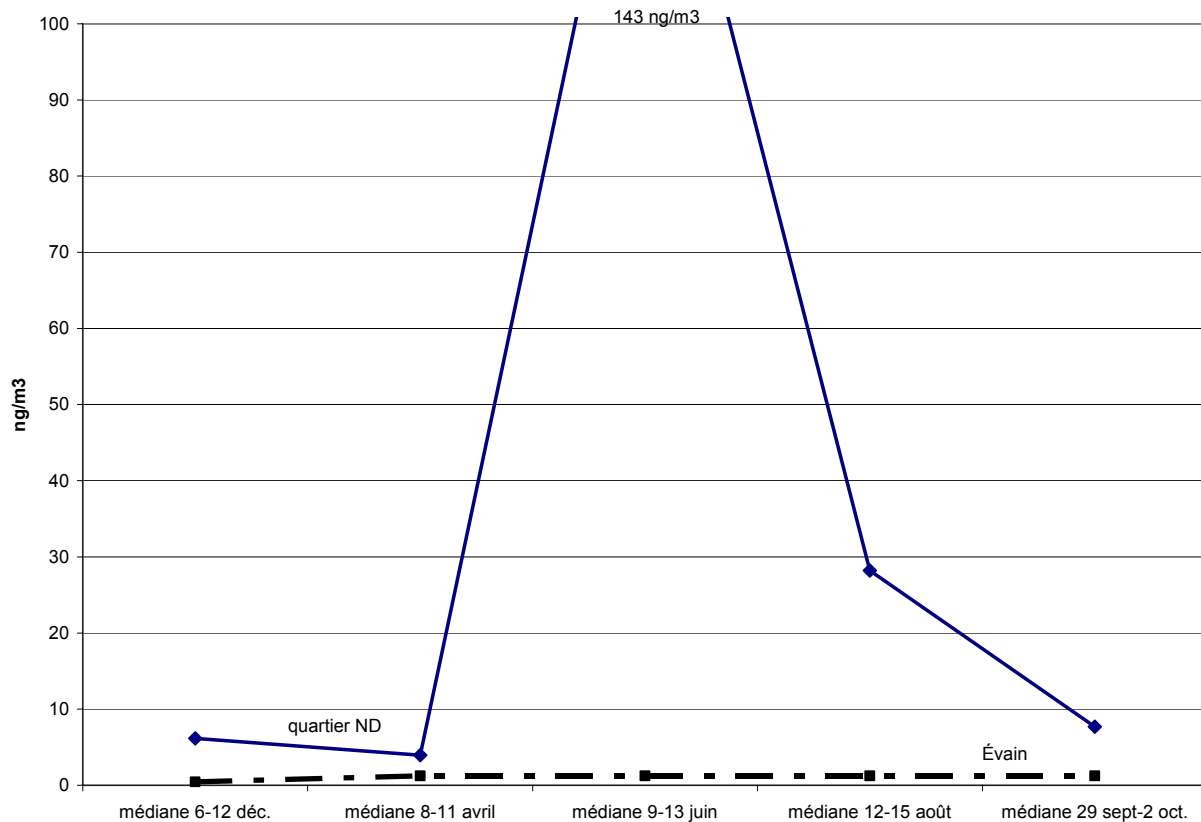
2.3.1 Comparaison entre les taux d'arsenic dans l'air chez les exposés et chez les non exposés

Le graphique de la figure 10 (page suivante) illustre les différences dans les taux d'arsenic atmosphériques chez les exposés et les non-exposés.

18. Appareils à haut débit filtrant l'air sur de hauts édifices pour éviter la contamination par les poussières soulevées par les voitures.

19. Il faut cependant admettre que les taux d'arsenic dans l'air à Évain (groupe non exposé) sont très stables comparés à ceux présents dans le quartier ND et qu'une mesure à tous les quatre jours est habituellement représentative de ces quatre jours.

Figure 10 : Taux d'arsenic dans l'air pour la médiane des sept stations d'échantillonnage du quartier ND à chacune des campagnes de surveillance par rapport aux taux correspondant à Évain

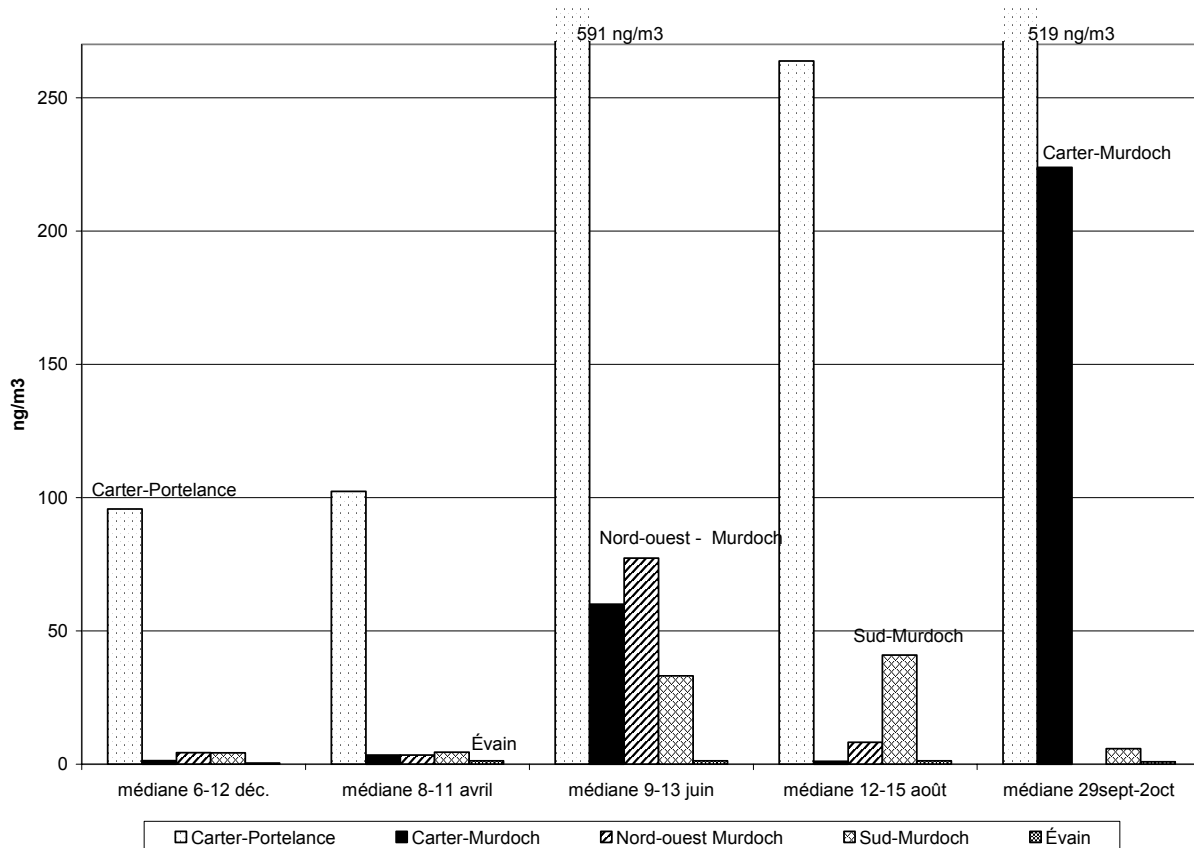


La courbe des taux dans le quartier ND dans le graphique de la figure 10 a dû être tronquée afin de permettre de mieux visualiser les taux correspondants dans le secteur non exposé (Évain). On remarque dans la figure 10 que, non seulement les taux d'arsenic dans l'air furent systématiquement supérieurs dans le quartier ND, mais aussi que l'écart entre le groupe exposé et non exposé fut très variable d'une campagne de surveillance à l'autre. En effet, le ratio des taux d'arsenic dans le quartier ND est passé d'un facteur de 3 à un facteur de 115 fois plus élevé qu'à Évain selon qu'on considère l'une ou l'autre des cinq campagne, pour un ratio médian de 14 fois plus dans le quartier ND, si on collige ensemble les résultats des cinq campagnes.

2.3.2 Taux d'arsenic dans l'air selon les secteurs de résidence dans le quartier ND.

Bien que la figure 10 montre bien la supériorité de l'exposition à l'arsenic atmosphérique des résidents du quartier ND, elle sous-estime la réalité en ce qui concerne les secteurs les plus exposés du quartier ND, comme on s'en convaincra en consultant la figure 11.

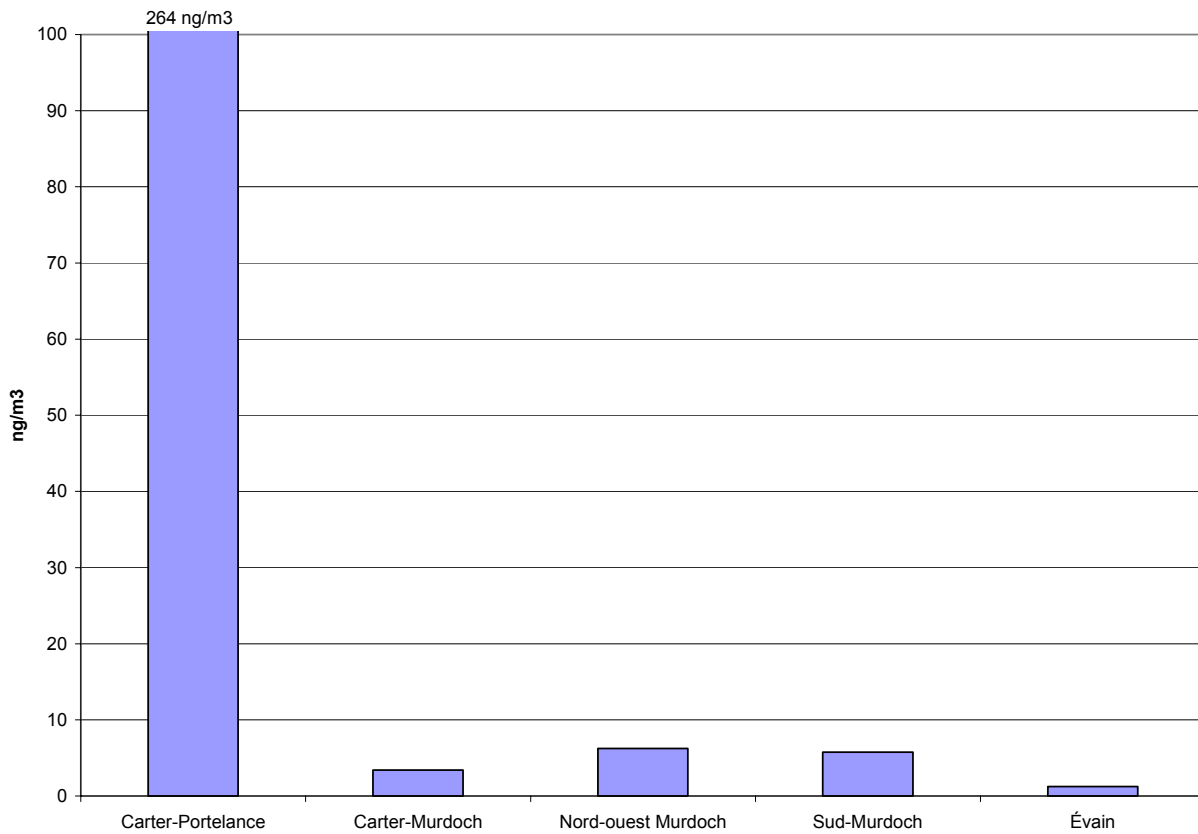
Figure 11 : Médianes des taux d'arsenic dans l'air dans les différents secteurs du quartier ND pour chacune des campagnes de surveillance



Le graphique de la figure 11 a dû être tronqué lui aussi afin de mieux illustrer jusqu'à quel point les résidents du secteur Carter-Portelance sont beaucoup plus exposés aux retombées d'arsenic atmosphérique que ceux des autres secteurs. En fait les taux dans Carter-Portelance sont entre 2 et 240 fois plus élevés que dans les autres secteurs du quartier ND, dépendamment des secteurs et des campagnes de surveillance. Par rapport au groupe non exposé (Évain), la différence apparaît dramatique avec des taux plus élevés par un facteur de 83 à 473 fois plus (médiane de 213 fois) selon les campagnes de surveillance.

Les autres secteurs du quartier ND présentent des taux d'arsenic atmosphérique dont l'importance varie d'une campagne de surveillance à l'autre. C'est-à-dire que, selon la direction des vents, ce sera tantôt dans l'un, tantôt dans l'autre que l'on retrouvera avec les taux les plus élevés dans l'air. Tous ont systématiquement des taux plus élevés qu'à Évain, mais cette prédominance est sans commune mesure avec celle du secteur Carter-Portelance. En fait, tout se passe comme si la très grande majorité des émissions de la fonderie retombaient très rapidement sur le quartier après un trajet de quelques centaines de mètres seulement, frappant presque exclusivement le secteur Carter-Portelance. Ce phénomène apparaît clairement dans le graphique de la figure 12.

Figure 12 : Médianes d'arsenic atmosphérique pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance dans les différents secteurs du quartier ND et dans le secteur de résidence du groupe non exposé (Évain)

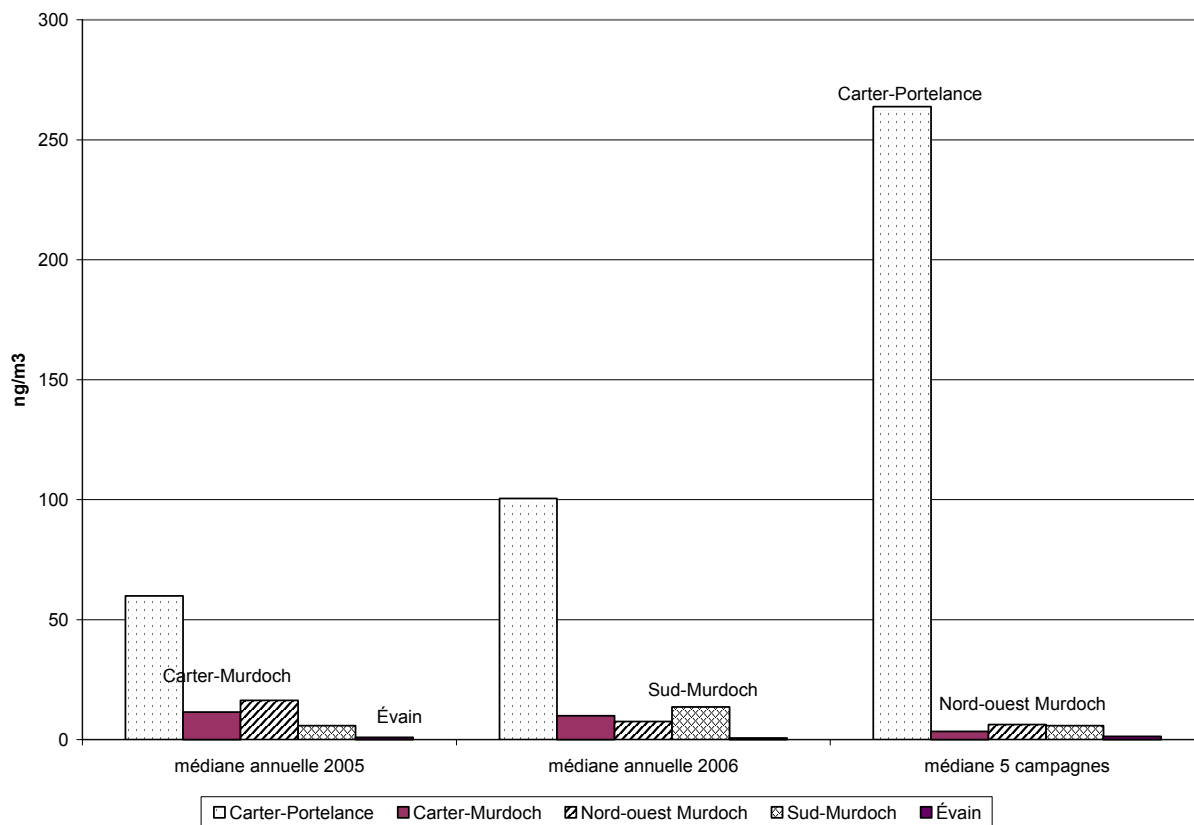


Il est à noter que le graphique de la figure 12 a dû être lui aussi tronqué afin de mieux illustrer les différences entre les secteurs moins exposés. Il ne faut pas oublier cependant que les données sur lesquelles reposent le graphique de la figure 12 ne permettent pas de tracer de véritables isocontours des taux d'arsenic atmosphérique, car la localisation des échantillonneurs n'assure pas une bonne représentativité de la qualité de l'air dans chaque secteur. Par exemple, l'échantillonneur dans le secteur Carter-Portelance est situé à l'extrême nord de ce secteur. Il décrit donc la situation pour les résidents les plus exposés de ce secteur. Par contre, le secteur Sud-Murdoch comporte deux échantillonneurs localisés aux extrémités est et ouest de ce secteur qui s'étend de part et d'autre du quartier dans toute sa partie sud. Or, les taux dans la partie orientale de ce secteur sont beaucoup plus élevés que sa partie ouest (par un facteur médian d'environ 20 fois).

À toutes fins utiles, il faut considérer que les taux d'arsenic atmosphériques suivent un double gradient, nord-sud et est-ouest, très rapide, concentrant fortement l'exposition dans la partie nord et nord-est du quartier. Ce qui donne un secteur très fortement exposé au nord-est et très peu exposé au sud-ouest du quartier ND. On peut même affirmer que, dans le cas des résidents de ce dernier secteur, leur exposition se rapproche plus du secteur non exposé (médiane de deux fois seulement plus élevée dans la partie ouest de Sud-Murdoch qu'à Évain) que de celle des autres secteurs, particulièrement Carter-Portelance.

Comme on peut le constater l'exposition est loin d'être uniforme pour les résidents du quartier ND. Cependant, même dans les secteurs plus exposés, les taux d'arsenic atmosphérique peuvent être très faibles certaines journées, lorsque les vents ne soufflent pas vers le quartier. Ce qui se produit régulièrement au cours de l'année, surtout pendant l'été où les vents dominants proviennent du sud et de l'ouest. Les autres conditions météorologiques (froid, chaleur, pluie neige) auront également une influence sur l'exposition des résidents du quartier ND puisqu'elles vont influencer leur comportement notamment la proportion de leur journée qu'ils vont passer dehors près de leur lieu de résidence. Dans la prochaine sous-section, nous examinerons la direction des vents pendant les diverses campagnes de surveillance. Terminons d'abord cette sous-section en comparant les taux d'arsenic dans l'air mesurés lors de nos campagnes de surveillance avec les taux médians pendant toute l'année. Cette comparaison est illustrée dans le graphique de la figure 13.

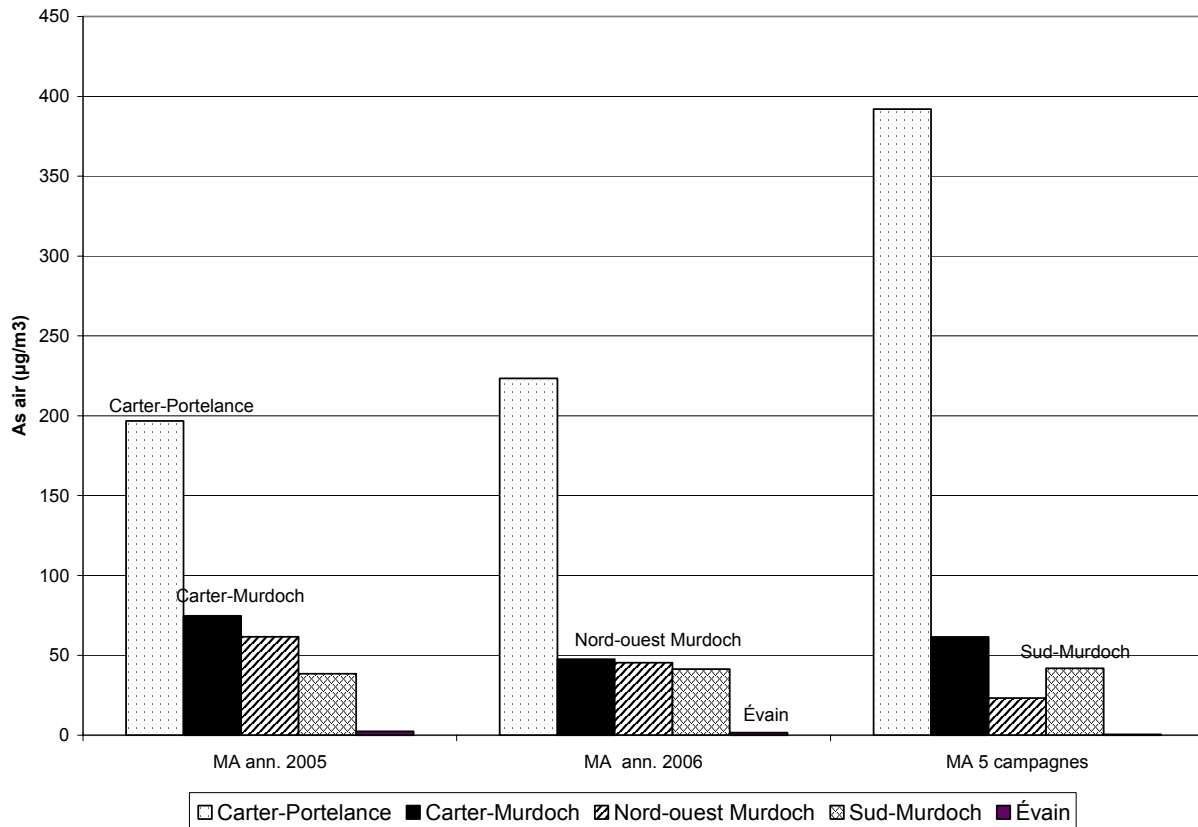
Figure 13 : Médianes annuelles (2005 et 2006) d'arsenic atmosphérique dans les différents secteurs du quartier ND comparées aux médianes pendant les cinq campagnes de surveillance



Compte tenu des grandes variations quotidiennes dans les taux d'arsenic dans l'air, on ne s'attendait pas à ce que les taux observés lors de quelques jours précédant nos diverses campagnes soient représentatifs de l'exposition annuelle des résidents. On remarque à la figure 13 que, pour le secteur Carter-Portelance, les valeurs médianes annuelles de 2005 et de 2006 furent en fait inférieures (2,6 fois moins) à la médiane des quelques jours précédant les prélèvements urinaires des diverses campagnes de surveillance. Cependant, pour tous les autres secteurs du quartier ND, ils furent supérieurs (médiane de 0,42 fois moins).

Cependant, les différences entre les taux d'arsenic dans l'air pendant les cinq campagnes et les moyennes annuelles s'amenuisent si l'on compare les moyennes arithmétiques plutôt que les médianes. La comparaison entre les moyennes arithmétiques est présentée à la figure 14, à titre d'illustration.

Figure 14 : Moyennes arithmétiques annuelles (2005 et 2006) d'arsenic atmosphérique dans les différents secteurs du quartier ND comparées aux médianes pendant les cinq campagnes de surveillance



On remarque à la figure 14 que, sauf pour la station Carter-Portelance, l'écart entre les moyennes annuelles et les moyennes lors des cinq campagnes est moindre que dans le cas des médianes (figure 13). En effet, pour les trois autres secteurs pris globalement, l'écart passe de 0,42 à 0,94 fois moins, ce qui, à toutes fins utiles, est insignifiant. Toutefois, dans le cas du secteur Carter-Portelance, l'écart diminue de 2,6 fois plus à 1,75 fois plus.

Le tableau 38 de la page suivante résume la situation pour les données agrégées de tous les secteurs du quartier ND en 2006.

Tableau 38 : Concentrations d'arsenic atmosphériques (ng/m³) pour l'ensemble du quartier ND en 2006 comparées aux concentrations pendant les quelques jours précédant les campagnes (toutes campagnes confondues)

	Ensemble de l'année 2006	Ensemble des 5 campagnes (ng/m ³)
Médiane	11,5	7,7
Moyenne arithmétique	65,1	166

Les données du tableau 38 montrent qu'en ce qui concerne les médianes, les taux atmosphériques furent légèrement inférieurs à la tendance centrale annuelle pendant les campagnes de surveillance, mais qu'en ce qui concerne les moyennes arithmétiques, c'est l'inverse qui s'est produit. Nul doute que les niveaux très élevés dans Carter-Portelance ont influencé à la hausse la moyenne arithmétique alors qu'ils ont eu beaucoup moins d'influence sur les valeurs médianes. Notons que la médiane annuelle de 2006 est très près de l'objectif de 10 ng/m³ qui avait été fixé comme objectif à atteindre dans l'avis gouvernemental sur l'arsenic à Rouyn-Noranda (2004).

2.3.3 Conditions météorologiques pendant les campagnes de surveillance

2.3.3.1 Direction des vents

Le tableau 39 résume la situation en ce qui concerne les directions des vents pendant les diverses campagnes. Rappelons que seuls les vents provenant du nord et du nord-ouest vont diriger les émissions diffuses de la fonderie vers le quartier.

Tableau 39 : Proportion du temps où les vents soufflaient les émissions diffuses de la fonderie vers le quartier ND pour chacune des quatre campagnes de surveillance

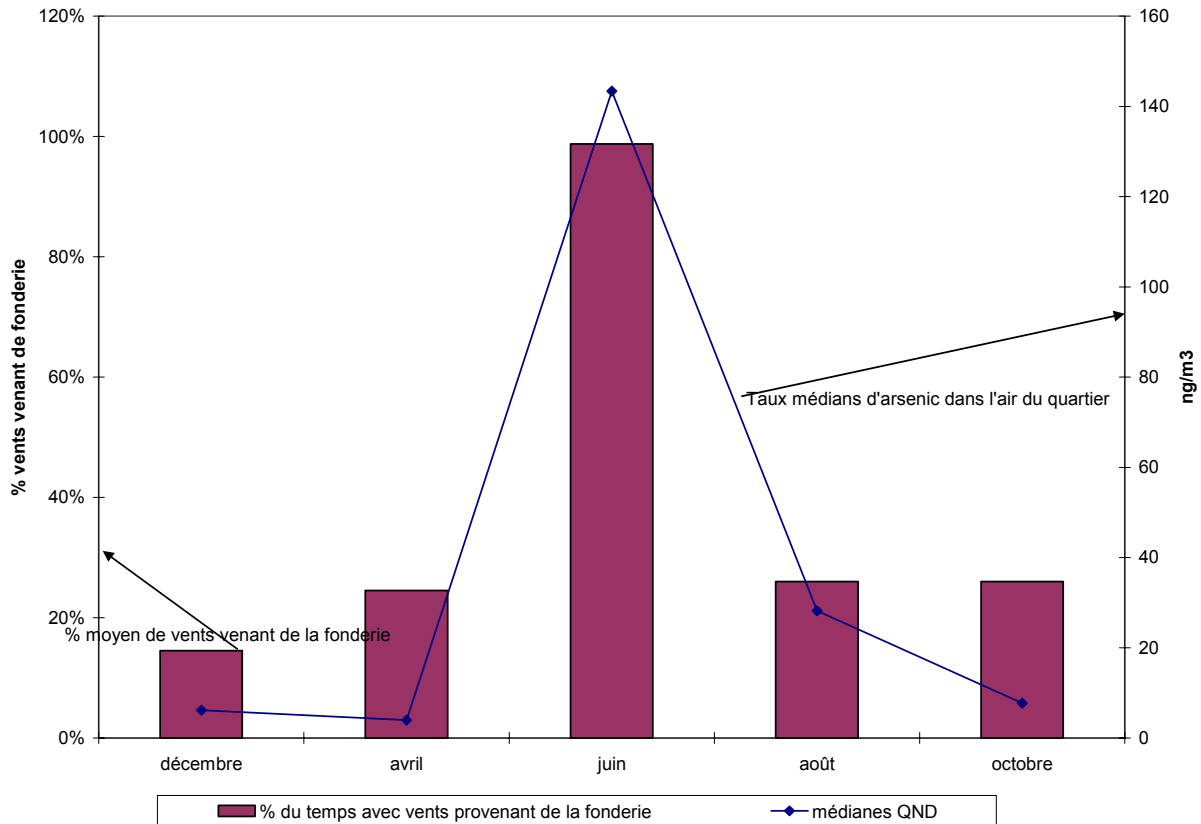
Campagnes de surveillance urinaire	% du temps avec vents provenant de la fonderie	% mensuel pour le mois correspondant	% normal ²⁰
9 - 12 décembre	15%	32 %	24 %
8-10 avril	25%	40 %	40 %
10-13 juin	99%	46 %	30 %
12-15août	26%	38 %	25 %
29 sept.- 2 octobre	26%	22 %	24 %

Les chiffres apparaissant dans la colonne « % du temps avec vents provenant de la fonderie » sont une sommation des vents du nord et du nord-ouest. Selon la direction particulière de ces vents, ils apportent sur le quartier ND les émissions diffuses soit du dépotoir à scories, soit de l'allée des convertisseurs, soit des aires d'entreposage des concentrés ou soit du déchiqueteur à rebuts métalliques. Ces différentes sources d'émissions diffuses n'ont cependant pas toutes la même capacité de produire de fines poussières d'arsenic atmosphérique. Globalement, on remarque que la proportion de temps avec vents favorables aux retombées sur le quartier fut inférieure à la moyenne mensuelle lors de nos campagnes de prélèvement (sauf en juin et octobre). L'écart est cependant moins important lorsqu'on se compare à la normale.

20. La normale correspond à la moyenne mensuelle des directions du vent pour les derniers vingt ans.

On remarque au tableau 39 que c'est en décembre 2005 que nous avons eu la plus faible proportion de vents provenant de la fonderie. Par contre, c'est en juin que cette proportion fut la plus forte. Malgré la variation de la teneur en fines poussières d'arsenic selon les sources, on peut établir une certaine corrélation entre les taux d'arsenic mesurés dans l'air et la proportion du temps où les vents soufflent en provenance de la fonderie, tel qu'illustré dans le graphique de la figure 15.

Figure 15 : Comparaison entre les médianes d'arsenic dans l'air à chaque campagne et de la proportion de vents soufflant de la fonderie vers le quartier ND (graphique à deux axes)

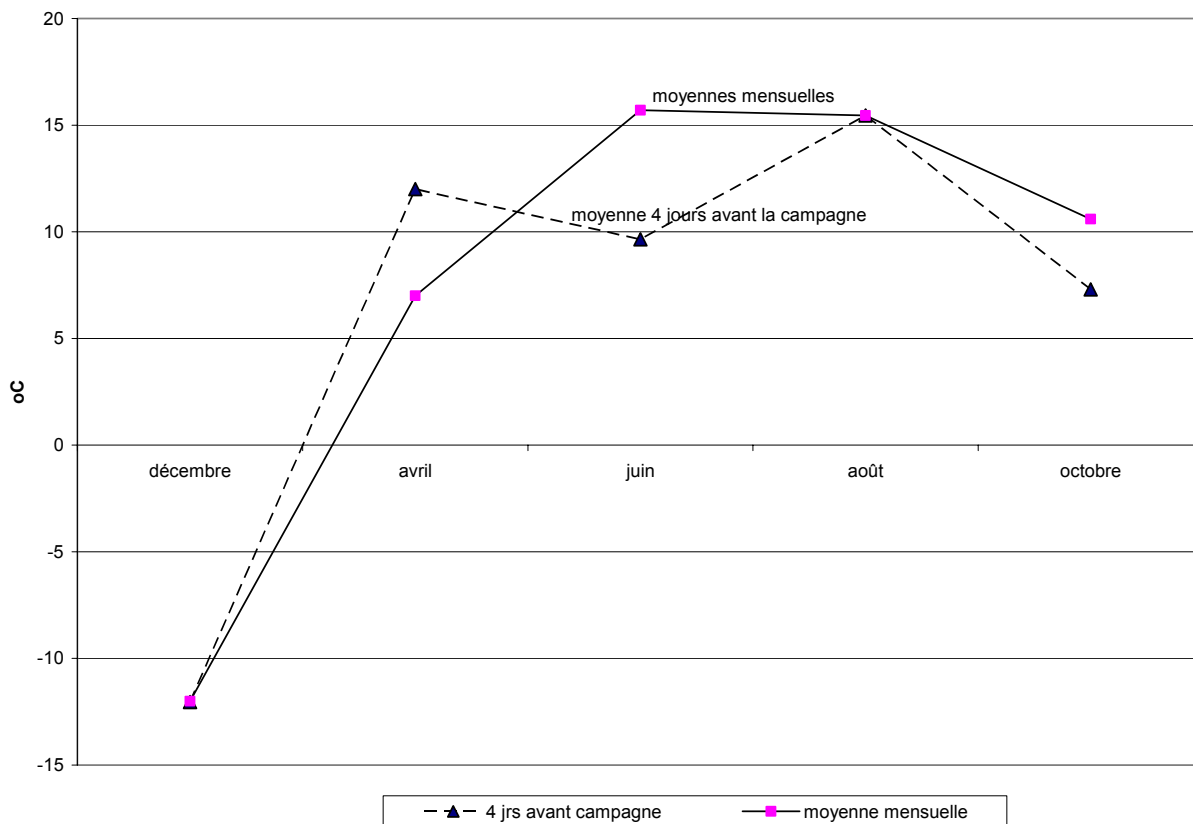


Bien que la relation entre la direction des vents dominants et les taux d'arsenic mesurés dans le quartier ne soit pas rigoureusement linéaire, on constate quand même que les taux d'arsenic très élevés constatés lors de la campagne de juin correspondent bel et bien à une forte prédominance de vents nord et nord-ouest pendant cette campagne. La moins bonne corrélation pour les autres campagnes pourrait s'expliquer par le fait que, lorsque les vents soufflent moins de 20 % du temps en provenance de la fonderie, c'est le hasard qui détermine quand nous aurons une coïncidence dans le temps entre un épisode d'émissions diffuses et un épisode de vents provenant de la fonderie. La direction des vents apparaît donc comme un facteur important, mais non unique, influençant les taux d'arsenic dans l'air du quartier ND. Cependant, cette relation est loin d'être aussi directe en ce qui concerne les taux d'arsenic urinaire chez les résidents du quartier.

2.3.3.2 Température et précipitations

La température extérieure influencera les habitudes de vie des résidents, notamment la proportion de leur temps libre qu'ils pourront passer dehors. Les dates des diverses campagnes étant déterminées plusieurs semaines à l'avance, c'est le hasard qui a permis que pour telle ou telle campagne de surveillance on ait une température plus ou moins clémente pendant les quatre jours précédant le prélèvement urinaire. Cependant, si on prend la température moyenne mensuelle comme critère de référence, dans la plupart des cas, les moyennes de température lors des campagnes de surveillance s'écartaient peu (+ ou - 5° C) de la normale saisonnière, comme on le constatera sur le graphique de la figure 16.

Figure 16 : Comparaison entre les températures moyennes lors des diverses campagnes de surveillance et la moyenne du mois correspondant²¹

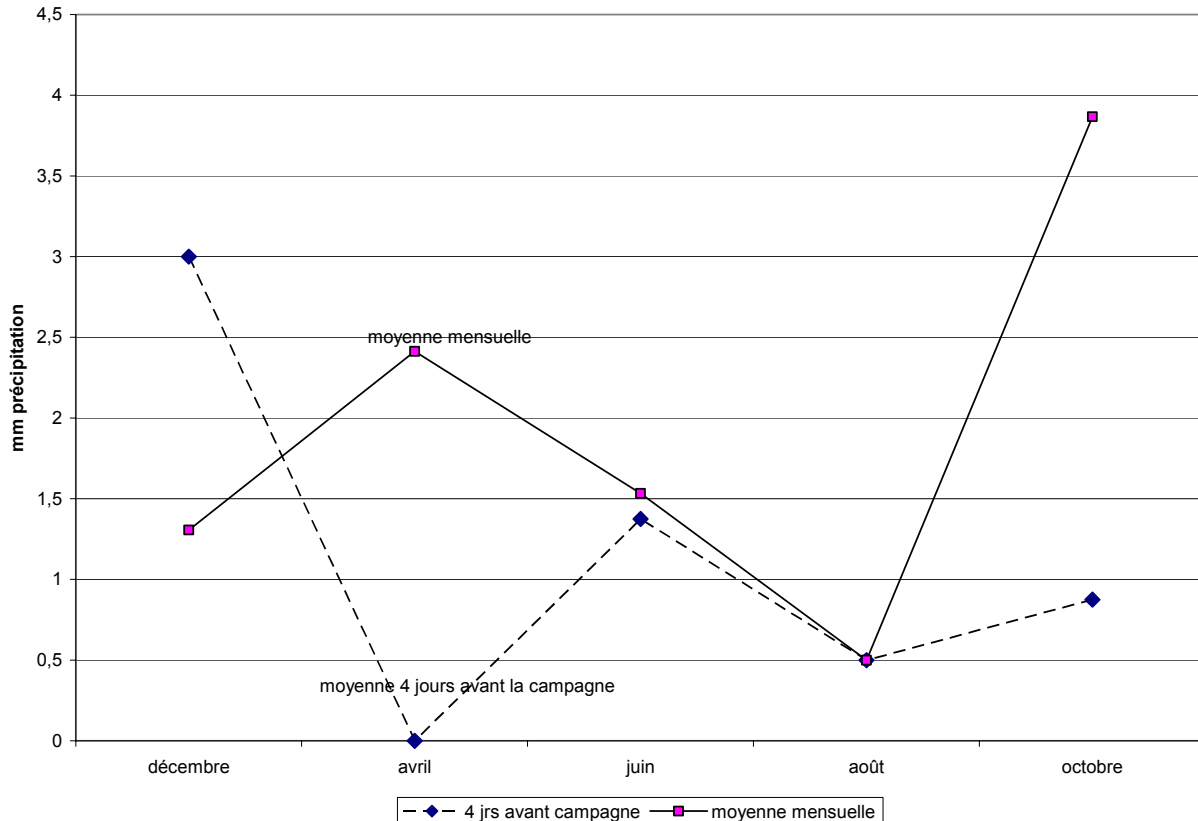


L'écart moyen entre la température moyenne mensuelle et celle des quatre jours précédant le prélèvement fut de moins d'un degré Celsius pour les cinq campagnes combinées.

21. Pour le mois d'octobre, nous avons choisi la moyenne de septembre comme moyenne mensuelle, étant donné que les quatre jours précédant la campagne chevauchaient autant septembre qu'octobre.

En ce qui concerne les précipitations (pluie ou neige), la situation lors des différentes campagnes ne se démarque pas beaucoup de la moyenne mensuelle, avec des écarts maximaux de moins de 3 mm entre les moyennes à chaque campagne de surveillance et la moyenne du mois correspondant. Les données sont présentées dans le graphique de la figure 17.

Figure 17 : Comparaison entre les précipitations moyennes lors des diverses campagnes de surveillance et la moyenne du mois correspondant (voir note 16 au bas de page)



L'écart moyen entre la précipitation moyenne mensuelle et celle des quatre jours précédant le prélèvement fut de moins d'un mm pour les cinq campagnes combinées. Notons que lors de la campagne d'avril, nous avons joui d'une température exceptionnellement belle pour la saison alors qu'en décembre, elle fut exceptionnellement froide. Sinon, la météo lors des campagnes de surveillance nous semble avoir été assez représentative des quatre saisons annuelles à Rouyn-Noranda en 2006.

2.3.3.3 Conditions de production à la fonderie Horne lors des campagnes de surveillance

Sauf lors de la campagne de décembre, les conditions d'opération à la fonderie furent normales²² lors de chacun des quatre jours qui ont précédé chacune des cinq campagnes de surveillance.

22. Nous nous sommes fiés aux renseignements fournis par le service d'environnement de la fonderie pour documenter cet aspect. Il faut préciser que la nature même du procédé à la fonderie entraîne des émissions atmosphériques qui peuvent varier beaucoup d'une journée à l'autre, voire d'une heure à l'autre.

Toutefois, en décembre, lors des deux premiers des quatre jours (9 et 10 décembre) précédant le prélèvement, la fonderie était en arrêt à cause de travaux d'entretien nécessaires à l'usine d'acide. Heureusement, pendant ces deux journées d'arrêt, les vents ne soufflaient pas en direction du quartier. On peut donc penser que même si la fonderie avait été en production ces deux jours-là, l'exposition des résidents n'aurait pas été bien importante.

Pour quantifier les conditions d'opération nous avons obtenu les statistiques de production de la fonderie, en termes de nombre d'heures de production quotidienne du réacteur²³. Une comparaison entre les heures de fonctionnement pendant les quatre jours précédant les prélèvements et la moyenne quotidienne mensuelle d'heures de fonctionnement est présentée au tableau 40.

Tableau 40 : Comparaison entre le nombre d'heures de fonctionnement du réacteur pendant les quatre jours précédant chacun des cinq prélèvements et la moyenne quotidienne annuelle

Date	Heures d'opération	Médiane heures opération pendant prélèvement	Moyenne mensuelle des heures d'opération	Écart prélèvement vs mois
09-dec-05	1,28			
10-dec-05	2,69			
11-dec-05	23,46			
12-dec-05	18,28			
Décembre-2005		11,43	16,83	-5,40
08-avr-06	23,93			
09-avr-06	24,00			
10-avr-06	23,96			
11-avr-06	23,37			
avril-2006		23,82	22,42	1,40
10-juin-06	19,73			
11-juin-06	21,93			
12-juin-06	20,01			
13-juin-06	15,20			
Juin-2006		19,22	20,05	-0,83
12-août-06	23,67			
13-août-06	21,16			
14-août-06	23,08			
15-août-06	22,44			
Août-2006		22,59	22,12	0,47
29-sept-06	23,52			
30-sept-06	23,97			
01-oct-06	23,74			
02-oct-06	23,65			
Sept/Oct 2006*		23,72	16,77	6,95
Écart moyen				0,52

23. Le réacteur est le vaisseau de fusion principal de la fonderie en terme d'alimentation du procédé.

On remarque au tableau 40 que l'écart moyen entre le nombre d'heures quotidiennes de production du réacteur pour chacun des mois correspondant à nos cinq prélèvements par rapport au nombre moyen pour les quatre jours précédant le prélèvement est d'environ une demi-heure par jour. La période de sous-production notée en décembre 2005 se trouve pour ainsi dire compensée par une période de surproduction en septembre/octobre 2006. Grosso modo, on peut donc dire que les conditions de production étaient normales pendant les quatre jours précédant l'ensemble de nos campagnes de prélèvement.

2.4 CORRÉLATION ENTRE L'ARSENIC URINAIRE ET L'ARSENIC ATMOSPHÉRIQUE

2.4.1 Nombre d'heures passées dehors quotidiennement dans le quartier ND

Tel qu'expliqué dans la section Méthodologie (1.5), nous avons pris la peine de documenter de façon assez détaillée les habitudes de vie des participants afin d'être en mesure de calculer la proportion de l'arsenic atmosphérique à laquelle ils avaient été exposés pendant les quatre jours précédant chacune des campagnes de prélèvement urinaire. Parmi ces habitudes de vie, le nombre d'heures quotidien passées dehors près ou autour de la résidence ainsi que le nombre d'heures passées dehors ailleurs dans le quartier ND revêt une importance primordiale selon nous.

Pour le justifier, nous faisons l'hypothèse que les concentrations d'arsenic dans l'air intérieur des résidences sont à peu près nulles. Cette hypothèse s'appuie sur diverses considérations :

- De façon générale les résidences sont assez étanches aux infiltrations d'air extérieur (sinon les coûts de chauffage s'en ressentiront) pendant près de 75 % de l'année, soit de septembre à mai, période où la température extérieure descend sous la barre des 10° C régulièrement. D'ailleurs, dépendamment des endroits au Canada, plusieurs organismes estiment le taux de changement d'air à moins de 0,5/heure²⁴.
- Moins de 3 % des résidences ont un système de ventilation continue en fonction (échangeur d'air)²⁵.
- La concentration d'arsenic dans l'air ambiant est très instable. En fait ce sont de brèves excursions, une à deux fois aux deux heures (d'une durée de 15 minutes à chaque fois), attribuables à des émissions fugitives associées à certaines manœuvres dans la fonderie (allée des convertisseurs surtout). Donc pour arriver à contaminer l'air intérieur des maisons, il faut que les portes et fenêtres soient ouvertes au moment où l'une de ces excursions survient. Cette coïncidence est tout de même assez rare, compte tenu que la nuit les portes et fenêtres sont le plus souvent fermées et que le jour une bonne partie des résidents n'occupe pas la maison (travail, étude, etc. à l'extérieur du quartier).
- Il n'y a pas de différence majeure et systématique pour les niveaux d'arsenic urinaire entre les secteurs, ceci malgré le fait que les concentrations extérieures soient beaucoup plus importantes dans certains secteurs que dans les autres et, qu'en plus, les durées d'exposition soient plus importantes dans les secteurs les plus exposés.

24. Par exemple, 0,2/heure (moyenne géométrique de 96 maisons à Québec), in : GILBERT, NL et al. *Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Québec city*, Can., Environmental Research, soumis pour publication en 2006.

25. Selon les réponses au questionnaire rempli par les 313 participants recrutés au début de l'enquête en novembre 2005.

Cette étude ne prétend pas dresser un portrait exhaustif du nombre d'heures que les gens passent à leur résidence (à l'intérieur ou dehors à proximité) et dans leur quartier (à l'intérieur ou dehors). Notre seule source d'information c'est un questionnaire rempli à domicile par chaque participant et sans supervision. Bien que nous demandions aux participants de remplir une grille d'emploi du temps à chaque jour pendant quatre jours consécutifs, il se peut qu'une bonne partie d'entre eux ait choisi de la remplir à la fin du quatrième jour en inscrivant des données très approximatives sur leur emploi du temps des trois jours précédents. De même pour les parents qui devaient remplir la grille pour plusieurs enfants. Nous ne savons pas si l'effet net de cette procédure aura été de sous-estimer ou de surestimer la proportion de temps passée dans le quartier et plus spécifiquement la proportion de temps passée dehors dans le quartier.

Pour tenir compte des variations attribuables aux congés de fin de semaine et aux saisons, chacune des cinq campagnes représentait une saison différente (avec surpondération pour la saison estivale) et incluait au moins une journée de fin de semaine pour les quatre jours documentés. De plus, pendant la saison estivale, il n'était pas rare que les gens soient en vacances à l'extérieur pendant une partie des quatre jours documentés. D'autres étaient carrément absents pendant toute la période de quatre jours, mais ces derniers n'ont pas été comptabilisés (ils n'ont pas remis de questionnaire). Ce qui aura eu pour effet de surestimer la contribution des fins de semaine à la répartition du temps hebdomadaire.

Les données sont présentées dans les deux tableaux et les deux graphiques suivants.

Tableau 41 : Distribution du nombre d'heures passées dans le quartier Notre-Dame selon que l'on est loin ou proche de sa résidence et selon que l'on est à l'intérieur ou dehors. Médianes pour l'ensemble des participants à chaque campagne

	Heures dehors près de la résidence	Heures dehors loin de la résidence	Heures dans la résidence	Heures dans un édifice situé ailleurs dans le QND
Décembre 2005	0,625	0,16	17,5	0
Avril 2006	1	0,5	16	0
Juin 2006	1	0,5	15,75	0
Août 2006	1	0,25	15	0
Octobre 2006	0,75	0,5	16	0

Le tableau 41 permet de constater que les gens, toutes classes d'âge confondues, passent généralement près d'une heure par jour dehors près de leur résidence et moins d'une demi-heure par jour dehors dans leur quartier mais à plus de 100 mètres de leur résidence. La grande majorité du temps passé dans leur quartier a lieu dans leur résidence (ils ne passent pratiquement pas de temps dans des édifices ailleurs que leur résidence). Les variations saisonnières sont importantes, les gens passant plus de temps à l'intérieur en hiver (et moins de temps dehors) qu'en été, ce qui ne surprendra personne. Si on regroupe le nombre médian d'heures passées dehors (près ou loin de la résidence) ou à l'intérieur (dans la résidence ou ailleurs) dans le quartier, nous obtenons le tableau 42 de la page suivante.

Tableau 42 : Répartition du nombre quotidien d'heures totales passées dehors ou à l'intérieur dans le quartier ND (médianes du groupe)

	Total heures dehors quartier ND	Total heures dans la maison quartier ND	Total heures dans QND	% sur 24 heures	% de la journée passée dehors dans quartier ND
Décembre 2005	0,785	17,5	18,285	77%	3,3 %
Avril 2006	1,5	16	17,5	75%	6,2 %
Juin 2006	1,5	15,75	17,25	74%	6,2 %
Août 2006	1,25	15	16,25	69%	5,2 %
Octobre 2006	1,25	16	17,25	74%	5,2 %

On s'aperçoit en examinant le tableau 42 que les gens passent autour de 70 à 75 % de leur journée (incluant la nuit) dans leur quartier, ce qui représente environ 17 heures par jour. Cette proportion augmente un peu en hiver pour diminuer en été (période de vacances). De ces 17 heures quotidiennes passées dans leur quartier, les gens n'en consacrent que 0,7 à 1,5 à des activités dehors, selon la saison. Ceci représente de 3 à 6 % d'une journée de 24 heures.

Si on compare ces données avec les recommandations des *Lignes directrices pour les études d'évaluation de risque toxicologique de l'INSPQ*²⁶, on se rend compte que nos chiffres sont un peu inférieurs aux recommandations pour ce qui est du nombre d'heures quotidiennes passées dehors pour des adultes, qui est de 1,4 heure par jour (incluant les heures dehors à l'extérieur du quartier de résidence). Cette valeur a été retenue par l'INSPQ en se basant sur les données obtenues par Richardson²⁷. Ce dernier estime que le temps moyen passé à l'intérieur tourne autour de 22,5 heures par jour. Cette valeur est plus élevée que ce que nous avons trouvée. Cependant, l'enquête de Richardson incluait aussi le temps passé ailleurs que dans le quartier de résidence des gens, ce qui expliquerait en partie la différence avec nos données.

Voyons maintenant ce qui se passe à l'intérieur de chacun des quatre secteurs du quartier. Pour ne pas trop surcharger la présentation des données, nous avons compilé la moyenne des médianes pour chacune des cinq campagnes de surveillance pour chaque secteur. Bien qu'il y ait des variations légères d'une campagne à l'autre, le tableau 43 reflète bien la tendance générale pour chacun des quatre secteurs.

Tableau 43 : Répartition du nombre quotidien (médianes des 5 campagnes) d'heures passées dans le quartier ND selon qu'on est dehors ou à l'intérieur, données moyennes pour chacun des quatre secteurs du quartier pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance

	Heures dehors dans quartier ND	Heures dans la maison quartier ND	Temps total (hres) dans QND	% sur 24 h dans quartier ND	% sur 24 h temps dehors quartier ND
Carter-Portelance	1,80	16,15	17,95	74,8%	7,5 %
Nord-ouest Murdoch	0,70	15,50	16,20	67,5%	2,9 %
Sud-Murdoch	1,01	17,08	18,09	75,4%	4,2 %
Carter-Murdoch	1,34	15,15	16,49	68,7%	5,6 %
Médiane QND	1,26	16,05	17,31	72,1%	5,25 %

26. Institut national de santé publique du Québec, (2002).

27. Richardson, G.M., (1997), basé sur les moyennes arithmétiques des « probability density functions ».

Le tableau 43 montre certaines différences entre les secteurs. En effet, dans Carter-Portelance les gens passent proportionnellement plus de temps dehors que dans les autres secteurs. Avec Sud-Murdoch, ce sont également eux qui passent la plus forte proportion de leur journée dans le quartier ND. Or, le secteur Carter-Portelance est également le plus exposé aux retombées atmosphériques d'arsenic. Logiquement, cela devrait leur valoir des doses d'exposition à l'arsenic atmosphérique plus importantes que dans les autres secteurs, comme nous le verrons à la sous-section suivante. Le tableau 44 qui suit présente les proportions de temps passées dehors en fonction de l'âge chez les exposés.

Tableau 44 : Variation du nombre d'heures passées dehors en fonction de l'âge chez les exposés. Médianes pour l'ensemble des cinq campagnes

	Heures dehors près_résidence Jour 4 à jour 1 avant prélèvement	Heures dehors ailleurs QND Jour 4 à jour 1 avant prélèvement	Heures dedans la résidence Jour 4 à jour 1 avant prélèvement	Heures dedans ailleurs QND Jour 4 à jour 1 avant prélèvement
1-4 ans	1,00	0	18,50	0,00
5-9 ans	1,5	0,75	14	2,75
10-15 ans	1,00	0,75	15,00	0,00
15-24 ans	0,5	0	15	0,0825
25-59 ans	0,75	0,5	15,55	0
> 59 ans	0,5	0	20	0
Tous	0,75	0,25	16	0
15-ans et plus	0,5	0,25	16	0
14 ans et moins	1	0,5	15,5	0

On remarque au tableau 44 que les enfants de 1 à 15 ans, particulièrement ceux de 5 à 9 ans, passent un peu plus de temps dehors que les adultes. Cependant, ce nombre d'heures est inférieur à ce qui est préconisé dans les *Lignes directrices pour les évaluations de risque toxicologique (INSPQ, 2002)*, où on suggère d'utiliser une valeur de 2,8 heures par jour pour les moins de 15 ans. La valeur proposée par l'INSPQ avait été extrapolée en multipliant par deux celle trouvée par Richardson (1997) pour les adultes. Nos données montrent qu'en réalité cette valeur devrait se trouver plus près de 2 heures par jour que de 3 heures par jour, sur une base annuelle.

2.4.2 Doses d'exposition à l'arsenic atmosphérique pendant les quatre jours précédant les campagnes de surveillance

Tel que mentionné dans la section Méthodologie (section 1.5), pour chacune des campagnes de surveillance nous avons calculé une dose d'exposition pour chacun des participants qui avait rempli la grille d'emploi de son temps pendant les quatre jours précédant le prélèvement urinaire. C'est ce que nous appelons la « dose d'exposition » à l'arsenic, qui correspond aux taux médians d'arsenic dans les secteurs du quartier ND que chaque participant a fréquenté, pondérés en fonction du nombre d'heures quotidien qu'il a passé dans chacun des secteurs géographiques. Cette dose d'exposition ne correspond pas exactement à la dose inhalée, car elle n'a pas été corrigée pour le volume d'air total inspiré par chacun. Cependant, elle est une bonne approximation de la quantité totale d'arsenic atmosphérique à laquelle chaque participant a été exposé.

Tableau 45 : Doses d'exposition (ng/m³) à l'arsenic atmosphérique pour chacun des secteurs, moyennes arithmétiques pour chacune des cinq campagnes de surveillance

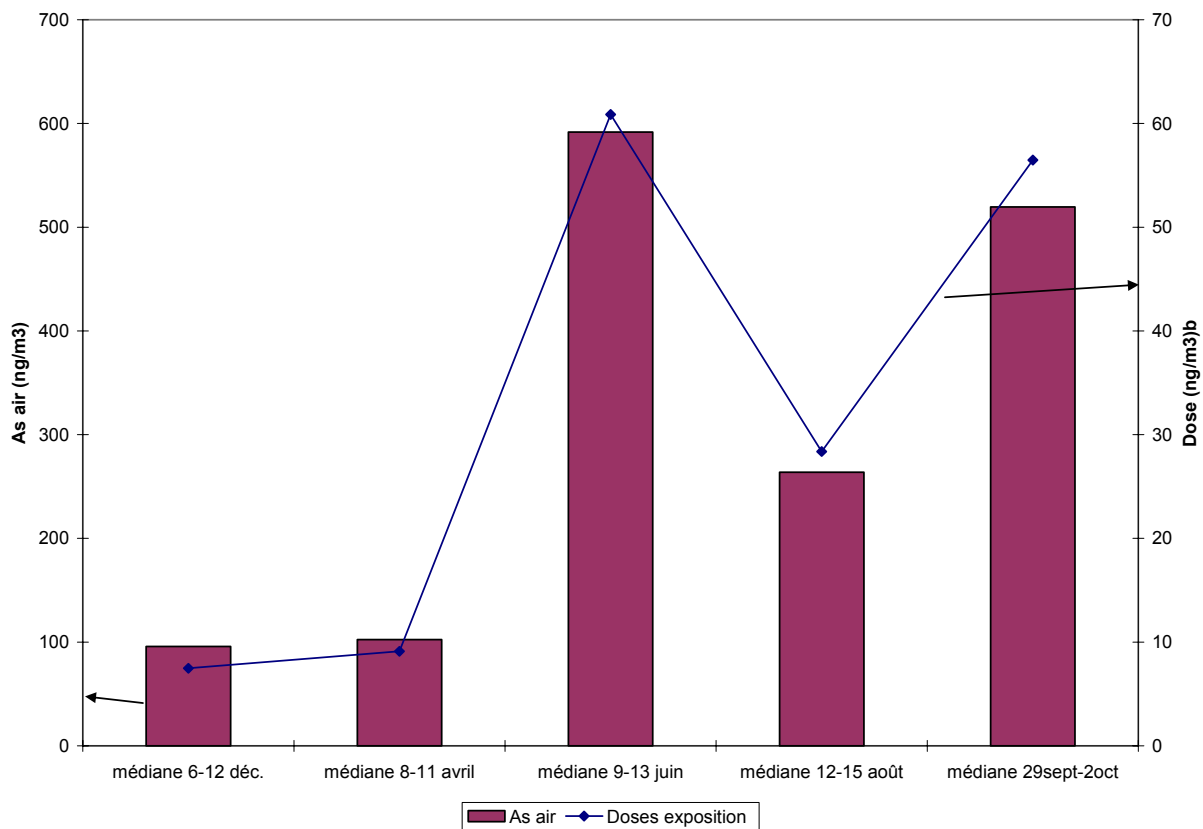
		Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle de confiance à 95 %		Minimum	Maximum
					ICI	ICS		
9-12 déc.	Carter-Portelance	46	7,48	6,80	5,46	9,50	0,00	27,09
	Nord-ouest Murdoch	49	0,50	0,74	0,29	0,71	0,00	3,45
	Sud-Murdoch	69	1,10	1,57	0,72	1,47	0,00	10,86
	Carter-Murdoch	42	0,61	0,80	0,36	0,86	0,00	3,78
	Moyenne quartier ND	206	2,28	4,37	1,68	2,88	0,00	27,09
8-11 avril	Carter-Portelance	37	9,10	7,20	6,70	11,50	0,23	25,79
	Nord-ouest Murdoch	33	0,95	1,91	0,28	1,63	0,00	9,58
	Sud-Murdoch	62	1,79	2,33	1,20	2,38	0,00	13,77
	Carter-Murdoch	30	1,30	1,96	0,57	2,04	0,00	9,42
	Moyenne quartier ND	162	3,20	5,05	2,42	3,98	0,00	25,79
9-12 juin	Carter-Portelance	35	60,87	52,61	42,80	78,94	0,00	219,03
	Nord-ouest Murdoch	41	12,19	16,03	7,13	17,25	0,00	76,86
	Sud-Murdoch	63	7,23	13,21	3,90	10,55	0,00	94,80
	Carter-Murdoch	33	12,71	14,85	7,44	17,97	0,00	62,44
	Moyenne quartier ND	172	20,38	33,79	15,29	25,46	0,00	219,03
12-15 août	Carter-Portelance	35	30,80	27,53	21,34	40,26	0,01	94,40
	Nord-ouest Murdoch	26	3,26	5,42	1,07	5,45	0,01	24,02
	Sud-Murdoch	51	7,73	7,85	5,52	9,94	0,09	31,82
	Carter-Murdoch	27	11,99	10,15	7,98	16,01	0,01	30,14
	Moyenne quartier ND	139	13,53	18,50	10,43	16,64	0,01	94,40
20 sept. - 2 oct.	Carter-Portelance	33	56,5	58,3	35,8	77,1	0,0	275,5
	Nord-ouest Murdoch	N/D						
	Sud-Murdoch	60	7,2	22,2	1,5	13,0	0,0	168,1
	Carter-Murdoch	27	23,2	24,1	13,6	32,7	0,0	74,6
	Moyenne quartier ND	120	24,4	41,5	16,9	31,9	0,0	275,5

ANOVA (variances non homogènes)

	ddl	F	p
Dose 9-12 déc.	3 ; 202	47,22	<0,001
Dose 8-11 avr. ng/m3	3 ; 158	36,60	<0,001
Dose 9-12 juin (ng/m3)	3 ; 168	33,43	<0,001
Dose 12-15 août (ng/m3)	3 ; 135	20,86	<0,001
Dose 29 sept.-2 oct. (ng/m3)	2 ; 117	19,735	<0,001

Le tableau 45 montre qu'il y a de fortes variations saisonnières dans l'exposition de la population. Le même tableau montre aussi qu'il existe des différences statistiquement significatives entre les secteurs en ce qui concerne les doses d'exposition à l'arsenic. Carter-Portelance se démarque nettement des autres secteurs. Les doses d'exposition des participants y sont systématiquement supérieures à celles des participants de tous les autres secteurs et ce, pour chacune des cinq campagnes de surveillance. Ce phénomène ne peut être attribuable à une modification des habitudes de vie (plus ou moins grand nombre d'heures passées dehors) des participants de ce secteur car les doses varient proportionnellement aux concentrations d'arsenic dans l'air ambiant, tel qu'il appert dans le graphique de la figure 18. On remarque également que les doses d'exposition sont plus importantes en été et au début d'automne qu'en hiver et au printemps et ce, dans tous les secteurs.

Figure 18 : Médiannes d'arsenic dans l'air ambiant comparées aux doses (moyennes arithmétiques) d'exposition chez les participants du secteur Carter-Portelance, pour chacune des cinq campagnes



On remarque à la figure 18 que, même si les courbes ne suivent pas la même échelle, les doses d'exposition suivent exactement la variation de la courbe des médianes d'arsenic dans l'air ambiant, ce qui ne serait pas le cas si les fluctuations saisonnières avaient été attribuables aux seules variations dans les habitudes de vie des participants.

Au tableau 46, nous avons regroupé les doses d'exposition de tous les participants, pour l'ensemble des campagnes auxquelles ils ont contribué. Ce regroupement ne fait que confirmer la prépondérance du secteur Carter-Portelance par rapport aux autres secteurs en ce qui concerne les doses d'exposition à l'arsenic atmosphérique.

Tableau 46 : Doses d'exposition à l'arsenic atmosphérique pour chacun des secteurs, moyennes géométriques pour l'ensemble des cinq campagnes de surveillance

	Nombre	Moyenne géométrique (ng/m ³)	Écart type (ng/m ³)	Intervalle de confiance à 95 % (ng/m ³)		Minimum (ng/m ³)	Maximum (ng/m ³)
				ICI	ICS		
Carter-Portelance	176	13,60	4,68	10,81	17,11	0	275,50
Nord-Ouest Murdoch	124	1,17	5,88	0,86	1,61	0	77,00
Sud-Murdoch	260	2,08	4,26	1,74	2,48	0	168,10
Carter-Murdoch	134	3,16	6,00	2,33	4,30	0	74,60
Ensemble quartier ND	694	3,28	6,22	2,86	3,75	0	275,50

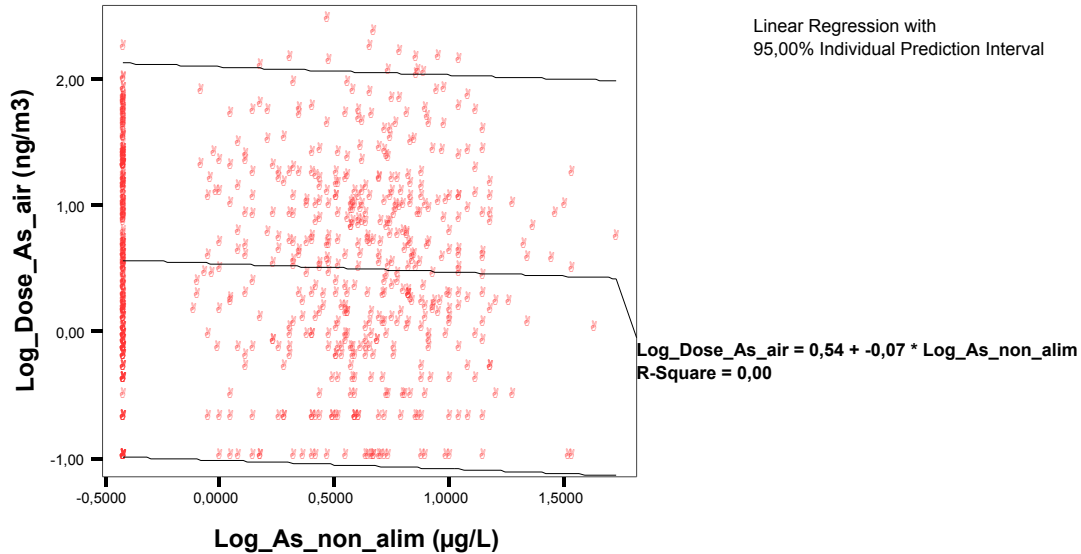
ANOVA, variances inégales, F=7,03; ddl : 3; 690; p<0,0001

On remarque au tableau 46 que les doses moyennes d'arsenic atmosphérique chez les résidents du secteur Carter-Portelance au cours de l'année 2006 furent entre 3 et 7 fois supérieures à celles des résidents des autres secteurs. Les doses moyennes dans les secteurs sont toutes significativement différentes les unes des autres, montrant que la combinaison des concentrations atmosphériques et des durées d'exposition crée une gradation dans la distribution des doses d'exposition des résidents du quartier ND.

2.4.3 Relation entre l'arsenic urinaire et les doses d'exposition à l'arsenic atmosphérique

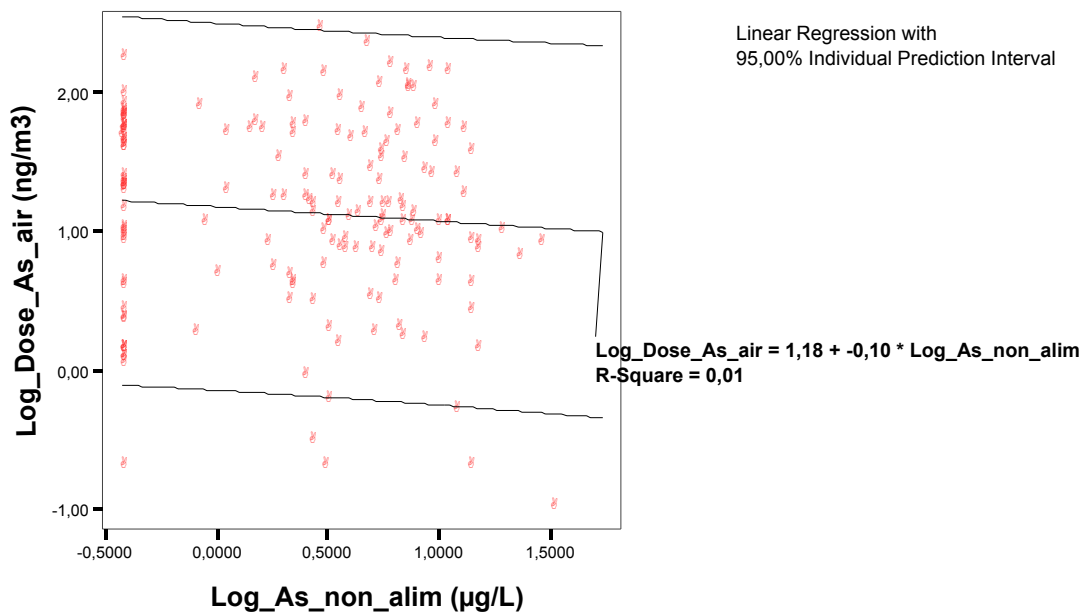
La question fondamentale à laquelle cette étude voulait répondre c'était de caractériser la relation entre les taux d'arsenic atmosphérique et l'imprégnation des résidents exposés à ces concentrations dans l'air de leur milieu de vie. La meilleure méthode pour caractériser cette relation c'est de calculer la force de l'association entre ces deux variables quantitatives à l'aide des tests de régression linéaire. Nous présentons à la figure 19 le diagramme de dispersion de l'arsenic urinaire de chaque participant corrélé avec sa dose d'exposition pour l'ensemble des campagnes de surveillance auxquelles il a participé.

Figure 19 : Diagramme de dispersion de l'arsenic urinaire (non alimentaire) en fonction de la dose d'exposition à l'arsenic atmosphérique de chacun des participants du quartier ND, pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées



On remarque à figure 19 l'absence totale de corrélation ($R^2 < 0,00$) entre l'arsenic urinaire et la dose d'exposition. Nous avons recalculé la droite de régression entre l'arsenic urinaire et les doses d'arsenic atmosphérique pour le seul secteur Carter-Portelance, où les doses d'exposition sont beaucoup plus importantes. Les données sont présentées sur le diagramme de dispersion de la figure 20.

Figure 20 : Diagramme de dispersion de l'arsenic urinaire (non alimentaire) en fonction de la dose d'exposition à l'arsenic atmosphérique de chacun des participants du secteur Carter-Portelance, pour l'ensemble des cinq campagnes regroupées



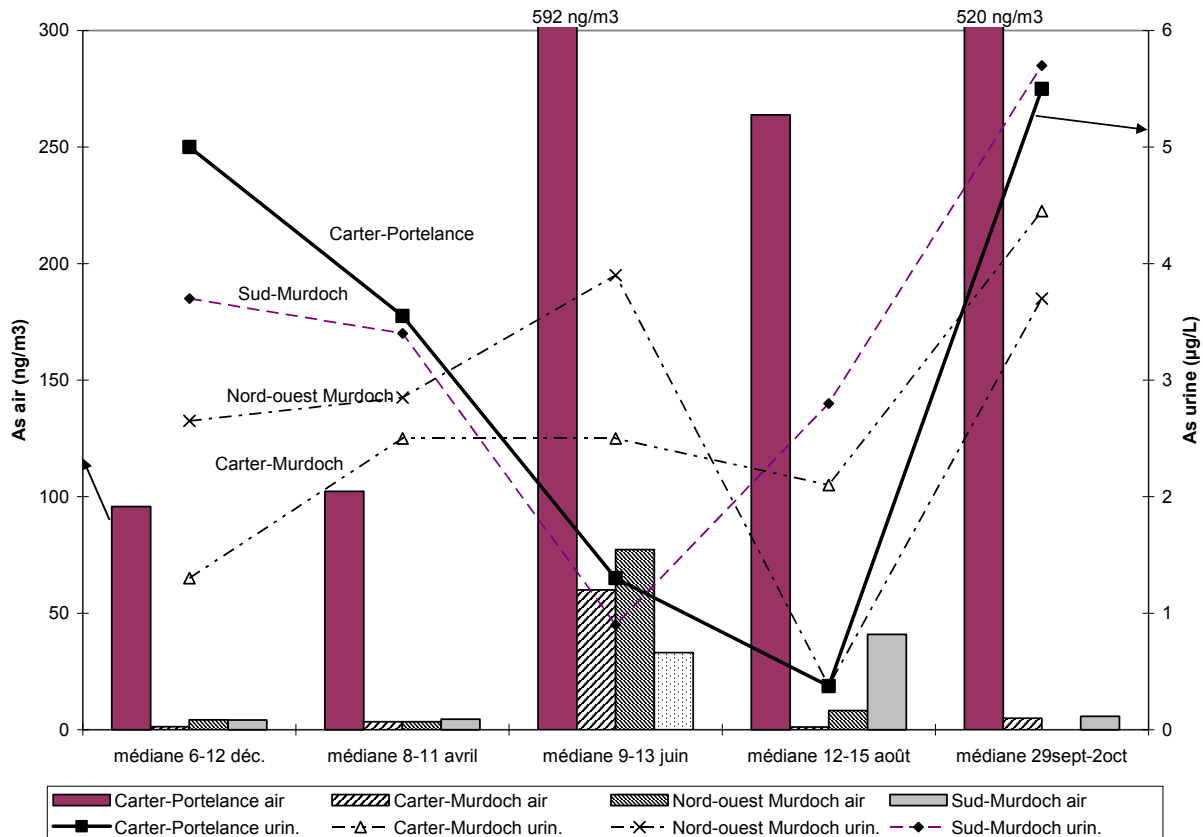
On remarque à la figure 20 que le R^2 , atteint à peine 0,01 dans ce cas. Ce qui montre bien l'absence de corrélation, même dans le secteur le plus exposé à l'arsenic atmosphérique. Ainsi, même dans le secteur le plus exposé aux retombées atmosphériques d'arsenic, les doses d'exposition à elles seules sont loin de pouvoir expliquer les variations de l'arsenic urinaire chez l'ensemble de nos participants. Nous avons fait des vérifications pour l'ensemble des cinq campagnes prises individuellement et pour aucune d'entre elles le R^2 ne dépasse 0,05 comme on peut le constater au tableau 47.

Tableau 47 : Coefficients au carré de corrélation linéaire (R^2) entre les valeurs log de la dose d'exposition et les valeurs log de l'arsenic urinaire pour chacune des cinq campagnes de surveillance dans le quartier ND

Date de la campagne	Nombre	R^2	p
Décembre 2005	168	0,047	0,005
Avril 2006	138	0,004	0,458
Juin 2006	150	0,000	0,8
Août 2006	130	0,021	0,101
Octobre 2006	99	0,005	0,5

On note au tableau 47 que c'est en décembre 2005 que la corrélation fut la plus élevée. Cette valeur était significative, bien que très faible. On remarque également dans le même tableau que le nombre de valeurs disponibles pour le calcul de la dose d'exposition a diminué graduellement au fur et à mesure que les campagnes se succédaient les unes aux autres. Le nombre de participants a également diminué mais dans une proportion moins importante. Il est probable que plusieurs participants aient trouvé assez pénible l'exercice de remplir une grille d'emploi du temps quotidienne pendant quatre jours consécutifs et que plusieurs aient abandonné cet aspect de leur collaboration en cours de route. Évidemment cela diminue d'autant la précision de nos données, mais nous ne pouvons quantifier actuellement la portée de cet inconvénient. Pour tenter de pallier à cette incertitude, nous présentons à la figure 21 une juxtaposition des valeurs log moyennes d'arsenic urinaire et des valeurs moyennes des valeurs log de l'arsenic dans l'air ambiant.

Figure 21 : Comparaison entre les médianes d'arsenic dans l'air et les médianes d'arsenic urinaire pour chacune des campagnes et pour chacun des secteurs du quartier ND



Les données sur lesquelles se base la figure 21 sont nombreuses et n'ont pas l'inconvénient d'avoir diminué beaucoup d'une campagne à l'autre. Pour bien faire ressortir les différences entre les secteurs, nous avons dû amputer l'échelle de l'ordonnée. Les valeurs manquantes (arsenic dans l'air) sont inscrites au-dessus des histogrammes correspondants. On remarque dans cette figure 21 que le lien entre les taux d'arsenic dans l'air et les niveaux urinaires ne sont pas évidents s'ils existent, car les secteurs présentant les taux les plus élevés dans l'air ne sont pas toujours ceux qui ont les niveaux urinaires les plus importants. En fait, cela confirme les faibles valeurs de corrélation entre les deux phénomènes tels qu'ils apparaissaient à la figure 19 et à la figure 20.

2.5 ANALYSES MULTIFACTORIELLES DE LA VARIATION DE L'ARSENIC URINAIRE

Nous avons vu dans les sections précédentes que certaines différences significatives existaient entre des sous-groupes de notre population quant à leur taux d'arsenic urinaire. Par exemple :

- les jeunes enfants ont des taux plus élevés que les autres groupes d'âge et les personnes âgées ont des taux plus faibles que tous les autres groupes;
- les consommateurs de fruits de mer ont des taux plus élevés que les non-consommateurs;

- les universitaires et ceux n'ayant pas complété leur primaire ont des taux plus élevés que les autres groupes de scolarité;
- les résidents de certains secteurs du quartier Notre-Dame ont des taux plus élevés que les autres, bien que cet effet ne soit pas constant dans le temps.

Bien qu'aucun de ces facteurs, pas plus que la dose individuelle d'exposition à l'arsenic atmosphérique ne puisse expliquer une proportion significative de la variance de l'arsenic urinaire, il est quand même légitime de s'interroger sur la part respective que l'ensemble des facteurs de variation peuvent prendre pour expliquer les variations de l'arsenic urinaire. Comme nous avons à la fois des variables discontinues (par exemple, scolarité, consommation de fruits de mer, etc.) et des variables continues (âge, doses d'arsenic urinaire), nous devons utiliser un test statistique qui permet de combiner l'effet de ces deux types de variables (ce que ne permet pas la régression linéaire). Nous avons préféré utiliser la modélisation linéaire générale qui prend en considération à la fois les variables discontinues et les variables continues pour expliquer la variance d'une variable dépendante continue (l'arsenic urinaire). Les résultats sont présentés au tableau 48 ci-dessous.

**Tableau 48 : Modélisation univariée linéaire simple (variance entre sujets) pour les variables continues et discontinues (catégories) pouvant influencer l'arsenic urinaire chez les exposés (quartier ND).
Variable dépendante : log arsenic urinaire**

Variables indépendantes et croisements	Somme des carrés Type III	ddl	F	Signification de F	Coefficient R ² (Eta) partiel
Modèle global corrigé	64,46	115	2,08	0,00	0,268
Intercept	16,56	1	61,56	0,00	0,086
Dose_As air	0,13	1	0,48	0,49	0,001
Classe_age	3,00	5	2,23	0,05	0,017
Scolarité	1,36	4	1,27	0,28	0,008
Fruits_mer	0,50	1	1,85	0,17	0,003
Sexe	0,97	1	3,61	0,06	0,006
Secteur	1,38	3	1,71	0,16	0,008
Classe_age * Scolarité	1,29	7	0,68	0,69	0,007
Classe_age * Fruits_mer	2,80	5	2,08	0,07	0,016
Scolarité * Fruits_mer	2,37	4	2,21	0,07	0,013
Classe_age * Scolarité * Fruits_mer	0,00	0			0,000
Classe_age * Sexe	2,66	5	1,98	0,08	0,015
Scolarité * Sexe	2,38	4	2,21	0,07	0,013
Classe_age * Scolarité * Sexe	0,00	0			0,000
Fruits_mer * Sexe	0,96	1	3,56	0,06	0,005
Classe_age * Fruits_mer * Sexe	0,27	1	1,00	0,32	0,002
Scolarité * Fruits_mer * Sexe	2,02	2	3,76	0,02	0,011
Classe_age * Scolarité * Fruits_mer * Sexe	0,00	0			0,000
Classe_age * Secteur	5,06	15	1,25	0,23	0,028
Scolarité * Secteur	5,87	12	1,82	0,04	0,032
Classe_age * Scolarité * Secteur	0,24	2	0,44	0,65	0,001
Fruits_mer * Secteur	1,42	3	1,76	0,15	0,008

Variables indépendantes et croisements	Somme des carrés Type III	ddl	F	Signification de F	Coefficient R ² (Eta) partiel
Classe_age * Fruits_mer * Secteur	0,00	0			0,000
Scolarité * Fruits_mer * Secteur	2,84	5	2,11	0,06	0,016
Classe_age * Scolarité * Fruits_mer * Secteur	0,00	0			0,000
Sexe * Secteur	0,85	3	1,05	0,37	0,005
Classe_age * Sexe * Secteur	0,55	2	1,02	0,36	0,003
<i>Scolarité * Sexe * Secteur</i>	3,39	6	2,10	0,05	<i>0,019</i>
Classe_age * Scolarité * Sexe * Secteur	0,00	0			0,000
Fruits_mer * Sexe * Secteur	1,06	3	1,31	0,27	0,006
Classe_age * Fruits_mer * Sexe * Secteur	0,00	0			0,000
Scolarité * Fruits_mer * Sexe * Secteur	0,00	0			0,000
Classe_age * Scolarité * Fruits_mer * Sexe * Secteur	0,00	0			0,000
Erreur	175,62	653			
Total	314,75	769			
Total corrigé	240,08	768			
Erreur alpha (p) = 0,05					
R ² = 0,268 (R ² ajusté = 0,140)					

Nous constatons au tableau 48 que le modèle global ne peut expliquer plus de 27 % de la variance ($R^2 = 0,268$). Ce qui est peu, mais tout de même significatif (p de $F < 0,01$). Parmi ce 27 %, aucune variable ou croisement de variables ne peut expliquer plus de 4 % de la variance. Les variables ou croisements de variables qui expliquent 2 % et plus de la variance sont en italique. La plus élevée des valeurs correspond au croisement « *Scolarité et Secteur* » (3,2 % de la variance). On peut donc penser que l'ensemble de toutes les variables que nous avons étudiées (ni prises isolément ni en combinaison) n'arrivent pas à expliquer la majorité de la variation de l'arsenic urinaire chez notre groupe exposé. En fait, les variables que nous avons incluses dans le modèle n'expliquent peut-être pas beaucoup la variation de l'arsenic urinaire, mais ce constat est encore pire dans le groupe non exposé, comme on peut le constater au tableau 49 de la page suivante.

**Tableau 49 : Modélisation univariée linéaire simple (variance entre sujets) pour les variables continues et discontinues (catégories) pouvant influencer l'arsenic urinaire chez les non-exposés (Évain).
Variable dépendante : log arsenic urinaire**

	Somme des carrés Type III	ddl	F	Signification de F	Coefficient R ² (Eta) partiel
Modèle global corrigé	18,22	39	1,54	0,02	0,127
Intercept	10,57	1	34,93	0,00	0,078
Classe_age	2,43	5	1,61	0,16	0,019
Scolarité	2,08	4	1,71	0,15	0,016
Fruits_mer	0,74	1	2,46	0,12	0,006
Sexe	0,07	1	0,25	0,62	0,001
Classe_age * Scolarité	0,52	3	0,57	0,63	0,004
Classe_age * Fruits_mer	1,25	5	0,83	0,53	0,010
Scolarité * Fruits_mer	1,41	3	1,55	0,20	0,011
Classe_age * Scolarité * Fruits_mer	0,05	1	0,16	0,69	0,000
Classe_age * Sexe	1,58	5	1,05	0,39	0,012
Scolarité * Sexe	1,83	4	1,51	0,20	0,014
Classe_age * Scolarité * Sexe	0,00	0	.		0,000
Fruits_mer * Sexe	0,00	1	0,01	0,93	0,000
Classe_age * Fruits_mer * Sexe	0,86	2	1,42	0,24	0,007
Scolarité * Fruits_mer * Sexe	0,98	2	1,63	0,20	0,008
Classe_age * Scolarité * Fruits_mer * Sexe	0,00	0			0,000
Erreur	125,53	415			
Total	202,74	455			
Total corrigé	143,75	454			
Alpha (p) = ,05					
R ² = 0,127 (R ² = ,045)					

Au tableau 49, on constate qu'à peine un peu plus de 10 % ($R^2 = 0,127$) de la variance peut être expliquée par les variables indépendantes que nous avons utilisées dans le modèle. Cette faible proportion est quand même significative ($p = 0,02$). Il est à noter que les variables « *dose d'exposition* » et « *secteur de résidence* » ne pouvaient pas être utilisées pour les participants d'Évain. Aucune variable ne peut expliquer plus de 1 % de la variance. La comparaison avec le tableau 48 permet de constater qu'à Évain, plus encore que dans le quartier Notre-Dame, la distribution des niveaux d'arsenic urinaire est vraiment le fruit du hasard ou d'une autre variable que nous ignorons pour l'instant.

3. Commentaires sur les résultats

Les résultats de la surveillance de l'imprégnation à l'arsenic chez les résidents du quartier ND paraissent globalement très rassurants, malgré les concentrations relativement élevées d'arsenic atmosphérique auxquelles ils sont exposés, notamment dans la partie nord (la plus rapprochée de la fonderie). En gros, on a de bonnes raisons de croire que les résidents du quartier ont des taux tout à fait normaux d'arsenic urinaire, presque en tous points semblables à ceux retrouvés chez une population non exposée à l'arsenic. En effet, les variations individuelles, spatiales et saisonnières correspondent à peu près à ceux retrouvés à Évain, exception faite des jeunes enfants (moins de 5 ans), surtout les garçons. Ces derniers ont des taux plus élevés durant l'été, mais rarement au point de dépasser la limite supérieure de la normale actuelle au Québec ($19 \mu\text{g/L}$).

Cependant toute étude comporte ses limites et avant de sauter rapidement à la conclusion nous allons en discuter dans la prochaine section.

3.1 REPRÉSENTATIVITÉ DE L'ÉCHANTILLON

Nous nous sommes donnés beaucoup de mal pour constituer un échantillon de résidents du quartier ND qui soit à la fois représentatif de la distribution des âges dans ce quartier (en prenant comme critère la distribution des âges selon le recensement de Statistique Canada de 2001) et de la distribution géographique par secteur de résidence (voir section 1.1 dans la Méthodologie).

Cependant, nous avons eu à subir une certaine perte de participants en cours de route, un phénomène assez prévisible pour des études longitudinales s'étalant sur une année ou plus. Comme ces pertes n'étaient pas uniformément réparties sur l'ensemble du quartier ND, nous avons préféré remplacer par des substituts les abandons en cours de route, dans la mesure du possible. Ces abandons et remplacements ont eu pour effet de changer graduellement notre échantillon de départ, pas au point cependant de modifier radicalement la distribution des âges et des secteurs géographiques de résidence des participants. Mais il faut bien admettre que ce ne sont pas systématiquement les mêmes personnes que nous avons suivies tout au cours de l'étude. Il est possible que cela ait amené des modifications dans la répartition des habitudes de vie (par exemple : nombre d'heures passées dehors, diète, lieu d'emploi, etc.) qui auraient eu une influence sur les résultats. Nous avons escompté que les inconvénients potentiels associés à cette décision étaient moindres que celui d'avoir une sous-représentation géographique dans certains secteurs du quartier ND. D'ailleurs, vérifications faites, nous nous sommes rendus compte à la fin de l'opération que 88 % de l'ensemble de notre cohorte avaient participé à au moins quatre des cinq campagnes. Donc, dans la très grande majorité des cas, c'étaient les mêmes personnes qui étaient évaluées d'une campagne à l'autre.

Un autre problème rencontré fut la faible proportion de jeunes enfants dans notre échantillon. Nous avons toutes les raisons de croire que les 1-5 ans sont les plus exposés à l'arsenic parmi l'ensemble de la population²⁸. Ce problème est attribuable au fait que leur poids relatif dans le recensement de 2001 était assez faible (5 % de la population totale) comparé aux autres groupes d'âge.

28. Ils résident à temps plein dans le quartier, ils passent plus de temps dehors et ils sont en contact étroit avec les sols et les poussières intérieures. Ceci vaut pour les enfants qui ne vont pas à la garderie. Dans notre échantillon, cette dernière catégorie ne représente toutefois que 7/16 enfants (44 %).

Bien que nous n'ayons aucune raison de croire que notre échantillon était constitué uniquement des individus moins exposés, il n'est pas impossible que nous n'ayons pas inclus dans l'échantillon les individus les plus exposés parmi ce groupe d'âge (pas plus d'ailleurs que pour les autres groupes d'âge). Nous ne sommes donc pas certain d'avoir inclus les valeurs extrêmes pour ce groupe d'âge, notamment dans le secteur Carter-Portelance où le hasard n'a pas permis de recruter beaucoup de participants chez les 1-4 ans. De plus, les difficultés à récolter l'urine chez les participants encore aux couches (pour lesquels on devait utiliser le système U-bag) ont nui à l'obtention de prélèvements valides chez les 1-4 ans. Il faut toutefois se souvenir que cette étude n'était pas un dépistage systématique auprès de l'ensemble de la population, mais une caractérisation des tendances centrales dans le quartier ND. Seul un dépistage systématique de tous les 1-4 ans du secteur Carter-Portelance permettrait d'avoir un portrait réaliste de la situation pour ce groupe d'âge dans le secteur le plus exposé. Malgré ces limites, notre étude a quand même réussi à identifier un effet d'âge pour l'exposition à l'arsenic, particulièrement pour les 1- 4 ans. Ce qui était un résultat attendu et nous rend confiant dans la représentativité de nos participants pour ce groupe d'âge.

3.2 ESTIMATION DE L'EXPOSITION CHRONIQUE À PARTIR DES RÉSULTATS DES CINQ CAMPAGNES DE SURVEILLANCE

L'objectif de cette étude était d'estimer l'exposition à l'arsenic des habitants du quartier ND, compte tenu des concentrations dans l'air et de leurs habitudes de vie, notamment la proportion de leur temps passée dehors au cours d'une année. Bien qu'il soit évident que 5 mesures ponctuelles au cours d'une année²⁹ soient loin d'être suffisantes pour tenir compte de l'étendue des variations quotidiennes de l'exposition, nous avons plusieurs raisons de croire que ces mesures sont assez représentatives de l'exposition moyenne durant l'année 2006. Ces raisons sont énumérées ci-dessous :

- pendant au moins quatre des cinq campagnes les conditions de production étaient normales à la fonderie. L'arrêt général de deux jours (sur quatre) pendant la campagne de décembre 2005 peut être considéré comme représentatif des journées de non-production au cours d'une année, qui ne sont quand même pas si rares (environ 7 % du temps). Il faut préciser qu'en décembre 2005, les vents soufflaient du sud pendant les jours d'arrêt général³⁰ et que les deux jours de production furent les deux derniers juste avant la date du prélèvement;
- concernant les conditions météo, notons que les températures lors de nos diverses campagnes étaient assez représentatives du mois où chacune des campagnes se déroulait (écart de moins d'un degré C avec la moyenne mensuelle). Même chose du côté des précipitations, où l'écart moyen fut de moins de 3 mm/jour avec la moyenne mensuelle. Pour ce qui est de la direction des vents, notons que les conditions n'étaient pas les plus favorables à la survenue de fugitives pendant les quelques jours précédant nos diverses campagnes, en ce sens que les directions favorables aux fugitives étaient sous-représentées lors de nos campagnes, particulièrement en décembre. Par contre en juin, il y a eu une période peu commune de prédominance (99 % du temps de vents favorables aux fugitives). Cela correspond aux pires conditions rencontrées au cours d'une année;

29. Rappelons que l'arsenic urinaire est une mesure de l'exposition à très court terme, au mieux, 4 jours avant le prélèvement.

30. Dans de telles conditions météo, les retombées atmosphériques sur le quartier ND sont généralement très faibles.

- le nombre d'heures passées dehors par les participants correspond grosso modo au nombre d'heures moyen considéré par l'INSPQ dans ses Lignes directrices pour les études d'évaluation de risque, soit 1,4 heures par jour (nous avons eu une médiane entre 1,0 et 1,25 heures pendant l'ensemble des cinq campagnes, mais ceci n'incluait pas le temps passé dehors à l'extérieur du quartier ND). Les variations inter-campagnes de prélèvement autour de cette médiane (0,78 à 1,5 heures) correspondent aux variations saisonnières attendues (moins d'heures en hiver et plus en été)³¹;
- cependant, les médianes des concentrations d'arsenic dans l'air ambiant lors des cinq campagnes ne s'apparentaient pas très bien aux médianes annuelles 2005-2006 (voir figure 13, section 2.3.2). En fait les taux médians dans Carter-Portelance furent 2,6 fois plus élevés lors des campagnes de prélèvement que la médiane annuelle. Par contre, dans les autres secteurs les médianes pendant les diverses campagne furent 0,42 fois moindres que la médiane annuelle. L'effet net de ces deux tendances inverses est difficile à prévoir, mais compte tenu que l'objectif du MDDEP touche uniquement la station 8006 (Carter-Portelance), nous pouvons considérer tout de même que les conditions lors des diverses campagnes étaient pires que lors de l'ensemble de l'année 2006. Ce qui procure un certain « facteur de sécurité » lors de l'interprétation des résultats³². Cette disparité entre les tendances centrales annuelles et celle prévalant lors de nos cinq campagnes s'atténue lorsqu'on compare les moyennes arithmétiques plutôt que les médianes (voir figure 14, section 2.3.2). Comme le MDDEP entend utiliser les moyennes arithmétiques plutôt que les médianes (ou les moyennes géométriques) pour caractériser l'exposition de la population, il est intéressant de constater que les niveaux moyens (arithmétiques) d'arsenic dans l'air ambiant lors de nos cinq campagnes s'apparentaient assez bien aux moyennes arithmétiques annuelles, bien que l'on observe quand même un écart entre les deux pour le secteur Carter-Portelance, où les niveaux atmosphériques lors des diverses campagnes furent nettement plus élevés que pendant la moyenne de l'année 2006.

En somme, beaucoup de facteurs coïncident pour nous permettre de croire que les résultats d'arsenic urinaire lors de nos cinq campagnes de surveillance constituent un bon reflet de l'exposition des résidents au cours de la période de décembre 2005 à octobre 2006, soit l'équivalent d'une année complète en termes de saisons écoulées. Ce constat est assez remarquable compte tenu de la nature de l'exposition des résidents. En effet, celle-ci pourrait être hautement variable, selon les opérations de la fonderie, les caprices de la météo et leurs habitudes de vie. Bien que nous sommes loin de prétendre avoir couvert pendant ces cinq campagnes toute l'étendue possible de la variation des concentrations d'arsenic dans l'air du quartier ND au cours de l'année 2005-2006, nous sommes confiants d'avoir un portrait assez représentatif des concentrations « moyennes » d'une saison à l'autre.

Il en va de même pour les doses d'exposition des résidents. Nous avons retrouvé dans notre échantillon des durées de séjour à l'extérieur qui étaient corrélées avec les conditions météo (moins le temps était clément, moins les gens sortaient dehors). De plus, nous avons enregistré beaucoup de variations inter-

31. Ces chiffres sont cependant de beaucoup inférieurs à ceux fournis au moment où le questionnaire fut rempli (avant le début de l'étude) où les gens estimaient passer 4,3 heures/jour dehors en été et 2 heures/jour en hiver. Il semble que les gens ont généralement tendance à surestimer la durée réelle du temps passé dehors au cours d'une année, lorsqu'on leur demande une estimation de mémoire plutôt que de remplir une grille systématique.

32. Précisons ici que les données d'air ambiant ne sont pas nécessairement représentatives de l'exposition de chaque habitant d'un secteur car la variabilité spatiale des concentrations à l'intérieur d'un même secteur était plus ou moins bien représentée selon la localisation plus ou moins centroïde du ou des échantillonneurs d'air dans ce secteur.

individuelles dans les doses d'exposition, ce qui se reflète particulièrement dans les doses d'exposition du secteur Carter-Portelance où on note des écarts de plus de 250 fois entre les plus fortes et les plus faibles doses. Ainsi, nous sommes certains d'avoir inclus dans notre échantillon certains des plus exposés des résidents du quartier. Toutefois, tel que mentionné lors de la présentation des résultats, le calcul des doses d'exposition repose sur l'hypothèse que les données récoltées par les différents échantillonneurs d'air dans chacun des secteurs soient représentatives du taux moyen dans l'air de chaque secteur. Ce qui est loin d'être certain, notamment dans le secteur Nord-ouest de Murdoch où le seul échantillonneur présent est situé à l'extrémité sud-est de ce secteur. Même chose pour le secteur Carter-Portelance, où l'échantillonneur est situé à l'extrémité nord du secteur, surestimant probablement l'exposition moyenne de ce secteur.

De même, il faudrait peut-être mettre un bémol sur l'estimation des périodes de temps passées dehors pour chacun des participants. On doit se rappeler que chacun remplissait lui-même sa grille d'emploi du temps et il est possible qu'une bonne proportion des participants aient sous-évalué ou surévalué sa durée réelle de séjour dehors. De plus, le taux de collaboration pour remplir la grille allait en diminuant au fur et à mesure que l'étude se déroulait. Il est donc possible que les données obtenues pour les dernières campagnes (août et octobre) ne soient pas aussi représentatives que pour les premières. Finalement, les calculs de doses que nous avons faits ne tenaient pas compte de l'exposition par remise en suspension de poussières intérieures dans la maison, ni non plus de l'exposition par ingestion de sols contaminés (plus spécifique aux enfants). L'effet net de ces omissions, s'il existe, aurait été de sous-estimer les doses réelles absorbées.

Tout ceci nous porte à croire que les doses d'exposition que nous avons calculées ne sont probablement pas aussi valables que si les participants avaient porté un échantillonneur portatif sur eux 24 heures par jour, pendant chacune des cinq périodes de quatre jours précédant les campagnes de prélèvement³³. Il n'y avait pas non plus de façon pratique de mesurer l'exposition par ingestion de sols contaminés autrement que l'application de modèles théoriques tels qu'on les utilise dans les évaluations de risque³⁴, ce qui reste une évaluation très imprécise.

Tous ces facteurs pourraient en partie expliquer l'absence de corrélation entre nos données d'arsenic urinaire et nos données de doses d'exposition. Un autre facteur pourrait cependant y avoir contribué et de façon beaucoup plus marqué : l'apport d'arsenic par l'alimentation (voir section 3.4).

3.3 VARIATIONS TEMPORELLES ET SPATIALES DE L'ARSENIC URINAIRE CHEZ LES EXPOSÉS

Bien qu'il y ait eu des différences significatives temporelles de l'arsenic urinaire chez les exposés entre les différentes campagnes de prélèvement, il est difficile de les attribuer à l'exposition à l'arsenic atmosphérique. Premièrement, ces variations urinaires sont identiques chez les non-exposés (voir tableau 13, section 2.2.1.1). Deuxièmement, ces variations montrent des niveaux plus faibles en été, ce qui est l'inverse du résultat attendu (les gens passant plus de temps dehors en été). Troisièmement, les niveaux d'arsenic atmosphérique furent les plus élevés de toutes les campagnes en juin, août venant en seconde position, sans pour autant que cela se reflète sur les taux d'arsenic urinaire pour ces deux campagnes.

33. Des tentatives faites lors d'autres études (Polissar et al, 1989) nous permettent de croire que la collaboration des participants à ce genre d'expérience est très faible, même en les payant pour porter les pompes.

34. Par exemple, ces modèles stipulent qu'un enfant type de 3 ans avalera x grammes de sol par jour en été, à tous les jours.

Il en va un peu de même pour les variations spatiales. Dans presque toutes les campagnes on a vu certains secteurs se démarquer des autres (sans toutefois que ces différences soient statistiquement significatives dans la majorité des cas). Par contre, ces différences n'étaient pas corrélées avec les concentrations d'arsenic dans l'air ambiant. L'exemple le plus frappant nous vient des résultats de la campagne de juin où les taux atmosphériques furent les plus élevés des cinq campagnes, notamment dans le secteur Carter-Portelance, alors que les niveaux urinaires dans ce même secteur furent, en juin, parmi les moins élevés de l'ensemble des secteurs. En fait, pour trois des cinq campagnes, les niveaux urinaires dans Carter-Portelance comptèrent parmi les plus élevés. Mais pour deux des cinq campagnes, ils furent parmi les plus faibles. Tout cela alors que systématiquement, pour chacune des campagnes, les taux d'arsenic atmosphérique dans Carter-Portelance étaient généralement plus de 10 fois supérieurs à ceux des autres secteurs du quartier. Cette prédominance de l'exposition chez les résidents du secteur Carter-Portelance tient toujours si on la pondère avec les durées de séjour à l'extérieur (qui semblent légèrement supérieures chez les résidents de ce secteur par rapport à celles des autres secteurs). En effet, leurs doses d'exposition suivent exactement les fluctuations des concentrations atmosphériques (voir figure 14, section 2.4.2), et reproduisant les mêmes ratios supérieurs d'exposition que si l'on se fiait aux seules concentrations mesurées par les échantillonneurs. Il nous faut donc un facteur autre que l'exposition à l'arsenic pour expliquer les différences entre les secteurs de résidence dans le quartier.

Ceci étant dit, il demeure indéniable que le secteur Carter-Portelance est beaucoup plus exposé aux retombées atmosphériques (à la fois les poussières fines en suspension que les particules grossières s'accumulant sur le sol) que tous les autres secteurs du quartier ND. Mais l'échantillonneur de ce secteur est localisé à son extrémité nord, à la porte de l'usine à proprement parler. De sorte que l'exposition moyenne attribuée aux résidents de Carter-Portelance reflète beaucoup plus la situation d'une vingtaine ou trentaine de résidences situées très près de la rue Portelance que celle de l'ensemble des résidents de ce secteur. Or, la représentativité de notre échantillon pour ce sous-ensemble des résidents de Carter-Portelance n'est pas nécessairement très grande, particulièrement en ce qui concerne les enfants de moins de 10 ans, la classe d'âge la plus exposée, compte tenu de ses habitudes de vie et de son contact plus étroit avec les sols.

Un autre facteur à considérer c'est l'influence des particules grossières (non respirables) sur les résultats de l'échantillonneur situé dans la zone Carter-Portelance. Cet échantillonneur est situé très près de la fonderie et à faible hauteur du sol. Il se peut que les poussières grossières (plus de 25 μm de diamètre aérodynamique) n'aient pas eu le temps de sédimenter au sol avant d'atteindre l'orifice d'entrée de l'échantillonneur. De sorte que les résultats de cette station soient surestimés par rapport à ceux des autres stations, situées à au moins 500 mètres de la fonderie et sur des édifices de 10 mètres et plus en hauteur.

3.4 VARIATIONS EN FONCTION DE L'ÂGE ET DU SEXE

On a démontré aux sections 2.2.3 et 2.2.8 qu'un effet d'âge et de sexe peut expliquer une partie de la variance chez les exposés (mais pas chez les non-exposés). Pour l'âge, l'effet s'explique en bonne partie par l'imprégnation significativement plus importante chez les moins de 10 ans. Pour le sexe, l'effet semble réparti de manière plus diffuse à travers plusieurs groupes d'âge. Dans un cas comme dans l'autre cet effet n'est cependant pas relié au secteur de résidence (un indicateur indirect de l'exposition). Il semble plus relié soit aux habitudes de vie particulières, soit au groupe d'âge, soit au sexe plutôt qu'à la contamination atmosphérique comme telle.

Pour mieux illustrer la non-dépendance de l'effet de l'âge sur le secteur de résidence, nous avons reporté les résultats individuels des 1-9 ans, pour chacune des campagnes, sur une carte géographique du quartier ND. On trouvera en annexe la série des cinq cartes géographiques correspondant à chacune des campagnes. L'examen visuel des cartes montre que les taux urinaires plus élevés étaient répartis au hasard entre les secteurs et selon les campagnes.

On remarquera que dans la plupart des secteurs, la classe d'âge de 1-9 ans ne comportait que de 4 à 7 participants (selon la campagne) dans notre échantillon. Cela crée un certain malaise surtout pour le secteur Carter-Portelance, où les variations inter-individuelles risquent d'être plus importantes, compte tenu des retombées atmosphériques plus élevées que dans les autres secteurs. Il n'est donc pas impossible que nous soyons passés à côté de certains enfants surexposés dans ce secteur.

Cependant, malgré le fait que les jeunes enfants soient plus imprégnés que les autres groupes d'âge, leurs niveaux urinaires sont quand même loin d'être inquiétants, se situant confortablement sous la barre de 19 $\mu\text{g/L}$.

3.5 CONTRIBUTION DE L'ARSENIC ALIMENTAIRE

Le tableau 48 (section 2.5) nous porte à croire qu'un ou plusieurs facteurs autres que ceux documentés dans cette étude peuvent expliquer la variation de l'arsenic urinaire chez les exposés. Ce facteur doit être forcément commun au groupe non exposé puisque les valeurs d'arsenic urinaire et l'étendue de la variation y sont semblables à ceux retrouvés dans le groupe exposé. À moins de preuves du contraire, nous pensons que ce facteur est l'alimentation.

Bien que nous ne l'ayons pas évalué, nous avons toutes les raisons de croire que le régime alimentaire chez les deux groupes soit assez semblable, car ceux-ci sont assez bien appariés (pour l'âge, le sexe, la scolarité, la taille et le poids)³⁵. Or la consommation de fruits de mer quelques jours avant le prélèvement exerce une influence à la hausse sur les taux d'arsenic non alimentaire mesurés comme nous l'avons démontré dans la section 2.2.6.1. Ce phénomène explique la plupart de nos valeurs extrêmes (*outliers*) d'arsenic urinaire non alimentaire comme le démontre le différentiel entre l'arsenic total et l'arsenic non alimentaire chez ces derniers (voir section 2.2.7)³⁶. En plus des fruits de mer, d'autres aliments peuvent contenir de l'arsenic, soit sous forme organique ou inorganique³⁷. Qu'on pense au poulet par exemple, un aliment très commun. Depuis quelques années les fermes d'élevage utilisent des moulées incorporant des farines de crevettes dans l'alimentation des chapons³⁸. Les crevettes contiennent de l'arsenic organique, c'est un fait bien connu. Une partie de celui-ci peut donc se retrouver chez le consommateur (sous forme organique ou de MMA et DMA). La contribution de l'arsenic alimentaire à l'arsenic non alimentaire est donc bien réelle et elle se manifeste surtout dans les valeurs inférieures à la limite supérieure de la normale, comme c'est le cas avec l'immense majorité des résultats de nos cinq campagnes.

35. Cet appariement n'est cependant pas aussi important lorsqu'on l'applique au niveau fragmentaire de chaque secteur de résidence dans le quartier ND.

36. En l'absence de contamination par de l'arsenic organique, ce différentiel devrait être très faible chez des sujets uniquement exposés à l'arsenic inorganique, ce qui n'était pas le cas chez nos *outliers*.

37. En Abitibi-Témiscamingue, l'ingestion d'eau de puits domestiques contaminés à l'arsenic peut également constituer une source alimentaire d'arsenic. Cependant il semble que ce ne fut le cas pour aucun de nos participants (voir section 2.2.6.2).

38. Beaudet, A. INSPQ, secteur laboratoire, communication personnelle.

Il aurait été possible d'exclure de nos données tous les participants ayant déclaré avoir ingéré des fruits de mer pendant l'un ou l'autre des quatre jours précédant le prélèvement. Toutefois, nos données montrent que dans la plupart des cas, cette habitude n'entraîne pas une élévation importante ($> 14 \mu\text{g/L}$) de l'arsenic urinaire. Corollairement, pour plusieurs des cas présentant des valeurs plus élevées que $14 \mu\text{g/L}$, les participants déclaraient ne pas avoir consommé de fruits de mer avant la période de prélèvement. Pourtant chez ceux-ci, le différentiel entre l'arsenic total et l'arsenic non alimentaire nous suggérait une contribution d'un aliment quelconque (le poulet par exemple) à la charge urinaire en arsenic. Comme nous n'avons aucun moyen de caractériser une diète riche en arsenic, nous n'avons eu d'autre choix que de considérer la répartition de l'arsenic de source alimentaire à travers nos deux populations comme étant le fruit du hasard. Ceci en dépit du fait que la consommation de fruits de mer était plus fréquente dans le groupe non exposé que dans celui exposé. C'est pourquoi nous n'avons rejeté aucune des valeurs élevées lors de la compilation des données, qu'elle provienne du groupe exposé ou non exposé. Tel que mentionné à la section 2.2.7, seules deux valeurs parmi toutes celles supérieures à $19 \mu\text{g/L}$ (la limite supérieure de la normale) ne peuvent être expliquées par un facteur tel l'alimentation, le maximum absolu étant $28 \mu\text{g/L}$, obtenu en hiver (décembre 2005) chez une personne âgée (84 ans) habitant un des secteurs les moins exposés aux retombées atmosphériques. Sur les quelque 850 résultats obtenus dans le quartier ND, il ne reste qu'un seul cas pouvant être associé à une exposition à l'arsenic dans l'environnement, celui d'un enfant de 9 ans habitant le secteur le plus exposé du quartier ND. Son taux à $20 \mu\text{g/L}$ en octobre était cependant très rapproché de la limite supérieure de la normale.

Il est donc très probable que l'alimentation explique une bonne partie de, sinon toute, la variation temporelle et spatiale de l'arsenic urinaire, à la fois chez les exposés et chez les non exposés. Mais seule une étude spécifique sur le contenu en arsenic total de la diète d'été par rapport à la diète d'hiver pourrait le confirmer catégoriquement.

Il est à noter que les études d'imprégnation à l'arsenic non alimentaire que nous avons consultées incluaient systématiquement tous les résultats obtenus, incluant ceux des consommateurs de fruits de mer, comme nous le verrons dans la prochaine section.

3.6 COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS DE D'AUTRES ÉTUDES

Pour arriver à lever une partie des doutes sur la fiabilité de nos résultats nous pouvons vérifier si ces derniers reproduisent des résultats obtenus par des études similaires faites ailleurs mais dans des conditions semblables. Cependant il est rare qu'on puisse comparer sans réserves deux études l'une à l'autre à moins que le devis méthodologique ne visait spécifiquement l'objectif de reproduire une même étude faite ailleurs, ce qui n'était pas le cas avec notre étude. Nous allons tout de même tenter une comparaison avec deux études qui nous paraissent relativement similaires à la nôtre.

3.6.1 L'étude de Tacoma (É.-U.) en 1985

Une des études les plus exhaustives (présentant à la fois les niveaux d'exposition et les niveaux d'imprégnation sur de longues périodes de temps) avec lesquelles nous pouvons nous comparer est celle de Polissar et al. (1989). Cette étude s'est déroulée sur une période d'un an (1985-1986) chez les résidents de différentes banlieues de Tacoma (état de Washington), où une fonderie de cuivre était en

opération, au moins pendant une bonne partie de la période d'étude³⁹. Près de 1 000 prélèvements urinaires (chez 435 personnes exposées et 31 personnes non exposées) furent analysés à raison de deux prélèvements (sur deux jours consécutifs) par saison par participant.⁴⁰ Les exposés résidaient soit dans la ville de Ruston, située à moins de un kilomètre à l'ouest de la fonderie, soit dans les îles de Vashon ou de Maury, situées à moins de 3,2 kilomètres au nord-ouest de la fonderie. Les auteurs ne précisent pas quelle était la représentativité de leur échantillon (121 logements sur un total de 6705) par rapport aux données du plus récent recensement, mais mentionne qu'il avait été sélectionné au hasard et que le statut marital ainsi que la durée de résidence dans le quartier était similaire parmi les participants et ceux qui avaient refusé de participer. Les résultats des participants ayant consommé des fruits de mer n'ont pas été éliminés de la compilation, comme dans le cas de notre étude. Jusqu'ici on peut constater plusieurs similitudes avec la méthodologie que nous avons utilisée dans la présente étude. Voyons maintenant les comparaisons entre la contamination environnementale (air et sols) à l'arsenic à Tacoma par rapport au quartier ND.

Tableau 50 : Concentrations à l'arsenic atmosphérique chez les exposés pendant les campagnes de prélèvements d'arsenic urinaires et niveaux de contamination des sols. Comparaison entre l'étude de Tacoma et celle du quartier ND (2006)

	Médiane	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Nombre de mesures
Ruston, air, concentrations extérieures (ng/m ³)	59	244	25 000	80
Î. Vashon concentrations extérieures (ng/m ³)	5	8,1		45
Carter-Portelance, 5 campagnes concentrations extérieures (ng/m ³)	264	392	1 062	20
Quartier ND, 5 campagnes, concentrations extérieures (ng/m ³)	7,7	166	1 062	65
Ruston, sols à 2,5 cm de profondeur (ppm)	215	352	> 760 ⁴¹	45
Î. Vashon sols à 2,5 cm de profondeur (ppm)	18	30		34
Carter-Portelance, 2005 ⁴² , sols à 2,5 cm de profondeur (ppm)	42	53	103	6
Quartier ND, 2005, sols à 2,5 cm de profondeur (ppm)	44	49		15

On peut constater au tableau 50 qu'il existait deux catégories d'exposés dans l'étude de Tacoma, soit les résidents de Ruston (fortement exposés) et ceux de l'île Vashon (modérément à faiblement exposés). Dans le quartier ND, ce sont les résidents du secteur Carter-Portelance qui se démarquent de l'ensemble des exposés. En ce qui concerne les taux atmosphériques, Ruston semble avoir des niveaux moyens plus élevés que l'ensemble du quartier ND, mais cependant plus faibles que le secteur Carter-Portelance. Cependant, les pics (niveaux maximaux) semblent plus élevés à Ruston que dans Carter-

39. En fait, la fonderie a cessé ses opérations 3 mois après le début de l'étude. Cependant, des activités de démolition et de déménagement se sont poursuivies pendant le reste de l'année. De plus, l'usine d'arsenic a été en opération jusqu'en janvier 1986, un mois avant la fin de l'étude.

40. Sur les quelques 3 000 prélèvements obtenus un total de 1061 furent analysés.

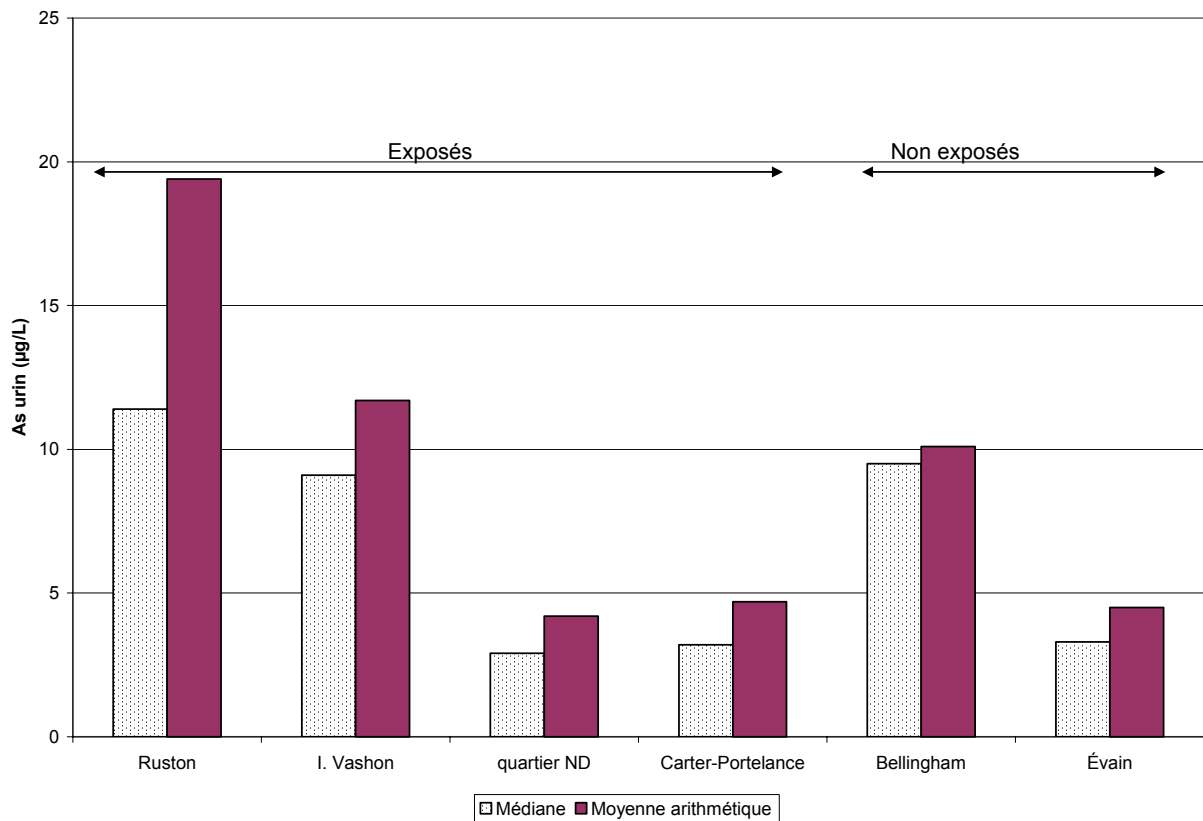
41. La valeur maximale n'est pas divulguée. 800 ppm représente un écart type de plus que la moyenne arithmétique.

42. La dernière campagne de surveillance des sols dans le quartier ND date de 2005. Les sols y sont regroupés par pâtés d'une vingtaine de résidences. À Tacoma, les sols des résidences elles-mêmes furent échantillonnés, mais seulement la portion fréquentée régulièrement par les résidents.

Portelance. Par contre, les sols sont définitivement plus contaminés à Ruston que dans Carter-Portelance. Cette situation peut paraître paradoxale, mais s'explique par le fait que la majeure partie des sols résidentiels de Carter-Portelance furent décontaminés en 2003-2004. Pour ce qui est de l'ensemble du quartier ND, les niveaux, tant dans l'air que dans les sols y sont plus élevés qu'à l'île Vashon.

En somme, Ruston, tout comme le secteur Carter-Portelance, représente une communauté fortement exposée à l'arsenic, par l'air et le sol. Quant à l'ensemble du quartier ND, il peut être qualifié de modérément exposé, quand on compare les données environnementales à celles de Ruston et de l'île Vashon. Voyons maintenant (figure 22) si la distribution des niveaux d'arsenic urinaire suit celle des taux d'arsenic dans l'air ou les sols à Tacoma ou dans le quartier ND.

Figure 22 : Comparaison entre les niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés et les non-exposés à Tacoma (Ruston et île Vashon) et dans le quartier ND (2006)



On constate à la figure 22 que les niveaux d'arsenic urinaire étaient plus élevés chez les exposés dans l'étude de Tacoma (1985) que chez les exposés dans l'étude actuelle (quartier ND, 2006). Ce constat n'est pas surprenant quand on sait que les niveaux atmosphériques de même que les taux dans les sols étaient plus élevés à Ruston que dans le quartier ND. Par contre, les taux atmosphériques dans le secteur Carter-Portelance du quartier ND étaient plus élevés que pour l'ensemble du quartier de Ruston. Pourtant cela n'a pas entraîné des taux d'arsenic urinaires plus élevés dans Carter-Portelance que dans

Ruston. Ce qui est plus intrigant encore, c'est de retrouver la même tendance chez les non exposés (niveaux urinaires plus élevés à Bellingham qu'à Évain).

Une des explications possibles pourrait être d'ordre méthodologique. En effet, dans l'étude de Tacoma les résultats sous le seuil de détection étaient considérés comme ayant une valeur égale à ce seuil (non spécifié dans l'étude)⁴³. Cela pourrait avoir biaisé vers le haut les taux urinaires. D'autant plus que l'effet de cette pratique a été amplifié par le fait que le seuil de détection était beaucoup plus élevé dans l'étude de Tacoma, où les analyses d'arsenic urinaire à Tacoma ont été faites par génération d'hydrures dosés ensuite par absorption atomique (AA), méthode pour lequel les seuils de détection sont généralement voisins de 7 µg/L⁴⁴. C'est probablement ce qui explique les valeurs beaucoup plus élevées chez le groupe non exposé (Bellingham) de l'étude de Tacoma par rapport à notre propre groupe non exposé (Évain).

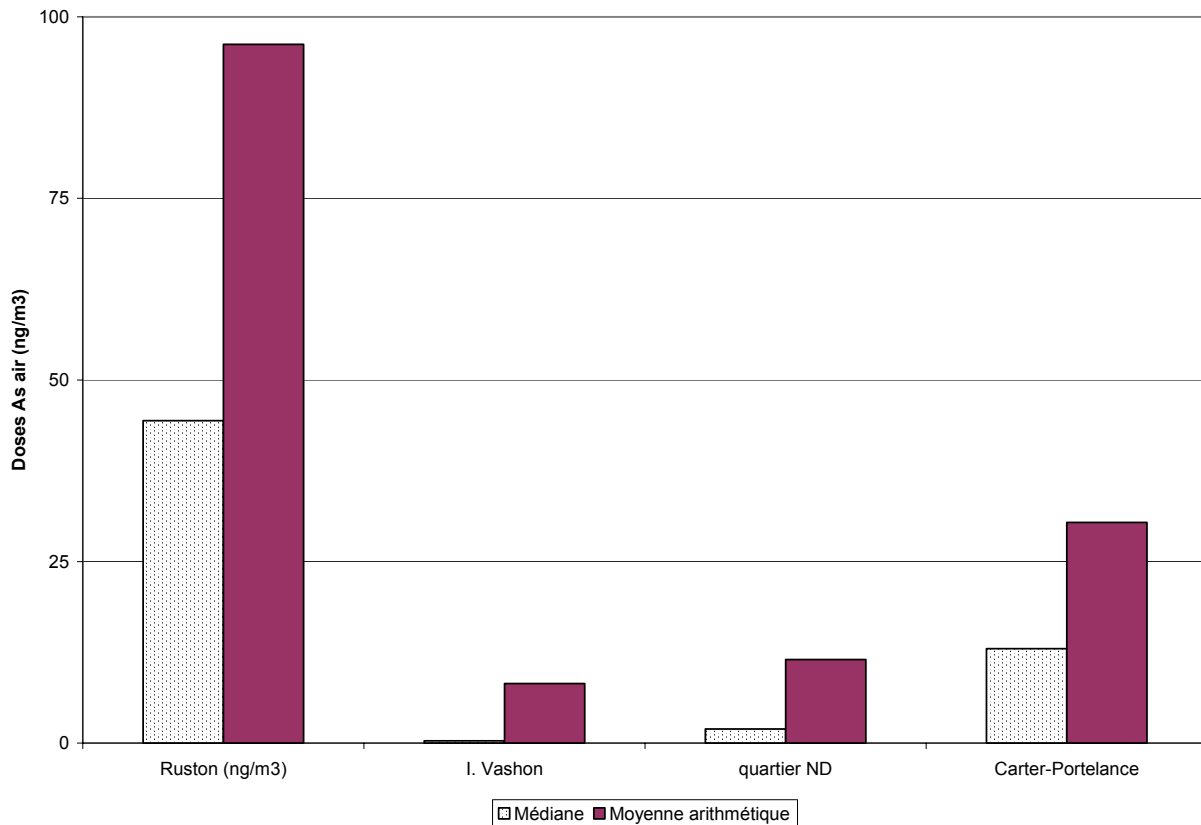
Malgré ces réserves sur la comparabilité des études, il n'en demeure pas moins que le groupe exposé (Ruston) de Tacoma présentait des taux plus élevés que le groupe non exposé (Bellingham). Ce qui était le cas aussi par rapport au groupe exposé de façon modéré (île Vashon). En fait ce dernier groupe présentait des taux similaires à ceux du groupe non exposé. Ce qui nous porte à croire que les taux relativement élevés d'arsenic urinaire sur l'île Vashon correspondent en fait au bruit de fond, lequel a été maintenu artificiellement élevé à cause de la faible sensibilité de leur méthode d'analyse et du traitement particulier que les auteurs ont fait des valeurs sous le seuil de détection. N'eût été de ce problème méthodologique, les différences entre les trois groupes d'exposition auraient été sans doute plus apparentes.

L'autre explication des taux urinaires plus élevés à Ruston avec des concentrations atmosphériques plus faibles serait que les durées d'exposition sont plus longues, augmentant ainsi la dose d'exposition chez la population du quartier. Une comparaison des doses environnementales (concentrations dans l'air pondérées par les durées d'exposition) est présentée dans le graphique de la figure 23.

43. Alors que dans l'étude du quartier ND (2006), les résultats inférieurs au seuil de détection étaient comptabilisés comme ayant une valeur inférieure de moitié au seuil de détection.

44. Beaudet, A., INSPQ, laboratoires, communication personnelle. Le seuil de détection dans notre étude (quartier ND 2006) était de 0,7 µg/L, soit dix fois moindre.

Figure 23 : Comparaison des doses personnelles d'exposition à l'arsenic atmosphérique, étude de Tacoma (Ruston) par rapport au quartier ND (2006)



On remarque à la figure 23 qu'en effet les doses d'exposition à Ruston sont de beaucoup supérieures à celles calculées dans le quartier ND (2006), même lorsqu'on les compare au secteur le plus exposé, soit le secteur Carter-Portelance de ce quartier. Par contre, les doses d'exposition à l'île Vashon, un secteur plus éloigné de la fonderie de Tacoma, s'apparentent à celles retrouvées dans l'ensemble du quartier ND, quoiqu'elles demeurent inférieures au secteur le plus exposé de ce même quartier.

Donc, les doses plus élevées à Ruston (que dans le quartier ND) pourraient expliquer les niveaux d'arsenic urinaire plus élevés retrouvés dans l'étude de Tacoma. Cependant, à l'île Vashon, les niveaux d'arsenic urinaire demeurent plus élevés que dans le quartier Notre-Dame, incluant le secteur Carter-Portelance, même si les doses d'exposition sont légèrement plus faibles à l'île Vashon que dans le quartier ND. Mais pourquoi la relation entre la dose d'exposition et les concentrations atmosphériques dans l'air ambiant est-elle différente à Ruston de ce qu'elle est dans le quartier ND.

Précisons d'abord qu'un autre facteur pourrait expliquer les niveaux urinaires plus élevés à Ruston et c'est que, contrairement à nous, les travailleurs de la fonderie de Tacoma ont été inclus dans l'échantillon. On peut prévoir qu'une telle pratique pourrait avoir eu pour effet de gonfler les valeurs d'arsenic urinaire dans l'échantillon étudié. Cependant, après vérifications, les auteurs de Tacoma mentionnent que leur échantillon était sous représenté en travailleurs de la fonderie par rapport à leur poids démographique à Ruston.

Revenons maintenant à la question des doses d'exposition. Une des explications aux écarts entre les deux études pourrait d'abord être d'ordre méthodologique, à savoir que la méthode pour estimer la dose d'exposition n'était pas la même dans les deux études. Ainsi, les doses d'exposition mesurées à Ruston l'ont été à l'aide de pompes portatives (couplées à un filtre) attachées sur les participants⁴⁵ pendant 8 à 10 heures par jour. Ces mesures incluaient indistinctement la proportion de temps passé à l'intérieur des maisons que celle passée dehors. Or, ici dans le quartier ND, nous avons fait la supposition que les concentrations intérieures n'ajoutaient rien à la dose quotidienne (nous avons assigné une valeur de 0 ng/m³ aux heures passées à l'intérieur des maisons lors des calculs de la dose quotidienne). Cependant il en a été autrement à Tacoma où les mesures de poussières en suspension en postes fixes à l'intérieur des maisons donnaient des concentrations non négligeables. En fait, le ratio « *poussières en suspension dehors/poussières en suspension intérieures* » variait entre 2,4 et 2,9⁴⁶ selon qu'on utilise les valeurs médianes ou les moyennes arithmétiques pour le calculer. Il se peut donc que nous ayons sous-estimé l'exposition réelle des résidents du quartier ND. Dans ce cas, l'écart entre les résultats urinaires de Tacoma (1986) et ceux du quartier ND (2006) n'en demeurerait que plus inexplicable. Mais il se peut aussi que le climat plus tempéré de Tacoma (ville située à environ 400 kilomètres au sud de Vancouver, sur la côte ouest américaine) permette un plus grand échange entre les concentrations extérieures et intérieures de poussières, particulièrement les très fines poussières⁴⁷.

De plus, nous ne savons pas si les doses rapportées à Tacoma ont été corrigées pour les heures où les pompes n'ont pas été portées⁴⁸. Si tel n'était pas le cas la dose journalière pourrait avoir été surestimée à Tacoma, car c'est probablement pendant les heures de sommeil que les pompes n'étaient pas portées, période où les concentrations intérieures risquent d'être plus faibles que le jour.

Finalement, l'autre explication serait que les habitants de Tacoma passent généralement plus de temps dehors que ceux du quartier ND. Bien que la douceur relative du climat à Tacoma pourrait justifier une telle hypothèse, nous ne pouvons la confirmer avec des mesures environnementales car, contrairement à nous, les auteurs de l'étude de Tacoma ne fournissent aucune donnée sur les proportions relatives de temps que les résidents passent à l'intérieur comparé à l'extérieur de leur maison pendant la portion de la journée où ils sont présents dans leur quartier.

La comparaison avec l'étude de Tacoma illustre bien toutes les faiblesses d'une approche basée sur les seules concentrations d'arsenic dans l'air ambiant pour fixer un seuil sécuritaire chez les exposés ou pour calculer leur risque de développer un cancer à long terme suite à leur exposition. La dose d'exposition s'avère une approche plus réaliste, à la condition toutefois de tenir compte des habitudes de vie locales dans la population étudiée (en milieu nordique les gens passent moins de temps dehors et leurs maisons sont plus étanches que dans les pays méridionaux).

Un autre facteur vient pourtant brouiller cette piste et c'est l'influence de la contamination des sols sur l'imprégnation de la population exposée. En effet, en examinant de plus près les données, les auteurs se sont aperçus que les niveaux élevés d'arsenic urinaires à Ruston pouvaient être en bonne partie

45. Une à 2 personnes par logement participant.

46. C'est-à-dire que les concentrations intérieures étaient de deux à trois fois plus faibles que les concentrations extérieures.

47. À cause, entre autres, d'une moins bonne isolation des maisons.

48. Par exemple, si la pompe a été portée de 9 h à 18 h et qu'on a considéré la concentration moyenne obtenue comme étant représentative de la période 0 h à 24 h.

attribuables à l'imprégnation des jeunes enfants âgés de moins de 6 ans, notamment les garçons⁴⁹. Or, dans ce groupe d'âge, l'ingestion de sol contaminé contribuait tout autant à l'imprégnation des enfants que l'inhalation de poussières en suspension (surtout les poussières intérieures dans les maisons)⁵⁰. Pour les autres groupes d'âge les concentrations d'arsenic atmosphérique pouvaient expliquer une partie de la variance, mais pas la majeure partie de cette dernière. Dans leur cas, tout comme dans celui de l'ensemble du secteur moins exposé (île Vashon), les auteurs concluent que c'est la diète qui expliquerait la majeure partie des variations des niveaux d'arsenic urinaire. Il faut dire que dans cette région côtière la consommation de fruits de mer risque d'être plus importante que dans une région continentale comme Rouyn-Noranda.

Il n'est donc pas déraisonnable de conclure qu'à Ruston, s'il n'y avait pas eu de forte contamination des sols, il y aurait moins d'imprégnation à l'arsenic environnemental chez les exposés, si on se compare à une population non exposée ayant les mêmes habitudes de vie. Bien qu'il soit très difficile de quantifier l'influence respective de la contamination de l'air et du sol, la comparaison avec l'étude de Tacoma pourrait confirmer que des concentrations extérieures d'arsenic atmosphérique du quartier ND (équivalentes à une moyenne arithmétique variant entre 250 et 400 ng/m³ ou à une médiane de 60 à 265 ng/m³) n'entraîneraient pas une imprégnation mesurable de la population exposée, pourvu que les concentrations dans les sols soient inférieures à 100 ppm (ce qui était le cas dans le quartier ND en 2006).

3.6.2 L'étude de Falconbridge, Ontario en 2004

Falconbridge est une petite localité de 277 résidences (700 personnes) située à 20 km au nord-est de Sudbury. Une fonderie de nickel y est en opération depuis 1938. La contamination des sols à l'arsenic préoccupait les résidents et le gouvernement. Les résidents de cette localité furent invités à participer, sur une base volontaire à un dépistage de l'arsenic urinaire en 2004. Environ 148 logements (363 personnes, 52 % de la population totale) acceptèrent de participer au dépistage. Des vérifications avec les caractéristiques de l'ensemble de la population de Falconbridge n'ont pas permis de confirmer la présence d'un biais de représentation dans l'échantillon des participants.

Un groupe non exposé fut sélectionné dans la ville de Hanmer (20 km au nord de Sudbury et 15 km au nord-ouest de Falconbridge), où 36 % (335 personnes) de la population accepta de participer au dépistage. L'arsenic urinaire non alimentaire, la créatinine et l'arsenic total furent mesurés une seule fois pour l'ensemble des participants au cours de l'automne. Comme pour nous, il s'agissait de la première urine du matin⁵¹. Comme pour nous, les consommateurs de fruits de mer furent inclus dans les analyses. Cependant, contrairement à la méthodologie de notre étude (quartier ND 2006), les échantillons d'urine ne furent pas prélevés simultanément pour tout le monde, mais s'échelonnèrent à Falconbridge et Hanmer sur une période de 6 semaines, soit entre le début septembre et la mi-octobre 2004).

49. Les taux médians d'arsenic urinaire non alimentaires étaient de **48 µg/L** chez les garçons et de **24,5 µg/L** chez les filles de moins de 6 ans habitant Ruston. Pour tous les autres groupes d'âge dans le même secteur, les médianes variaient entre 4,5 et 17 µg/L. La valeur maximale atteinte chez ce groupe d'âge était de **120 µg/L**.

50. Selon les données obtenues par les tests de régression multiple chez les exposés.

51. Selon les auteurs de l'étude à Falconbridge, la première urine du matin, surtout accompagnée d'une analyse de créatinine, corrèle très bien avec une urine 24 heures.

Étant donné que l'étude de Falconbridge voulait évaluer le risque à la santé attribuable spécifiquement à l'exposition par ingestion de sols contaminés à l'arsenic, les auteurs n'ont pas fourni de données concernant les niveaux d'arsenic atmosphérique. Nous avons tout de même obtenu les données à une station d'échantillonnage située à 100 m de la fonderie de Falconbridge pour la période d'août 2003 à septembre 2004. Les données environnementales comparées avec la situation dans le quartier ND sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 51 : Concentrations à l'arsenic atmosphérique chez les exposés pendant les campagnes de prélèvements d'arsenic urinaire et niveaux de contamination des sols. Comparaison entre l'étude de Falconbridge (2004) et celle du quartier ND (2006)

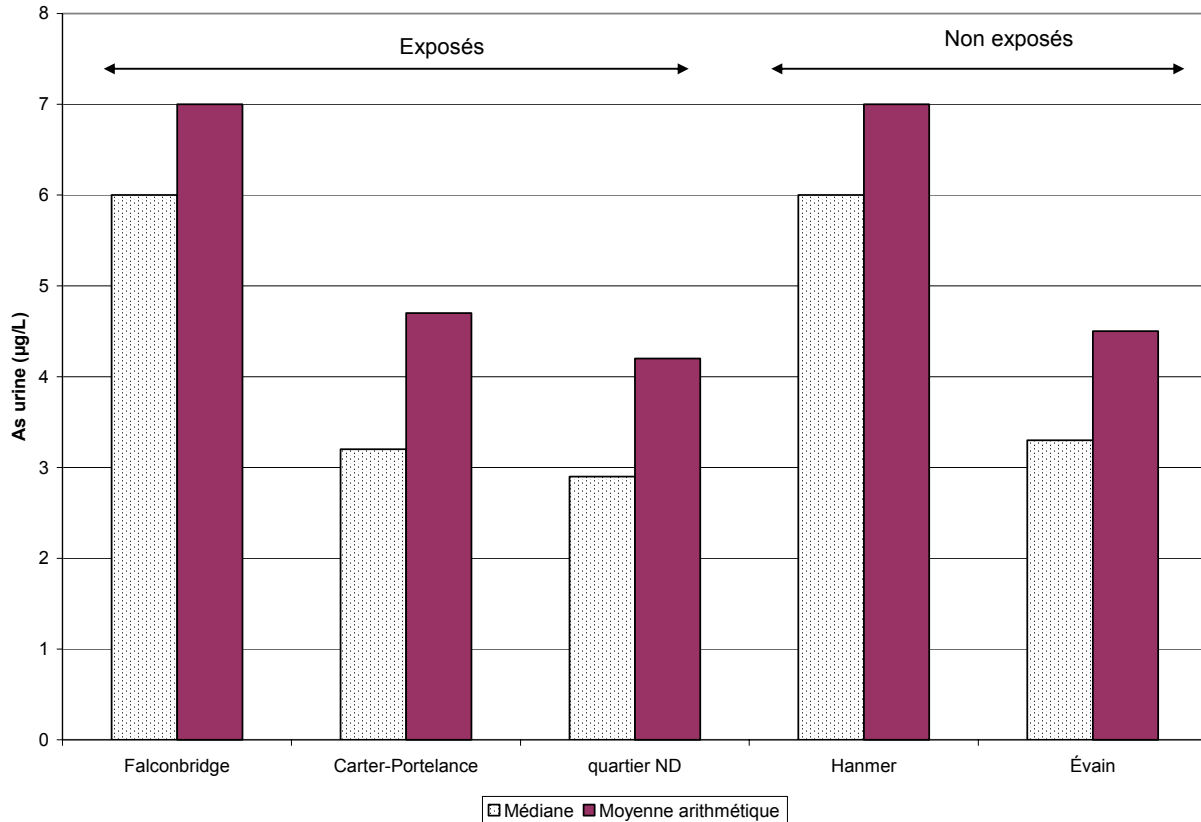
	Médiane	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Nombre de mesures
Falconbridge, air, concentrations extérieures (ng/m ³)	2	2	11	64
Carter-Portelance, 5 campagnes concentrations extérieures (ng/m ³)	264	392	1 062	20
Quartier ND, 5 campagnes, concentrations extérieures (ng/m ³)	8	166	1 062	65
Falconbridge, sols à diverses profondeurs ⁵² (ppm)	N/D	79	620	879
Hanmer, sols à diverses profondeurs (ppm)	N/D	4	25	25
Carter-Portelance, 2005, sols à 2,5 cm de profondeur (ppm)	42	53	103	6
Quartier ND, 2005, sols à 2,5 cm de profondeur (ppm)	44	49	103	15
Évain, 2005, sols	4	4	7	4

On remarque au tableau 51 que les niveaux atmosphériques étaient définitivement inférieurs à Falconbridge à ce qu'ils étaient dans le quartier ND lors de l'étude. En ce qui concerne les sols, la contamination semblait cependant supérieure à Falconbridge, même lorsqu'on considère uniquement le secteur Carter-Portelance. Il faut toutefois se souvenir que les niveaux rapportés à Falconbridge représentent la moyenne (et non la médiane) arithmétique de données à diverses profondeurs, alors qu'habituellement la couche superficielle (0-5 cm) est la plus contaminée. La moyenne là-bas pourrait donc être légèrement supérieure à 79 ppm.

Le graphique de la figure 24 à la page suivante présente maintenant les taux d'arsenic urinaire chez les participants de Falconbridge et Hanmer comparés à ceux dans le quartier ND et Évain.

52. Des paliers de 0-5, 5-10, et 10-20 cm furent analysés et tous les résultats furent regroupés pour le calcul de la moyenne.

Figure 24 : Comparaison entre les niveaux d'arsenic urinaire chez les exposés et les non-exposés à Falconbridge et dans le quartier ND (2006)



Le graphique de la figure 24 montre que, même avec un seuil de détection semblable à celui de la présente étude (autour de $7 \mu\text{g/L}^{53}$), les niveaux d'arsenic urinaire semblent un peu plus élevés à Falconbridge que dans le quartier ND, et ceci en dépit du fait que les taux atmosphériques dans le quartier ND aient été plus de 100 fois supérieurs à ceux de Falconbridge. Il est vrai que dans le cas de Falconbridge, les résultats ne reflètent pas nécessairement la variation annuelle (un seul échantillon a été fait durant l'année) aussi bien que dans le cas de notre étude. Les auteurs prétendent toutefois que les prélèvements en début d'automne représentent les pires conditions pour une exposition provenant surtout des sols. Si tel est le cas, on peut donc penser que la contamination des sols explique mieux les niveaux urinaires que la contamination atmosphérique. Autrement dit, cette comparaison avec Falconbridge (2005) montre que, en l'absence de contamination des sols, les taux atmosphériques lors de nos différentes campagnes se retrouvent sous le seuil au-delà duquel on commence à mesurer une imprégnation de la population. La différence entre les taux urinaires à Falconbridge et dans le quartier ND s'expliquerait alors uniquement par une contamination plus importante des sols dans le cas de Falconbridge ou par une diète plus riche en arsenic⁵⁴ à Falconbridge.

53. Malheureusement, les auteurs ne spécifient pas quelle valeur ils ont assigné aux résultats sous le seuil de détection.

54. Cette dernière hypothèse est la plus plausible compte tenu du fait que les niveaux urinaires chez les exposés étaient assez semblables aux non-exposés.

Paradoxalement, dans cette dernière étude, les taux moyens d'arsenic urinaire non alimentaire variaient peu selon les groupes d'âge, bien que les valeurs médianes semblaient supérieures chez les exposés que chez les non-exposés pour les classes d'âge 0-5 ans et les 6-12 ans (ce qui était moins évident chez les autres groupes d'âge). Cette différence chez les enfants n'était cependant pas statistiquement significative. Ce résultat est un peu surprenant compte tenu de l'influence plus grande des sols chez les enfants que chez les adultes. L'étude ne fournit cependant pas de données sur le nombre d'heures passées dehors près de la résidence par les différentes catégories d'âge à Falconbridge. Ceci dit, les auteurs en concluent que les niveaux urinaires mesurés chez les exposés se comparaient très bien à ceux chez les non-exposés.

La faible imprégnation chez les jeunes enfants de Falconbridge tendrait à démontrer que les sols contaminés à moins de 100 ppm auraient peu d'influence sur l'imprégnation d'une population, en l'absence de contamination atmosphérique. Cette étude confirmerait donc, comme celle de Tacoma que les taux d'arsenic atmosphériques et les taux d'arsenic dans les sols retrouvés lors de nos cinq campagnes se situeraient sous la limite au-delà de laquelle on peut mesurer une imprégnation chez une population exposée, nonobstant l'effet de l'alimentation, du moins sous un climat nordique.

3.6.3 Comparaison avec l'étude de l'INSPQ sur une population non exposée de la région de Québec (2003)

En 2003, l'INSPQ a vérifié la distribution des valeurs normales pour différents paramètres, dont l'arsenic non alimentaire, auprès d'un échantillon de citoyens de Québec présumément non exposés à ces substances. Ces données lui ont permis de valider l'étendue de ses valeurs normales comme laboratoire québécois. Il faut préciser qu'il s'agissait d'adultes seulement (>18 ans). Les consommateurs de fruits de mer ainsi que les fumeurs ne furent pas exclus de l'échantillon initial de 363 personnes dont les résultats furent utilisés pour la validation de la normale de l'arsenic urinaire. La distribution des valeurs pour différents percentiles est présentée au tableau 52, avec les données correspondantes pour nos cinq campagnes dans le quartier ND en 2006.

Tableau 52 : Comparaison de la distribution des valeurs d'arsenic urinaire non alimentaire ($\mu\text{g/L}$) chez des non-exposés de la ville de Québec (2003) et chez les exposés du quartier ND (données agrégées des cinq campagnes) en 2006

Percentiles	10 ^e	25 ^e	50 ^e	75 ^e	90 ^e	97,5 ^e	Maximum	% >7 $\mu\text{g/L}$
Québec	<7	<7	<7	<7	10,5	23	108	23,1 %
Quartier ND	<0,7	<0,7	2,9	5,7	10	15	54	14,2 %
Évain	<0,7	<0,7	3,3	6,3	11	18	42	20,2 %

On remarque au tableau 52 que, le seuil de détection de $7\mu\text{g/L}$ de l'INSPQ, n'a pas permis de quantifier la valeur de l'arsenic urinaire chez la grande majorité des participants. Ce problème méthodologique empêche une comparaison exhaustive avec nos données puisque nous n'avons aucune valeur pour les percentiles inférieurs au 90^e dans l'étude de l'INSPQ. Cependant, nous constatons que la valeur pour le 90^e percentile dans le quartier ND correspond exactement à celle de l'INSPQ. La valeur pour le 97,5^e percentile est un peu inférieure dans le quartier ND ainsi que la valeur maximale. Bien que nous ne disposions pas de données précises pour les percentiles inférieurs au 90^e, on peut se rendre compte que la proportion de valeurs supérieures à $7\mu\text{g/L}$ est 1,6 fois plus élevée dans l'échantillon de Québec que dans celui du quartier ND.

Ce qui nous laisse croire que notre groupe exposé est tout à fait comparable à la population « normale » du Québec, sinon encore moins exposé. Nous croyons que c'est la consommation de fruits de mer (présente chez 72 % de l'échantillon de Québec comparé à 13 % dans l'échantillon du quartier ND et comparé à 23,6 % à Évain) qui expliquerait les taux urinaires un peu plus élevés dans le cas de l'INSPQ et d'Évain.

Cette comparaison montre bien à elle seule que notre échantillon de la population du quartier ND en 2006 ne subit aucune imprégnation à l'arsenic dans son environnement, air extérieur, air intérieur et sols combinés.

3.7 EXPOSITION À LONG TERME DE LA POPULATION DU QUARTIER ND

L'exposition à l'arsenic dans l'environnement, qu'il vienne de l'air ou des sols, pourra affecter la santé des populations seulement si elle s'échelonne sur plusieurs années. Évidemment, on ne parle pas ici de concentrations élevées (de l'ordre, par exemple, du mg/m³ dans l'air ou de dizaine de milliers de ppm dans les sols), mais de faibles niveaux (de l'ordre de quelques dizaines ou centaines de ng/m³) comme ceux retrouvés dans le quartier ND actuellement. Ces niveaux peuvent paraître élevés si on les compare à ceux des populations non exposées, mais en termes d'effets sur la santé ils sont bien en deçà de ceux pour lesquels on a pu prouver des effets chroniques et même des effets aigus. Pour obtenir des effets chroniques à des niveaux comparables à ceux du quartier ND (2006), il faudrait allonger indéfiniment l'exposition. Par exemple en l'étalant sur 70 ans.

Or, un tel scénario n'est pas très réaliste si on l'applique à toute la population du quartier ND. Les données des recensement 1996 et 2001, aussi bien que les données recueillies auprès de l'échantillon de la population du quartier que nous avons sondée en 2005⁵⁵, montrent que la durée moyenne de résidence dans le quartier est d'à peine 10 ans (médiane de 7 ans) et que 50 % de la population habite depuis moins de 5 ans dans leur logement actuel. Seule une très petite minorité (moins de 5 %) y habite depuis plus de 30 ans. Ce phénomène n'est pas particulier au quartier ND puisqu'on le retrouve aussi à Évain, une population non exposée, bien que de manière moins accentuée car elle est constituée surtout de propriétaires résidents (moyenne de temps de résidence de 15 ans, médiane de 12 ans).

Donc, même si on avait trouvé une imprégnation significative à l'arsenic chez les résidents du quartier ND, il n'est pas certain que cela aurait pu avoir un quelconque effet sur leur santé compte tenu du très petit nombre de gens exposés pendant plus de 30 ans dans ce quartier.

3.8 UTILISATION DES ÉCHANTILLONNEURS D'AIR EN POSTES FIXES POUR ESTIMER L'EXPOSITION D'UNE POPULATION

On a pu voir à la section 2.4 les différences importantes qui existaient entre les taux d'arsenic atmosphériques et les doses d'exposition individuelles. Évidemment, ce phénomène est valable à la condition qu'on accepte l'hypothèse que les concentrations intérieures (dans les maisons) d'arsenic sont à peu près nulles. Nos données d'arsenic urinaire semblent très bien confirmer cette hypothèse puisqu'elles ne révèlent pas de différences majeures entre l'imprégnation du secteur fortement exposé (Carter-Portelance) et les secteurs faiblement exposés. Il se peut cependant qu'ailleurs, selon d'autres caractéristiques d'émission d'un contaminant, les taux dans l'air intérieur ne soient pas négligeables à

55. Voir en annexe le chapitre « Caractéristiques socio-économiques de la population exposée ».

ce point. Cependant, plusieurs études, dont celle de Tacoma (1986) confirment des écarts importants (par un facteur de 2 et plus) entre les taux dans l'air ambiant extérieur et les taux dans l'air intérieur. Ceci est d'autant plus marqué si on a affaire à une contamination intermittente (rejets de brèves et intenses fugitives dans l'air ambiant extérieur), comme c'est le cas dans le quartier ND et à Tacoma.

L'autre facteur à considérer c'est la proportion de temps que les résidents passent à leur domicile, particulièrement, les heures quotidiennes passées dehors. Les données colligées à partir des feuilles de route des participants (section 2.4.1) montrent que l'hypothèse d'une exposition 24 heures par jour ne tient pas la route. Dans le quartier, les gens passent 70 % (valeur médiane) de leur temps dans leur quartier (incluant ceux qui y travaillent ou qui y fréquentent une école ou une garderie) dont 16 heures à l'intérieur et un peu plus d'une heure dehors. Les variations saisonnières sont relativement mineures, sauf en hiver où les gens passent plus de temps à l'intérieur. En acceptant l'hypothèse la plus vraisemblable, à savoir que les concentrations d'arsenic dans l'air intérieur sont beaucoup plus faibles voire négligeables que les concentrations dans l'air extérieur, on arrive à la conclusion que les concentrations dans l'air ambiant, ne s'étalent que sur une faible proportion de la durée quotidienne d'exposition des résidents.

Donc, les estimations de l'exposition à partir des seules données de quelques échantillonneurs postés sur des édifices au milieu d'un quartier résidentiel surestiment systématiquement l'exposition en ne tenant pas compte des durées réelles d'exposition ni du ratio entre les concentrations intérieures et extérieures. Ceci sans parler du fait que les concentrations sont parfois loin d'être uniformes sur l'ensemble d'un quartier, même de taille réduite (1 km²).

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'estimer l'exposition actuelle à l'arsenic des résidents du quartier ND, compte tenu de leurs habitudes de vie, des variations saisonnières de celles-ci et des variations dues à des facteurs météorologiques. Malgré les quelques réserves formulées dans la partie « *Introduction* » de cette étude ainsi que dans la partie « Commentaires », nous croyons pouvoir affirmer, avec peu de chances de se tromper, que l'exposition actuelle des résidents est à toutes fins utiles négligeable.

En effet, autant les comparaisons avec le groupe non exposé que celles avec les résultats d'études similaires ailleurs dans le monde témoignent de niveaux d'exposition réels des résidents du quartier ND équivalents à ceux d'une population non exposée. Les variations de l'arsenic urinaire dans la population du quartier ND ne peuvent être expliquées majoritairement par des variables comme la dose d'exposition, le secteur de résidence dans le quartier ND, l'âge, le sexe, le niveau de scolarité et la consommation de fruits de mer. Un autre facteur, commun aux deux groupes (exposés et non exposés) explique la majorité de la variation et c'est probablement l'alimentation.

Il semble donc que les niveaux d'arsenic dans l'air ambiant du quartier ND pendant les cinq campagnes de surveillance n'étaient pas suffisamment élevés pour amener une imprégnation de la population exposée même s'ils étaient de beaucoup supérieurs (de 80 à 400 fois dans le cas du secteur Carter-Portelance) à ceux des non exposés. Ce phénomène n'est pas attribuable à des habitudes de vie exceptionnelles des résidents du quartier pour ce qui est du nombre d'heures passées dehors chaque jour pendant les cinq campagnes, ni à des conditions météo défavorables pendant les prélèvements, ni à des ratés dans la production de la fonderie. Toutefois, le sous-groupe des jeunes enfants nous semble plus à risque. En effet, la comparaison avec l'étude de Tacoma (1986) nous permet de croire qu'avec de semblables niveaux atmosphériques nous aurions eu une augmentation de l'imprégnation chez les jeunes garçons, notamment dans Carter-Portelance, si les sols reflétaient davantage l'effet cumulatif des retombées atmosphériques au sol. La décontamination récente (2003-2004) des sols résidentiels dans le secteur Carter-Portelance a sans doute contribué à diminuer significativement l'exposition des jeunes enfants de ce secteur, puisque nous n'avons retrouvé qu'un seul d'entre eux avec une imprégnation (légèrement) supérieure à 19 $\mu\text{g/L}$.

Dans le contexte politique où le gouvernement insiste beaucoup sur l'atteinte d'objectifs de qualité de l'air en termes de poussières d'arsenic en suspension, il nous paraît important de souligner qu'il ne faut pas perdre de vue la contamination des sols si on veut réduire efficacement l'imprégnation de la population. Il serait souhaitable de poursuivre la surveillance environnementale actuelle qui implique un suivi de la contamination des sols à tous les deux ans, au moins pour la partie la plus exposée du quartier ND, et la décontamination systématique dès que les sols dépassent 500 ppm pour le plomb ou 100 ppm pour l'arsenic.

Nonobstant ces conclusions rassurantes, nous ne devons pas perdre de vue que la mesure de l'imprégnation à l'arsenic, même à cinq reprises au cours d'une année et chez une proportion appréciable de la population exposée, reste un moyen imparfait d'estimer l'exposition à long terme de cette population car l'arsenic urinaire est trop influencé par l'exposition à très court terme et par l'alimentation, dans la gamme de valeurs où nous nous situons actuellement.

Aussi, malgré que nous n'ayons aucune raison de douter de la représentativité de nos résultats, nous croyons que l'exposition des résidents du secteur nord de Carter-Portelance, les plus exposés parmi les plus exposés, devrait être réduite, du moins à moyen terme. Non seulement à cause des valeurs élevées d'arsenic dans l'air qu'on y retrouve mais aussi pour tous les inconvénients que la proximité de la fonderie leur impose, qu'il s'agisse de bruit, de poussières nuisibles, de fugitives de SO₂, de risques à leur sécurité en cas d'accident technologique majeur ou de simple préjudice visuel. On s'attend à ce que les mesures de contrôle déjà prévues au plan d'intervention de la fonderie, tout en s'attaquant aux concentrations d'arsenic dans l'air ambiant ait pour effet collatéral de diminuer aussi la plupart de ces nuisances.

Recommandations

À la lumière des données analysées dans le présent rapport, nous recommandons les points suivants :

- Que les taux atmosphériques dans tous les secteurs du quartier ND soient maintenus en deçà d'une moyenne arithmétique de 250 ng/m³ ou une médiane de 100 ng/m³. Nous croyons que ces niveaux suffiront à maintenir les niveaux d'imprégnation à l'arsenic dans le quartier ND sous la barre de 19 µg/L pour 95 % de la population. Ceci avec une marge de sécurité assez importante (par un facteur de 2 au moins).
- Que les taux d'arsenic dans la portion de surface (2 à 4 cm) des sols soient maintenus en deçà de 100 ppm. Ceci devrait maintenir les niveaux d'arsenic non alimentaire urinaire des jeunes enfants sous la barre de 19 µg/L pour la grande majorité d'entre eux. Ceci en incluant une marge de sécurité venant du fait que pendant près de la moitié de l'année les enfants ne sont pas exposés aux sols (couverture de neige et moins de temps passé dehors).
- Que les préoccupations concernant les nuisances (poussières grossières, bruit, fugitives de SO₂, etc.) soient intégrées aux plans de contrôle des émissions fugitives de la fonderie afin d'améliorer la qualité de vie des citoyens demeurant très près de la fonderie.

Annexes

ÉVOLUTION DES TAUX D'ARSENIC DANS L'AIR 1991-2006

Figure 25 : Évolution des moyennes géométriques annuelles des concentrations d'arsenic total dans l'air aux trois stations du quartier ND de 1991 à 2006

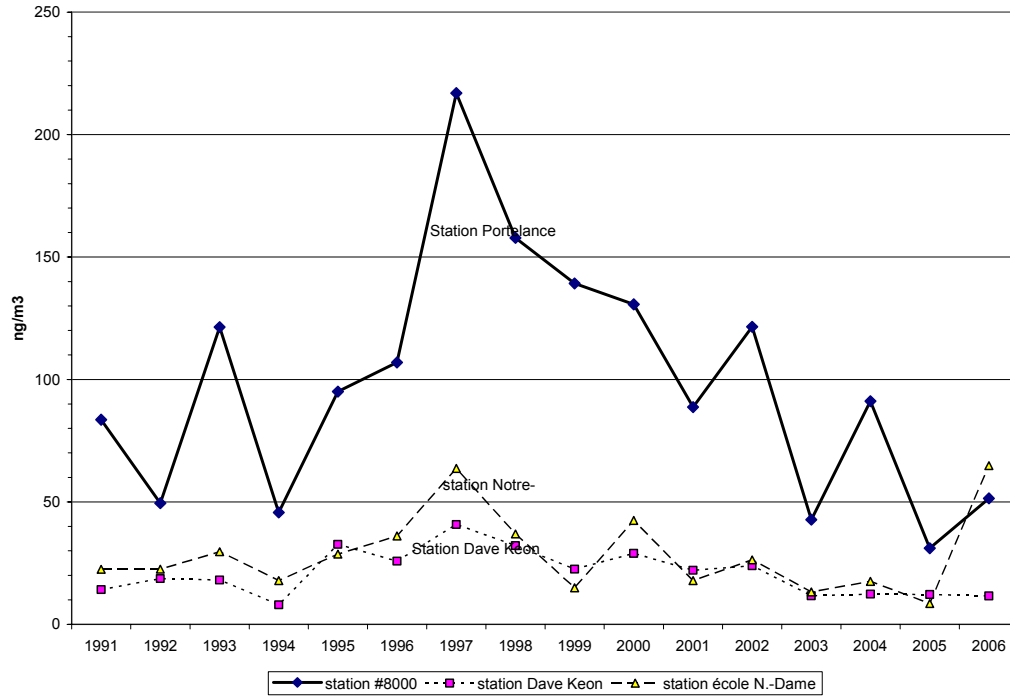
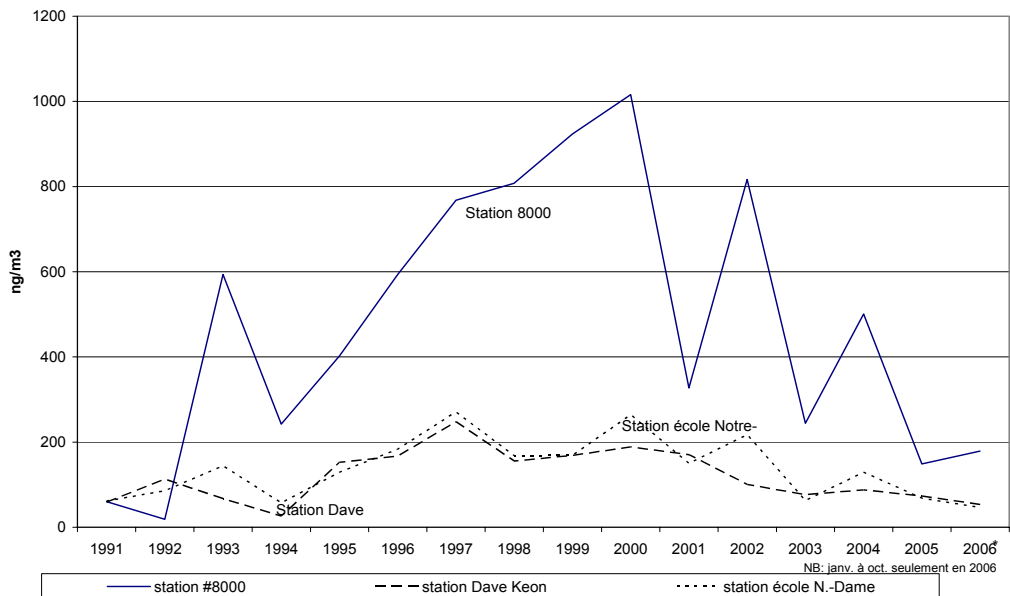


Figure 26 : Évolution des moyennes arithmétiques annuelles des concentrations d'arsenic total dans l'air aux trois stations du quartier ND de 1991 à 2006



Localisation géographique du quartier Notre-Dame

Figure 27 : Carte géographique #1 : Périmètre urbain de Rouyn-Noranda localisant le quartier Notre-Dame (encadré en gras) près des installations de la fonderie Horne

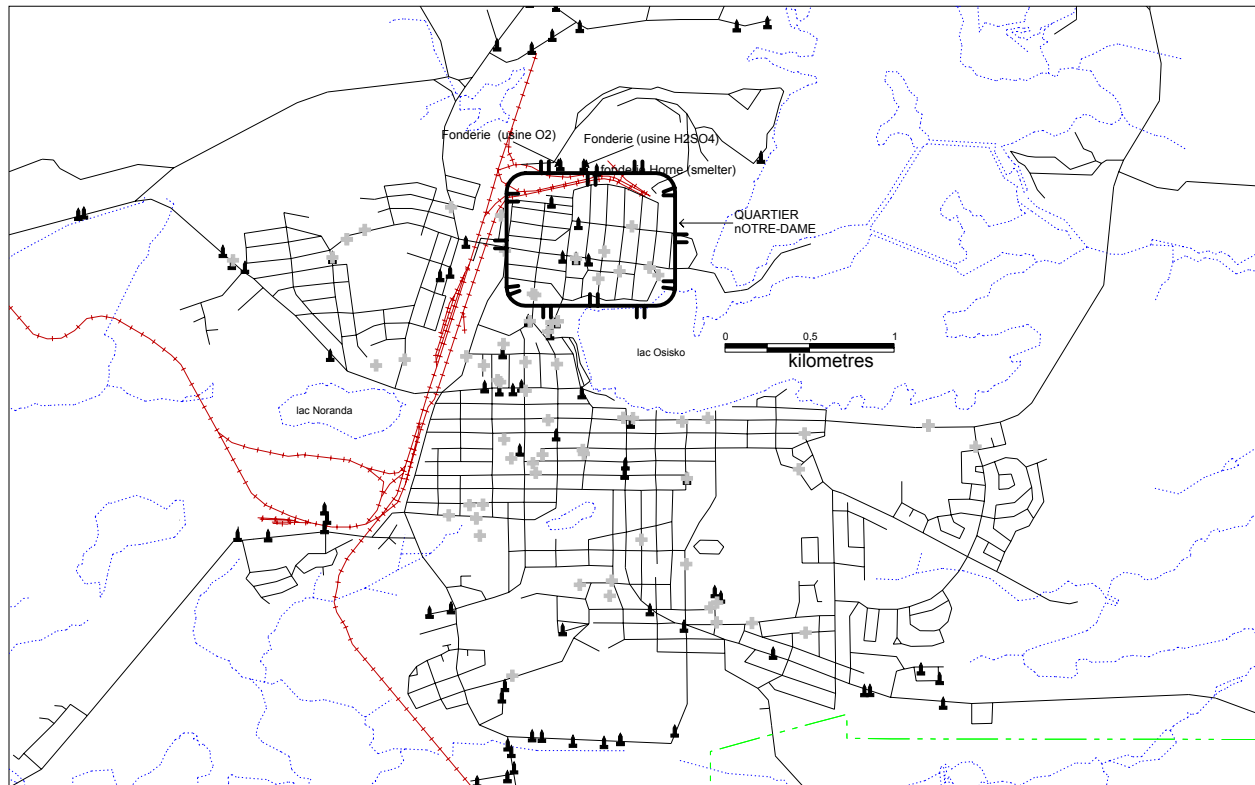
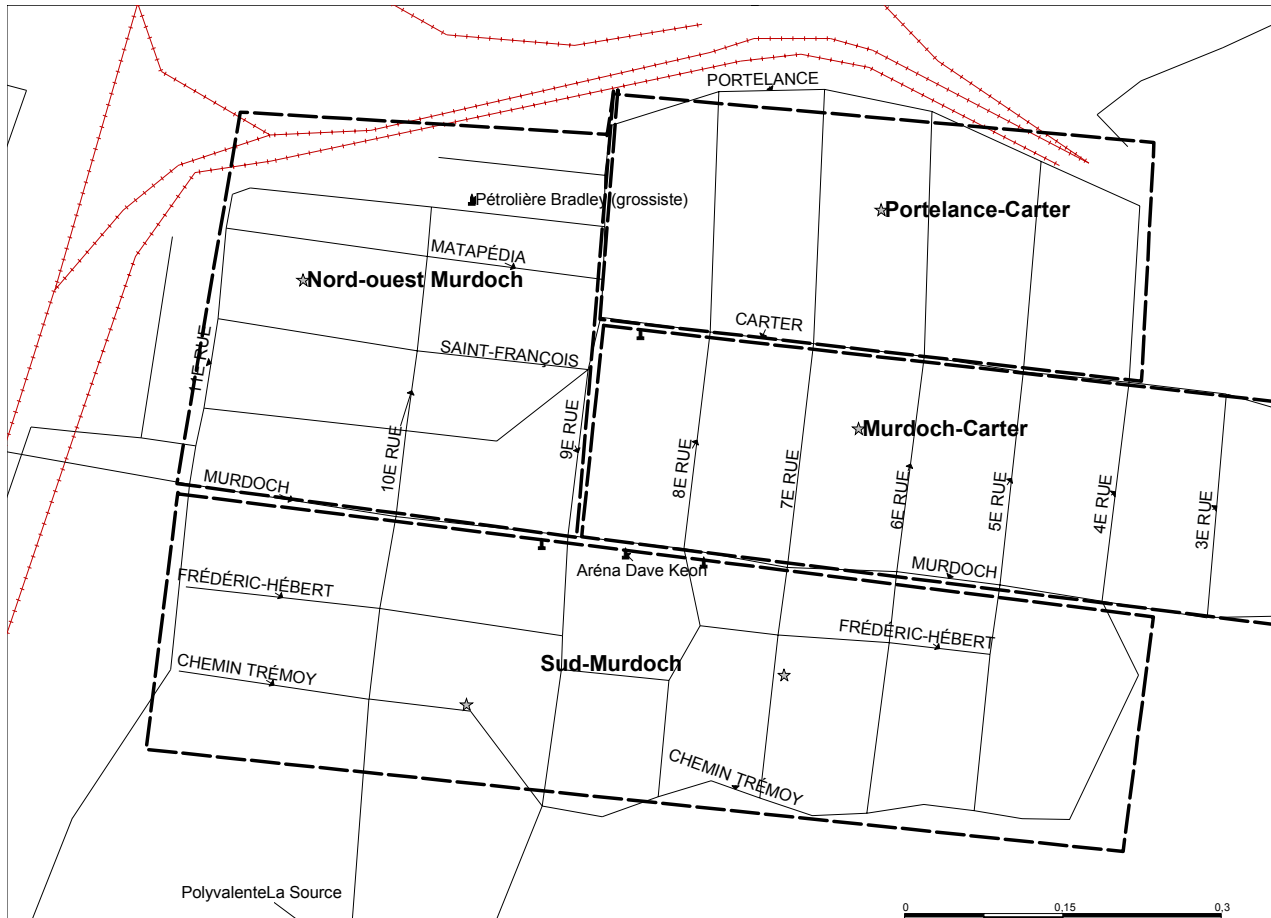
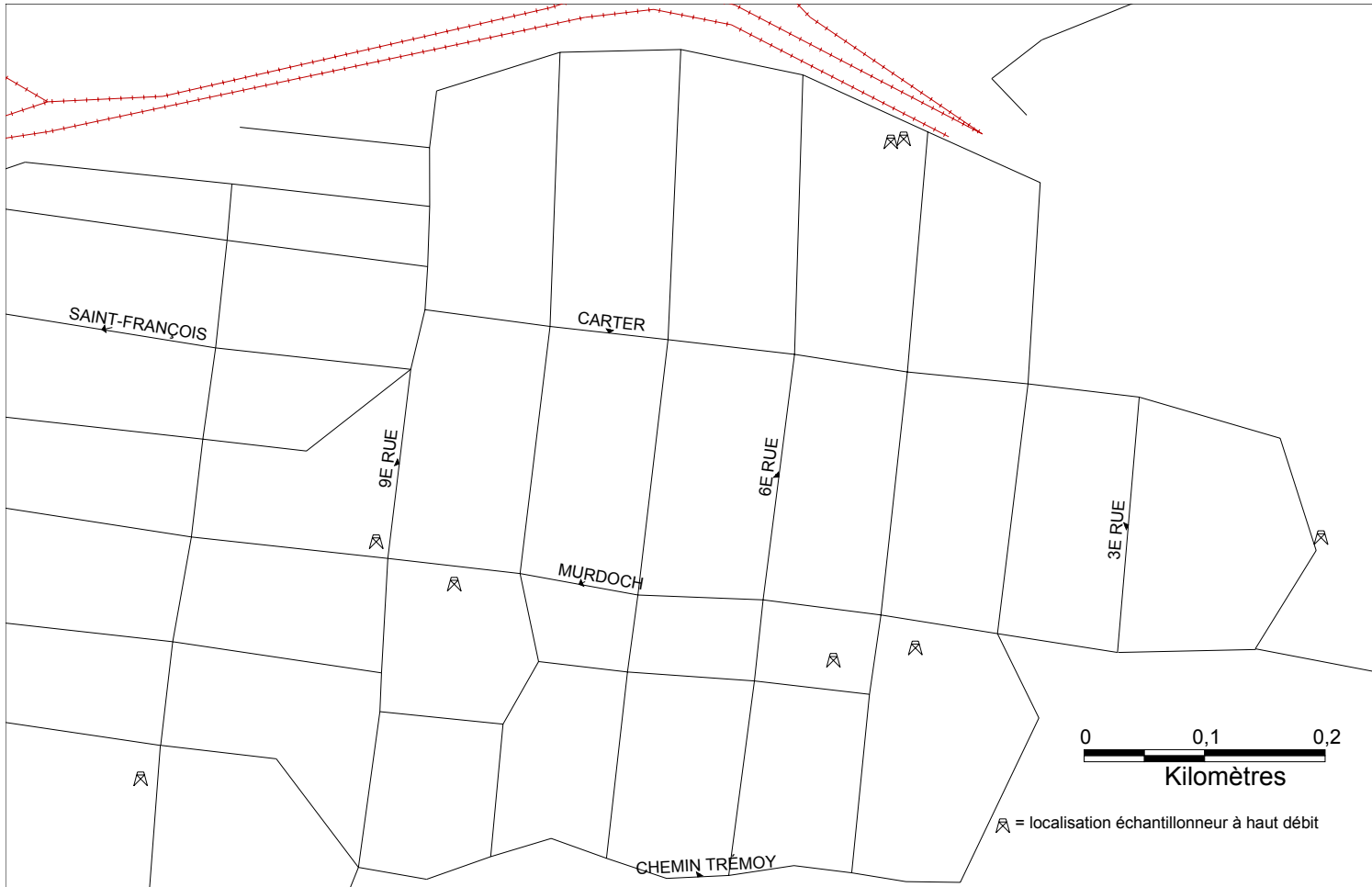


Figure 28 : Carte #2 : Gros plan du quartier Notre-Dame illustrant les 4 secteurs de recrutement (basé sur le recensement 2001 de Statistique Canada)



Localisation des échantillonneurs à haut débit

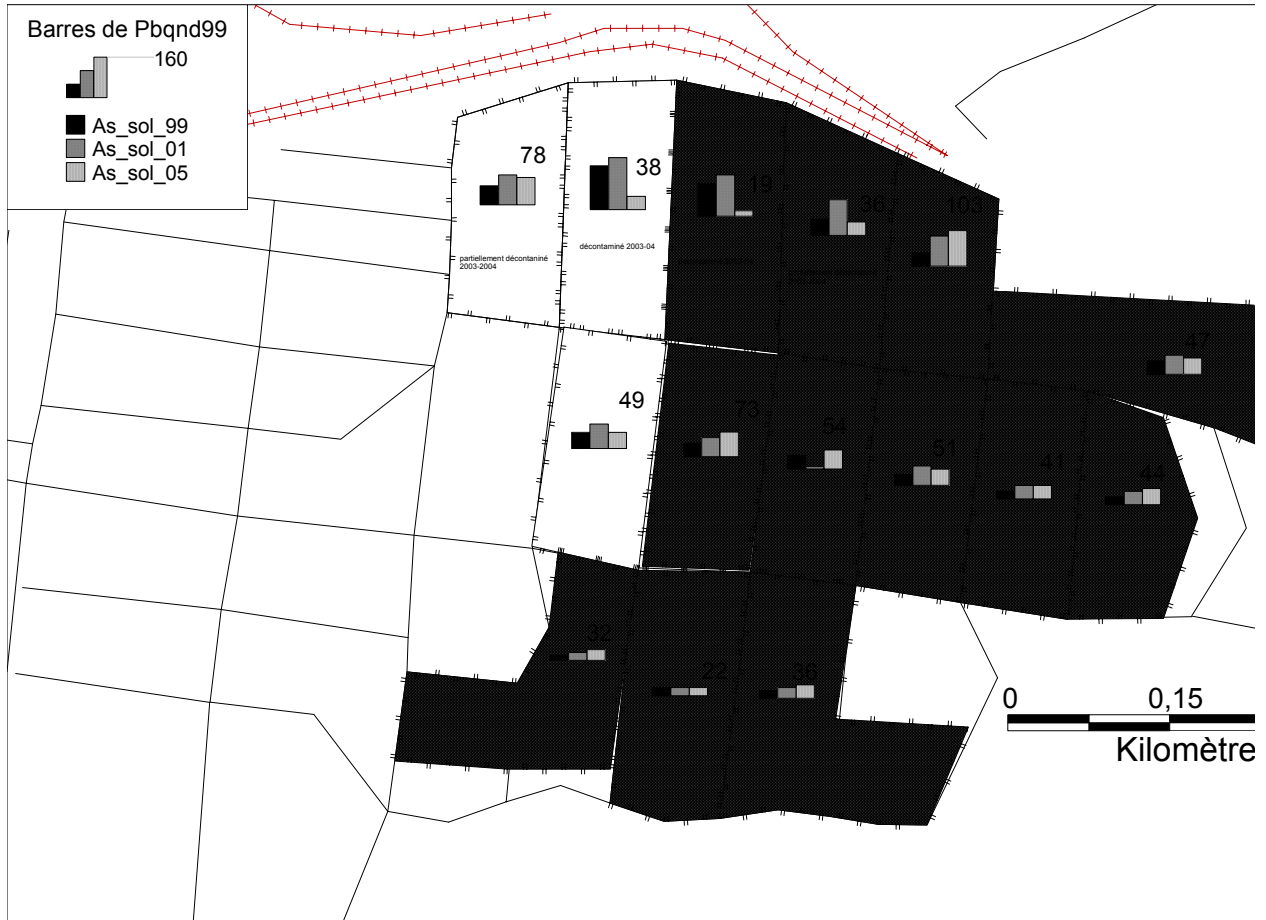
Figure 29 : Carte géographique #3 : Localisation des stations* d'échantillonnage de l'air dans le quartier Notre-Dame



Arsenic dans les sols

Figure 30 : Carte géographique #4

Arsenic dans les sols résidentiels de surface, mai 2005



Note : les histogrammes montrent la variation des teneurs en arsenic de 1999 à 2005. La première barre représente le résultat de 1999, la suivante celui de 2001 et la dernière, celui de 2005. Le chiffre au-dessus de la dernière représente le résultat de 2005, en ppm.

Questionnaires rempli par les participants à l'étude

Identification

- 1- Nom : _____ Prénom : _____
- 2- Adresse : _____ Code postal : _____
- 3- Téléphone : _____ Courriel : _____
- 4- Date de naissance : _____
- 5- Demeure dans le quartier Notre-Dame (peu importe l'adresse) depuis : _____ (années)
- 6- Demeure à cette adresse depuis : _____ (mois)
- 7- Parents ou tuteur (si applicable) : _____
- 8- Niveau de scolarité le plus élevé complété : Primaire _____ Secondaire _____
Collégial _____ Université _____
- 9- Avez-vous un système de ventilation (ex : échangeur d'air) en marche continuellement pendant toute l'année dans votre résidence? Oui _____ Non _____

Occupation

- 1- Travail à l'extérieur du quartier Notre-Dame? Oui _____ Non _____
- 2- Travail dans le quartier Notre-Dame? Oui _____ Non _____
- 3- Travail à la fonderie Horne? Oui _____ Non _____
Si oui, spécifiez dans quel département : _____
- 4- Travail fréquent avec du matériel traité à l'ACC (bois traité verdâtre) ou avec des produits à base d'arsenic pour exterminer la vermine? Oui _____ Non _____
- 5- Étudiant? Oui _____ Non _____
Si oui, spécifiez dans quelle école : _____
- 6- Sans travail : Oui _____ Non _____
- 7- Rentier? Oui _____ Non _____
- 8- Enfant préscolaire? Oui _____ Non _____
- 9- Si oui, enfant en garderie pendant le jour? Oui _____ Non _____
- 10- Si oui, garderie dans le quartier Notre-Dame? Oui _____ Non _____

Temps de résidence dans le quartier

- 1- Nombre d'heures par semaine passées en moyenne dans le quartier (incluant la nuit)?
_____ Heures
- 2- Nombre d'heures par semaine en moyenne passées **dehors** dans le quartier?
En été? _____ (heures)
En hiver? _____ (heures)
- 3- Nombre d'heures par semaine en moyenne passées **dehors** à votre résidence même?
En été? _____ (heures)
En hiver? _____ (heures)

Consignes AGIR

- 1- Avez-vous déjà entendu parler des consignes AGIR pour les résidents du quartier?
Oui _____ Non _____
- 2- Pouvez-vous résumer les mesures à prendre lorsque vous entendez la sirène de la fonderie Horne (en dehors des périodes annoncées d'essais périodiques)?

Facteurs confondants

1. Est-ce que vous pratiquez ou avez déjà pratiqué la taxidermie comme hobby?
Oui _____ Non _____
2. Êtes-vous fumeur? Oui _____ Non _____
Si oui, nombre de cigarettes par jour _____ /jour
3. Est-ce que vous buvez régulièrement de l'eau provenant d'un puits domestique (chalet, voisins, parents, etc.)? Oui _____ Non _____
Si oui, dans quelle municipalité de la région se situe ce puits? _____

4. Est-ce que vous êtes un consommateur de fruits de mer (crustacés tels que homard, crevettes, pétoncles, etc.)? Oui _____ Non _____
5. Si oui, est-ce que vous en consommez surtout en saison (été, automne) _____ ou toute l'année? _____
6. Est-ce qu'on vous a déjà diagnostiqué comme ayant la leucémie? Oui _____ Non _____
7. Est-ce que vous craignez avoir le cancer du poumon si vous demeurez longtemps dans le quartier Notre-Dame? Pas du tout _____ Un peu _____ Beaucoup _____

Feuille de route des participants

RÉSIDENTS DU QUARTIER NOTRE-DAME

**Fiche d'identification personnelle du participant
(à remplir avant de rapporter votre prélèvement d'urine)**

1. Nom : _____ Prénom : _____

2. Adresse : _____ Code postal : _____

3. Avez-vous consommé des fruits de mer* (crustacés tels que : homard, huîtres, crevettes, crabe, etc.) depuis une semaine? Oui : _____ Non : _____

4. Avez-vous consommé de l'eau d'un puits domestique situé dans la région de McWatters, Granada, Rivière-Héva, Dubuisson ou Duparquet depuis deux mois? Oui : _____ Non : _____

5. Avez-vous été en contact prolongé avec du bois traité ou des pesticides contenant de l'arsenic au cours des derniers jours? Oui : _____ Non : _____

* Les poissons marins (sole, hareng, thon, etc.) ne sont pas considérés ici comme « fruits de mer ».

Note : Les parents doivent remplir la fiche pour chacun de leurs enfants participants.

Feuille de route pour emploi du temps pendant les 4 jours précédant le prélèvement

	<i>Heures passées dehors près* de votre résidence</i>	<i>Heures passées dehors ailleurs <u>dans le quartier</u></i>	<i>Heures passées dans votre résidence (incluant sommeil).</i>	<i>Heures passées dans un édifice <u>ailleurs** dans le</u> quartier</i>
9 décembre 2005				
10 décembre 2005				
11 décembre 2005				
12 décembre 2005				
Total				

*dans un rayon de 100 mètres (300 pieds) de votre résidence.

**ailleurs que dans votre résidence (par ex. : école, commerces, bars, amis, etc.).

Voir carte géographique ci-jointe pour délimiter le quartier Notre-Dame.

Instructions pour le prélèvement d'urine

- 1° **Lavez-vous les mains** avant de recueillir votre prélèvement (au cas où il y aurait des poussières contenant de l'arsenic sur vos mains).
- 2° Si possible, recueillir la première urine du matin.
- 3° Dévissez le contenant identifié à votre nom et l'emplir jusqu'au col du bouchon (au moins jusqu'au 2/3 de la bouteille). Vous pouvez utiliser un verre de styromousse (à café) pour recueillir l'urine et ensuite en transvider le contenu dans la bouteille.
- 4° Une fois la bouteille remplie, refermez le bouchon hermétiquement (serrez bien). Essuyez ensuite le contenant.
- 5° Conservez ensuite la bouteille au réfrigérateur (mais pas au congélateur), si possible en l'enveloppant dans un sac de plastique (ex. : « baggies ou ziplock »).
- 6° Apportez votre bouteille à l'endroit convenu.

Petit truc : pour éviter un oubli, déposez votre bouteille près de la toilette la veille du prélèvement.

Merci de votre collaboration. Pour plus d'informations, n'hésitez pas à nous appeler.

Daniel Gagné 764-3264, poste 49337

Formulaire de consentement dans le cas d'un enfant mineur

Après avoir été informé des objectifs poursuivis par cette intervention de santé publique, par la présente, en tant que parent de l'enfant _____, j'autorise la Direction de santé publique de l'Abitibi-Témiscamingue à faire doser l'arsenic et la créatinine dans les prélèvements d'urine que je vais recueillir chez mon enfant. Il est entendu que le résultat sera considéré comme confidentiel. La Direction de santé publique s'engage à me remettre une copie de chacun des résultats pour mon enfant, accompagnée d'une interprétation. Aucune autre copie ne pourra être transmise à qui que ce soit sans mon consentement. La Direction de santé publique de l'Abitibi-Témiscamingue ne pourra utiliser les résultats d'analyse qu'à la seule fin de compiler des données anonymes sur l'ensemble des participants. Ces résultats seront utilisés uniquement pour mieux planifier les interventions futures en protection de la santé publique dans le quartier Notre-Dame à Rouyn-Noranda.

Signé : _____

Nom (en majuscules) : _____

Adresse : _____

Date : _____

Formulaire de consentement pour les participants ayant atteint la majorité

Après avoir été informé des objectifs poursuivis par cette intervention de santé publique, par la présente, j'autorise la Direction de santé publique de l'Abitibi-Témiscamingue à faire doser l'arsenic non alimentaire dans les cinq prélèvements d'urine que je vais fournir dans le cadre de cette étude. Il est entendu que le résultat sera considéré comme confidentiel. La Direction de santé publique s'engage à me remettre une copie de chacun de mes résultats individuels, accompagnée d'une interprétation. Aucune autre copie ne pourra être transmise à qui que ce soit sans mon consentement. La Direction de santé publique de l'Abitibi-Témiscamingue ne pourra utiliser mes résultats qu'à la seule fin de compiler des données anonymes sur l'ensemble des participants. Ces résultats seront utilisés uniquement pour mieux planifier les interventions futures en protection de la santé publique dans le quartier Notre-Dame à Rouyn-Noranda.

Signé : _____

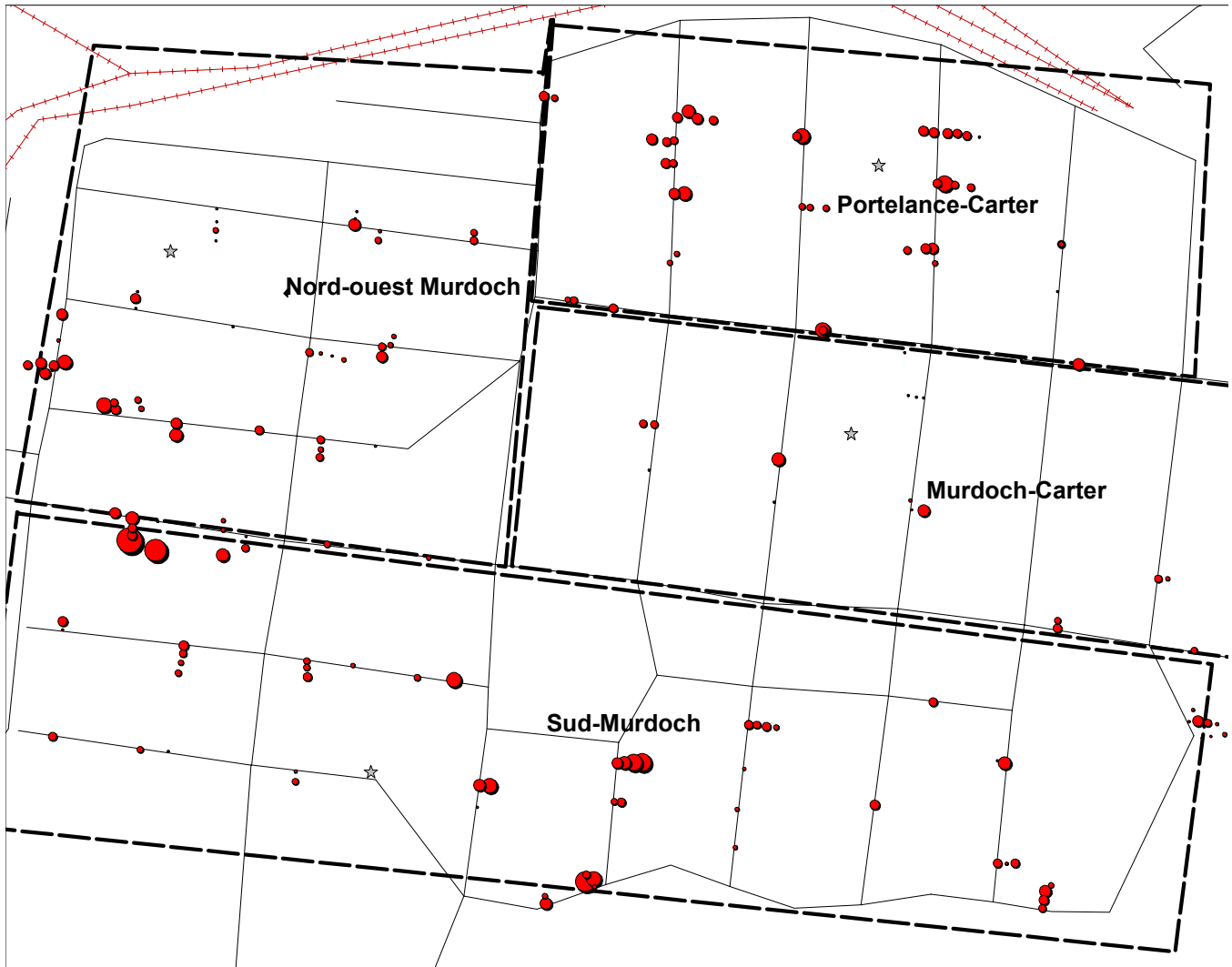
Nom (en majuscules) : _____

Adresse : _____

Date : _____

Arsenic urinaire chez les résidents du quartier Notre-Dame en décembre

Figure 311 : Carte géographique 54



I **Caractéristiques socio-économiques de la population étudiée**

I.i **DISTRIBUTION PAR SEXE**

Le tableau 53 présente la répartition des sexes dans notre échantillon de départ (novembre 2005).

Tableau 53 : Répartition des sexes dans notre échantillon

	Masculin	Féminin	Total
Évain	51 %	49 %	100 %
Quartier Notre-Dame	42 %	58 %	100 %
Total	45 %	55 %	100 %

Chi-Carré de Pearson = 2,71539053; ddl = 1; P bilatéral = 0,0995

On remarque au tableau 53 que la répartition par sexe est légèrement différente parmi le groupe-témoin de celle parmi le groupe exposé, avec une prédominance de femmes dans ce dernier. Cette différence n'est toutefois pas significative statistiquement ($p = 0,1$). La sous-représentation masculine dans le quartier Notre-Dame est surtout attribuable au faible taux de participation des hommes dans deux secteurs du quartier, comme on le constate au tableau 54.

Tableau 54 : Répartition des sexes chez les participants du quartier Notre-Dame

	Masculin	Féminin	Total
Carter-Portelance	36 %	64 %	100 %
Murdoch-Carter	31 %	69 %	100 %
NO-Murdoch	48 %	52 %	100 %
Sud-Murdoch	45 %	55 %	100 %
Total	42 %	58 %	100 %

Chi-carré de Pearson = 3,23; ddl = 3; $p = 0,357$

On remarque au tableau 54 le faible pourcentage d'hommes dans les secteurs Carter-Portelance et Murdoch-Carter.

I.ii **SCOLARITÉ**

Le tableau 55 de la page suivante présente la répartition des niveaux de scolarité⁵⁶ dans notre échantillon.

56. Pour éviter toute ambiguïté, on assignait un niveau donné de scolarité si, et seulement si, elle avait obtenu le diplôme correspondant à ce niveau. Par exemple, un secondaire partiellement complété était comptabilisé comme « *primaire* ».

Tableau 55 : Répartition des niveaux de scolarité parmi le groupe exposé et le groupe-témoin

	Primaire non complété ⁵⁷	Primaire	Secondaire	Collégial	Universitaire	
Évain	17 %	14 %	29 %	22 %	18 %	100 %
Quartier Notre-Dame	18 %	23 %	29 %	14 %	16 %	100 %
Total	18 %	20 %	29 %	17 %	17 %	100 %

Chi-carré de Pearson = 5,723; ddl = 4; p bilatéral = 0,221

Nous remarquons au tableau 55 qu'il y a plus de gens n'ayant complété que leur primaire et moins de gens ayant complété leur collégial dans le quartier Notre-Dame comparativement à Évain. Cette différence n'est toutefois pas significative statistiquement. Les deux populations peuvent donc être considérées relativement homogène à ce chapitre. Cependant, dans le quartier Notre-Dame même, la distribution des niveaux de scolarité montre des différences plus importantes entre les différents secteurs, comme le montre le tableau 56.

Tableau 56 : Répartition des niveaux de scolarité entre les différents secteurs du quartier Notre-Dame

	Primaire non complété	Primaire	Secondaire	Collégial	Universitaire	Total
Carter-Portelance	20 %	27 %	39 %	9 %	5 %	100 %
Murdoch-Carter	20 %	29 %	20 %	9 %	23 %	100 %
NO-Murdoch	14 %	20 %	40 %	12 %	14 %	100 %
Sud-Murdoch	18 %	18 %	20 %	21 %	23 %	100 %
Total	18 %	23 %	29 %	14 %	17 %	100 %

Chi-carré de Pearson = 19,34; ddl = 12; p bilatéral = 0,08

On voit au tableau 56 que 44 % des participants du secteur Sud-Murdoch ont complété soit un cours collégial, soit un cours universitaire. Cette proportion n'est que de 13 % dans le secteur Portelance-Carter. Cette différence n'est toutefois pas assez importante dans les autres secteurs pour créer un déséquilibre dans la répartition globale des niveaux de scolarité pour l'ensemble du quartier, comme le démontre le résultat du test de Chi-carré.

I.iii TABAGISME

Le tableau 57 de la page suivante présente la répartition du tabagisme parmi les participants au suivi du 13 décembre.

57. Il est à noter que la catégorie « primaire non complété » comprend aussi les jeunes enfants qui n'ont pas complété leur primaire.

Tableau 57 : Répartition des fumeurs parmi les participants au suivi du 13 décembre

	Fumeurs	Non fumeurs	Total
Évain	10 %	90 %	100 %
Quartier Notre-Dame	24 %	76 %	100 %
Total	19 %	81 %	100 %

Chi-carré de Pearson = 8,51; ddl = 1; p bilatéral = 0,00354

On remarque au tableau 57 que la proportion de fumeurs est plus élevée dans le quartier Notre-Dame qu'à Évain. Cette différence est statistiquement significative.

Le tableau 58 présente les variations du taux de tabagisme au sein du quartier Notre-Dame lui-même.

Tableau 58 : Taux de tabagisme selon les différents secteurs du quartier Notre-Dame

	Fumeurs	Non fumeurs	Total
Carter-Portelance	33 %	67 %	100 %
Murdoch-Carter	27 %	73 %	100 %
NO-Murdoch	26 %	74 %	100 %
Sud-Murdoch	14 %	86 %	100 %
Total	24 %	76 %	100 %

Chi-carré de Pearson = 5,611; ddl = 3; p bilatéral = 0,132

Le tableau 58 montre des variations notables du taux de tabagisme entre les différents secteurs du quartier. Par exemple ce taux passe de 14 % dans le secteur Sud-Murdoch à 33 % dans le secteur Carter-Portelance. Ces différences ne sont cependant pas assez importantes pour considérer la population recrutée comme non homogène du point de vue du tabagisme si l'on se fie au résultat du test du Chi-carré.

I.iv Durée de résidence dans le quartier Notre-Dame

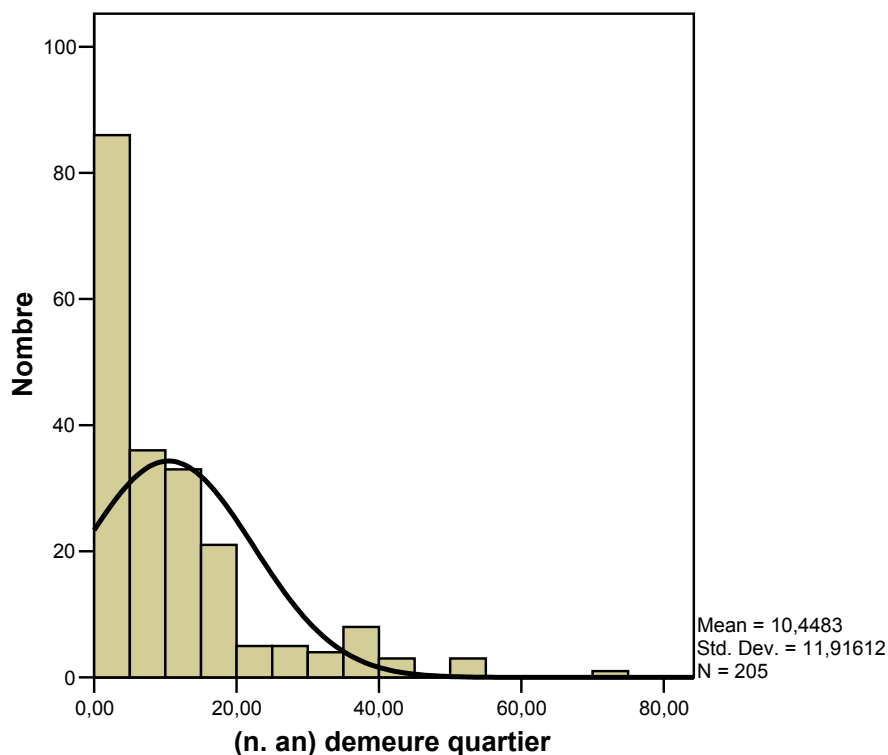
La durée de résidence dans le quartier Notre-Dame a une grande importance sur l'évaluation du risque. En effet, l'effet de l'arsenic sur la santé dépend autant de la durée de l'exposition que de l'importance des concentrations atmosphériques. Le tableau 59 ci-dessous résume la distribution de la durée cumulative de résidence des participants en date de novembre 2005.

Tableau 59 : Distribution des années de résidence dans le quartier Notre-Dame chez l'échantillon recruté

Moyenne arithmétique	10,45
Médiane	7
Mode	1
Écart type	11,92
25 ^e percentile	2
50 ^e percentile	7
75 ^e percentile	14
90 ^e percentile	27
Nombre de répondants	205

On constate au tableau 59 que la durée médiane de résidence se situe autour de 7 ans (+ ou - 12 ans). Les durées de résidence de plus de 25 ans sont excessivement rares (moins de 10 % de la population totale) dans ce quartier, comme illustré sur le graphique de la figure 31.

Figure 32 : Diagramme de dispersion du nombre d'années de résidence dans le quartier Notre-Dame chez l'échantillon recruté



Il est intéressant de noter que plus de 95 participants (sur un total de 205, soit 46 %) résidaient dans le quartier depuis cinq ans et moins. Ce qui correspond bien aux données du dernier recensement de Statistique Canada (2001) attestant d'un taux de déménagement de 50 % à tous les 5 ans dans ce quartier.

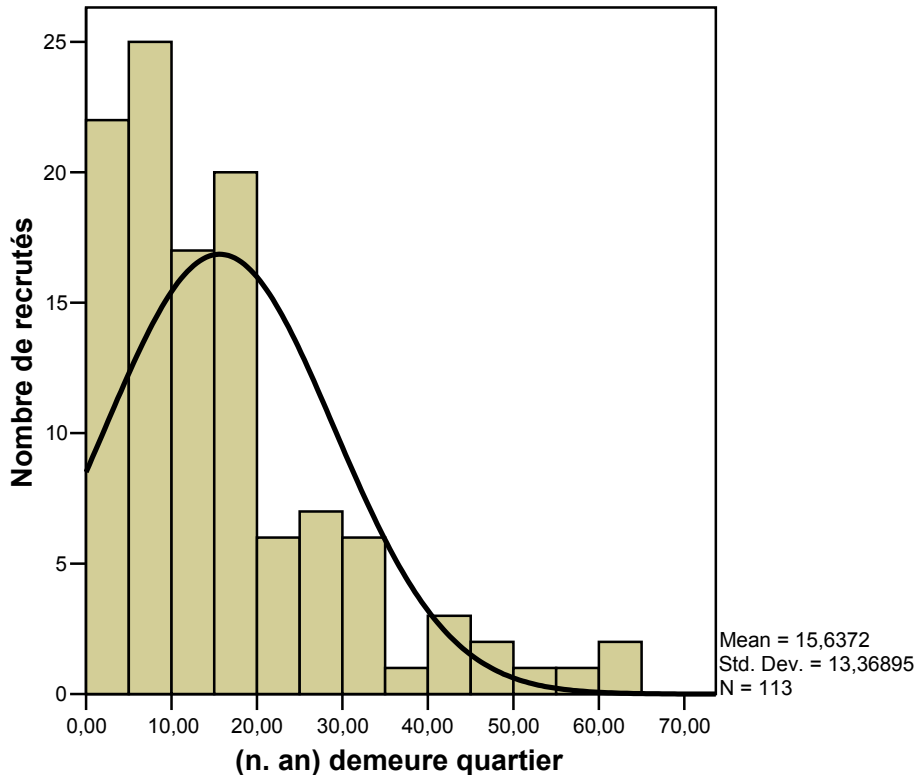
Nous avons comparé ce taux à celui chez l'échantillon recruté à Évain.

Tableau 60 : Distribution des années de résidence dans le quartier Évain chez l'échantillon recruté

Moyenne arithmétique	15,64
Médiane	12
Mode	9
Écart type	13,37
25 ^e percentile	7
50 ^e percentile	12
75 ^e percentile	20
90 ^e percentile	30
Nombre de répondants	113

On remarque que la durée médiane de résidence à Évain est 1,7 fois plus longue (12 ans vs 7 ans) dans le quartier Évain que dans le quartier Notre-Dame. Cette différence est statistiquement significative⁵⁸. On trouvera à la figure 32 le diagramme de dispersion des années de résidence dans le quartier Évain.

Figure 33 : Distribution des années de résidence dans le quartier Évain chez l'échantillon recruté



On remarque que la courbe de fréquence à la figure 5 est légèrement déplacée vers la droite, ce qui confirme la tendance à des durées de séjour plus importantes chez les résidents du quartier Évain que chez ceux du quartier Notre-Dame. En fait, 24 % seulement des gens y résident depuis 5 ans et moins, soit la moitié du taux observé dans le quartier Notre-Dame. Par contre 20 % y demeurent depuis plus de 25 ans, le double de ce qui a été observé dans le quartier Notre-Dame.

Il semble donc que la durée de résidence des gens habitant le quartier Notre-Dame soit assez courte si on la compare à la population du quartier Évain. Cette différence est encore plus accentuée si on tient compte du fait que les gens ont pu habiter à différents endroits dans le quartier au cours de leur vie. Ce qui veut dire que leur exposition sur toute une vie ne peut pas être extrapolée à partir de leur seul lieu de résidence actuel. Le tableau 61 résume un peu ce phénomène.

58. Test T de Student, échantillons indépendants : T = 3,56; ddl = 316; p bilatéral = 0,0004

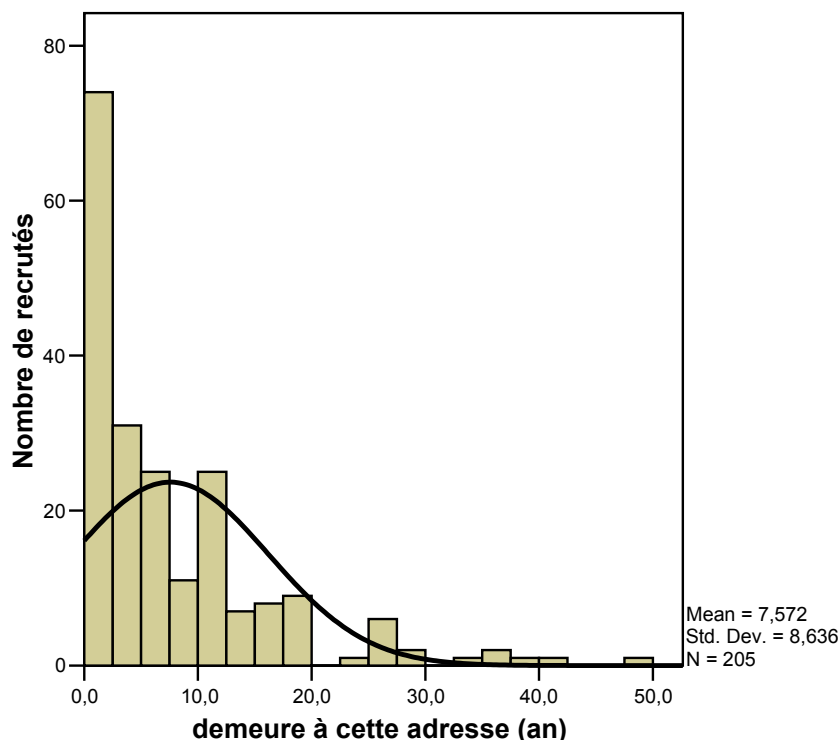
Tableau 61 : Années de résidence de l'échantillon recruté dans le logement actuel

Moyenne arithmétique (ans)	7,57
Médiane	4
Mode	3
Écart type	8,64
25 ^e percentile	1,5
50 ^e percentile	4
75 ^e percentile	11
90 ^e percentile	18,2
Nombre de répondants	205

On constate en comparant les tableaux 59 et 61 que les résidents du quartier Notre-Dame sont assez mobiles, même à l'intérieur des limites du quartier. En effet, la durée médiane de séjour passe de 7 à 4 ans (différence statistiquement significative⁵⁹) quand on ne tient compte que des années de résidence dans le logement actuel parmi l'ensemble de la durée de séjour dans le quartier Notre-Dame. Le diagramme de dispersion à la figure 33 illustre bien cette situation.

59. Test T de Student échantillons appariés : $t = 4.556$; $ddl = 204$; p bilatéral $< 0,0001$

Figure 34 : Répartition des années de résidence des recrutés du QND dans leur logement actuel



En fait, moins de 6 % des recrutés ont demeuré plus de 25 ans dans leur logement actuel du quartier Notre-Dame.

I.V PRÉSENCE D'UN SYSTÈME DE VENTILATION (ÉCHANGEUR D'AIR) EN FONCTION DE FAÇON RÉGULIÈRE DANS LE LOGEMENT

La présence d'un système de ventilation peut influencer l'exposition des occupants d'un logement en ce sens que les échanges avec l'air extérieur sont plus importants. Cette situation peut contribuer à augmenter l'exposition à l'arsenic des occupants si l'entrée d'air extérieure n'est pas munie d'un filtre efficace contre les fines poussières. Le tableau 62 documente la proportion des recrutés du quartier Notre-Dame dont les logements sont ventilés par un échangeur d'air en fonction de manière continue.

Tableau 62 : Proportion des recrutés dont le logement est ventilé par un échangeur d'air

	Ventilation continue	Pas de ventilation	Total
Carter-Portelance	0 %	100 %	100 %
Nord-ouest Murdoch	0 %	100 %	100 %
Sud-Murdoch	8,70 %	91,30 %	100 %
Carter-Murdoch	0 %	100 %	100 %
Total	2,90 %	97,10 %	100 %

On remarque au tableau 62 que la presque totalité des résidents n'ont pas de système de ventilation en continu. En fait, moins de 3 % en ont et ils sont tous localisés dans le secteur Sud-Murdoch.

I.vi ENDROIT DE TRAVAIL DES RECRUTÉS DU QUARTIER NOTRE-DAME

La durée d'exposition chez les résidents du quartier Notre-Dame peut être influencée par le fait qu'ils travaillent ou non dans le quartier. En effet, quelqu'un qui travaille 40 heures par semaine à l'extérieur du quartier verra son exposition réduite d'autant, surtout qu'il faut lui ajouter aussi le temps de déplacement aller-retour à son travail.

Le tableau 63 présente la proportion de ceux qui ont un emploi dans le quartier Notre-Dame chez ceux qui occupent un emploi régulier.

Tableau 63 : Proportion des répondants du quartier Notre-Dame qui travaillent dans leur quartier de résidence

		Travaille dans quartier ND		Total
		Oui	Non	
Travaille à l'extérieur du quartier ND	Oui	8 % (5)	92 % (59)	100 % (64)
	Non	15 % (21)	85 % (121)	100 % (142)
Total		13 % (27)	87 % (178)	100 % (205)

Le tableau 63 doit s'interpréter avec une double grille. En effet, on y constate qu'une faible proportion des recrutés (total de 13 % ou 27 individus) travaille dans le quartier où ils habitent. Cependant cette proportion surévalue l'exposition réelle de cette catégorie de travailleurs puisque parmi ces 27 individus, 5 (18 %) ont aussi un emploi ailleurs que dans le quartier. En fait, il n'y a que 21 personnes qui occupent un emploi à temps plein dans le quartier, soit 10 % de l'ensemble des résidents.

I.vii TRAVAIL À LA FONDERIE HORNE OU AVEC DU BOIS TRAITÉ À L'ARSÉNIATE DE CUIVRE CHROMATÉ

En principe tous les résidents qui travaillaient à la fonderie Horne ont été exclus de notre recrutement, sauf s'ils n'étaient pas exposés à l'arsenic dans le cadre de leur travail. Ce fut le cas d'une seule personne travaillant à des fonctions de bureau sans jamais avoir à mettre les pieds sur le site industriel lui-même. Aucun des recrutés ne mentionne travailler régulièrement avec du bois traité à l'arséniate de cuivre chromaté (ACC).

I.viii LOCALISATION DE L'ÉCOLE DES ÉTUDIANTS

Le quartier Notre-Dame comprend deux écoles primaires (dont une qui offre aussi le secondaire). Il est certain que les habitants du quartier qui fréquentent ces écoles voient leur durée d'exposition à l'arsenic prolongée par rapport aux étudiants qui vont à l'école à l'extérieur du quartier. Ce sont les enfants âgés entre 5 et 14 ans qui sont susceptibles d'être scolarisés dans le quartier. La catégorie 5-14 ans recoupe deux de nos classes d'âge. Le tableau 64 de la page suivante présente la répartition du lieu de scolarisation des enfants en fonction de leur âge.

Tableau 64 : Proportion de jeunes enfants qui fréquentent une école du quartier Notre-Dame

	École dans quartier ND	École ailleurs	Total
5-9 ans	13 (100 %)	0	13 (100 %)
10-14 ans	10 (48 %)	11 (52 %)	21 (100 %)
Total	23 (68 %)	11 (32 %)	34 (100 %)

Chi-carré de Pearson = 10,06; ddl = 1; p bilatéral = 0,0015

On remarque au tableau 64 que la totalité (13 individus) des enfants de 5-9 ans parmi nos participants fréquente une école du quartier. Ce qui n'est pas le cas chez les 10-14 ans où plus de la moitié d'entre eux vont dans une école localisée hors du quartier. Cette différence entre les deux groupes d'âge est d'ailleurs statistiquement significative. En fait, les plus âgés des 10-14 ans ont fait le saut au secondaire et vont majoritairement à l'école La Source située en périphérie du quartier. L'exposition à l'arsenic chez ces derniers s'en trouve donc diminuée par rapport à ceux qui séjournent à l'une des deux écoles primaires du quartier.

I.ix AVOIR OU NON UN TRAVAIL

Le fait d'avoir ou non un travail peut avoir une incidence importante sur la durée d'exposition des résidents. En effet, celui qui n'a pas de travail est plus susceptible de passer une partie importante de son temps dans le quartier, notamment à sa résidence, que celui qui a un travail régulier. Pensons au cas des ménagères (femmes au foyer) ou des personnes malades ou handicapées. Les retraités sont une catégorie particulière de ce groupe dont nous parlerons à la section suivante.

Chez les plus de 25 ans, on retrouve 37 personnes (entre 25 et 60 ans) au total (soit 18 % des 205 recrutés du quartier) qui sont sans travail. On trouvera au tableau 65 leur répartition entre les différents secteurs du quartier.

Tableau 65 : Répartition des adultes sans travail dans les différents secteurs du quartier

	Carter-Portelance	Nord-ouest Murdoch	Sud-Murdoch	Carter-Murdoch	Total
Oui	30 %	14 %	32 %	24 %	100 %
Non	21 %	26 %	34 %	19 %	100 %
Total	22 %	24 %	34 %	20 %	100 %

Chi-carré de Pearson = 3.55 ddl = 3 p bilatéral = 0,314

On remarque que la proportion de sans travail est assez semblable d'un secteur à l'autre, sauf dans Nord-ouest-Murdoch qui présente de plus faibles proportions. Ce n'est cependant pas suffisant pour considérer qu'il y a des différences statistiquement significatives entre les secteurs sous ce chapitre.

I.x LES RETRAITÉS

Le fait d'être retraité peut aussi influencer la durée d'exposition. Les retraités sont susceptibles de passer plus de temps à leur résidence ou dans les alentours. Mais certains d'entre eux ont aussi des revenus suffisants pour séjourner dans le Sud en hiver ou dans un chalet l'été. Leur exposition peut en

être réduite d'autant. Cependant, les données recueillies ne nous permettent pas d'identifier ceux qui feraient partie du sous-groupe des retraités à l'aise financièrement. Le tableau 66 présente la répartition des retraités dans les différents secteurs du quartier.

Tableau 66 : Répartition des retraités parmi les différents secteurs du quartier ND

	Carter-Portelance	Nord-ouest Murdoch	Sud-Murdoch	Carter-Murdoch	Total
Oui	19 %	14 %	62 %	5 %	100 %

Chi-carré de Pearson = 9.17; ddl = 3; p bilatéral = 0,027

Il n'y a que 21 retraités parmi nos 205 répondants du quartier (10 %). Les retraités sont inégalement répartis entre les différents secteurs, comme on peut le constater au tableau 66. En effet, ils sont concentrés dans le secteur Sud-Murdoch au détriment des secteurs Carter-Murdoch ou Nord-ouest Murdoch. Cette différence est statistiquement significative. La présence d'un immeuble à loyer modique (HLM) pour personnes âgées dans le secteur Sud-Murdoch n'est sûrement pas étrangère à ce phénomène. Il est à noter également que les retraités dans notre échantillon ne font pas tous partie de la classe d'âge « *plus de 60 ans* ». Sur les 21, on en retrouve 3 (14 %) ayant moins de 60 ans. De plus, ce ne sont pas tous les « *plus de 60 ans* » qui sont retraités. Dans notre échantillon, il y en a 6 sur un total de 24 (25 %) qui ne sont pas retraités même s'ils ont plus de 60 ans. Cependant, sur ces 6 individus, seulement la moitié (3) occupent un travail régulier.

I.xi ENFANTS DU PRÉSCOLAIRE EN GARDERIE

Chez les jeunes enfants qui vont en garderie le jour, la durée d'exposition peut être influencée par le fait que leur garderie se situe ou non dans le quartier Notre-Dame. On présente au tableau 67 la proportion des 1-10 ans qui fréquentent des garderies du quartier.

Tableau 67 : Proportion de jeunes enfants résidents du quartier Notre-Dame qui fréquentent des garderies du même quartier

Classe d'âge	Garderie QND	Garderie hors QND	À domicile	Total
1-4 ans	4 (25 %)	5 (31 %)	7 (44 %)	16 (100 %)
5-9 ans	0 (0 %)	14 (100 %)	0 (0 %)	14 (100 %)
Total	4	19	7	30

Notre échantillon comporte 16 enfants au total dans la catégorie 1-4 ans. La majorité d'entre eux (9/16) vont dans une garderie pendant le jour. Cette garderie est située à l'extérieur du quartier dans plus de la moitié des cas (5/9). Fait à noter, un peu moins de la moitié (7/16) des 1-4 ans demeure au domicile des parents pendant toute la journée. Si on additionne ce nombre à celui des enfants qui vont en garderie dans le quartier Notre-Dame, on constate que la majorité des 1-4 ans (11/16) passe de très longues périodes dans le quartier chaque jour. Par contre, chez les 5-9 ans, aucun ne fréquente les garderies. On présume qu'ils vont tous dans une des écoles primaires du quartier pendant le jour.

I.xii CRAINTE D'UN CANCER DU POUMON À CAUSE DE LEUR EXPOSITION À L'ARSENIC CHEZ LES RÉSIDENTS DU QUARTIER NOTRE-DAME

Nous avons vérifié si les gens du quartier Notre-Dame semblaient craindre beaucoup de contracter un cancer du poumon à cause de leur lieu de résidence. Ceci mesure une opinion et non un fait. Cependant, cette information nous permet de vérifier si les messages livrés par la santé publique antérieurement ont eu un impact ou non chez les résidents. Ces messages mentionnaient que la probabilité de trouver des cas de cancer du poumon chez les résidents du quartier pendant les prochains quarante ans était faible.

Tableau 68 : Crainte de contracter un cancer du poumon à cause de leur exposition à l'arsenic chez les résidents du quartier Notre-Dame

	n	%
Pas du tout	115	56 %
Un peu	71	35 %
Beaucoup	18	9 %
Total	204	100 %

On remarque au tableau 68 que la grande majorité (186/205 ou 91 %) des gens craignent peu (35 %) ou pas du tout (56 %) de contracter un cancer à cause de leur exposition actuelle à l'arsenic. Ces résultats semblent concorder avec l'information véhiculée antérieurement par la Direction de santé publique.

II HABITUDES DE VIE

II.i NOMBRE D'HEURES PASSÉES CHAQUE SEMAINE DANS LE QUARTIER

Le tableau 69 présente la répartition du nombre d'heures passées chaque semaine dans le quartier Notre-Dame parmi notre échantillon.

Tableau 69 : Nombre d'heures passées dans le quartier en moyenne à chaque semaine pour chacun des secteurs du quartier Notre-Dame

	Nombre de répondants	Moyenne arithmétique (heures par semaine)	Écart type	Intervalle confiance (95 %) sur la moyenne	
				ICI	ICS
Carter-Portelance	46	136,8	36,7	125,9	147,7
Nord-ouest Murdoch	50	129,7	30,2	121,2	138,3
Sud-Murdoch	69	138,6	29,3	131,6	145,6
Carter-Murdoch	41	143,3	26,2	135,0	151,5
Total	206	137,0	30,9	132,7	141,2

ANOVA unifactoriel : F = 1,56; ddl = 3; p = 0,2

Sur un total maximal de 168 heures (incluant la nuit) par semaine, les recrutés passent en moyenne 137 heures (81 % du temps) dans leur quartier. Bien qu'il existe des différences entre les secteurs, celles-ci ne sont pas significatives statistiquement.

Le tableau 70 présente la répartition du nombre d'heures passées dans le quartier en fonction des groupes d'âge.

Tableau 70 : Nombre d'heures passées dans le quartier en moyenne à chaque semaine pour chacun des groupes d'âges de l'échantillon

	Nombre	Moyenne arithm.	Écart type	Intervalle confiance sur la moyenne	
				ICI	ICS
1-4 ans	16	153,1	23,2	140,8	165,5
5-9 ans	14	151,4	23,1	138,0	164,7
10-14 ans	21	139,0	33,3	123,9	154,1
15-24 ans	28	125,5	25,9	115,4	135,5
25-60 ans	103	131,5	30,9	125,4	137,5
> 60 ans	24	153,1	31,4	139,9	166,4
Total	206	137,0	30,9	132,7	141,2

ANOVA unifactoriel : F = 4.62; ddl = 5; p = 0,0005

Le tableau 70 montre une certaine tendance à passer de moins en moins d'heures dans le quartier au fur et à mesure qu'on avance en âge. Toutefois, cette tendance s'inverse à partir de 60 ans. Les 1-9 ans et les plus de 60 ans passent significativement plus de temps dans leur quartier que les autres groupes d'âge. Les adolescents (15-24 ans) sont ceux qui y passent le moins de temps.

II.ii NOMBRE D'HEURES PASSÉES DEHORS PRÈS DE LA RÉSIDENCE EN ÉTÉ

Le tableau 71 présente la distribution du nombre d'heures que les recrutés, dans chaque secteur du quartier, estiment passer dehors en été en moyenne sur une semaine.

Tableau 71 : Nombre d'heures par semaine passé dehors en été près de la résidence (en moyenne sur une semaine) dans chaque secteur du quartier

	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle confiance sur la moyenne	
				ICI	ICS
Carter-Portelance	46	39,9	22,4	33,2	46,5
Nord-ouest Murdoch	49	27,8	23,4	21,1	34,5
Sud-Murdoch	69	26,4	22,1	21,1	31,7
Carter-Murdoch	41	29,0	18,5	23,1	34,8
Total	205	30,3	22,3	27,2	33,3

ANOVA unifactoriel : F = 3.94; ddl = 3; p = 0,009

Au tableau 71, on constate que les recrutés estiment passer environ 18 % de leur temps (30 heures sur un total de 168 heures/semaine) dehors près de leur résidence en été. Cette moyenne pour le quartier varie cependant d'un secteur à l'autre. Ces différences sont statistiquement significatives, les résidents de Carter-Portelance passant 1,5 fois plus de temps dehors que les résidents de Sud-Murdoch. La proportion du nombre d'heures passées dehors en été varie aussi selon l'âge, comme on peut le constater au tableau 72.

Tableau 72 : Nombre d'heures par semaine passées dehors en été près de la résidence (en moyenne sur une semaine) pour chacun des groupes d'âge dans le quartier Notre-Dame

	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle confiance sur la moyenne	
				ICI	ICS
1-4 ans	16,0	21,4	15,6	13,1	29,7
5-9 ans	14,0	46,7	21,1	34,5	58,9
10-14 ans	21,0	41,6	19,0	32,9	50,2
15-24 ans	27,0	29,4	22,3	20,6	38,3
25-60 ans	103,0	29,2	23,0	24,7	33,7
> 60 ans	24,0	22,3	19,1	14,2	30,3
Total	205,0	30,3	22,3	27,2	33,3

ANOVA unifactoriel : F = 4.07; ddl = 5; p = 0,0015

On remarque au tableau 72 que le nombre d'heures passées dehors en été près de la résidence diminue au fur et à mesure qu'on avance en âge, ce qui n'est pas surprenant. Cette différence entre les groupes d'âge est statistiquement significative. Sauf que le nombre d'heures est assez faible pour les 1-4 ans. Il peut avoir été influencé cependant par le fait que 31 % de ces jeunes enfants fréquentent des garderies ailleurs que dans le quartier pendant le jour.

II.iii NOMBRE D'HEURES PASSÉES DEHORS PRÈS DE LA RÉSIDENCE EN HIVER

Le tableau 73 présente le même phénomène que le tableau 72, mais pour la saison hivernale.

Tableau 73 : Nombre d'heures par semaine passées dehors en hiver près de la résidence (en moyenne sur une semaine) dans chaque secteur du quartier

	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle confiance sur la moyenne	
				ICI	ICS
Carter-Portelance	46	19,2	13,2	15,3	23,1
Nord-ouest Murdoch	49	10,6	7,7	8,4	12,8
Sud-Murdoch	69	11,8	13,6	8,5	15,1
Carter-Murdoch	41	14,8	9,9	11,6	17,9
Total	205	13,8	12,0	12,1	15,4

ANOVA unifactoriel : F = 5.28; ddl = 3; p = 0,0016

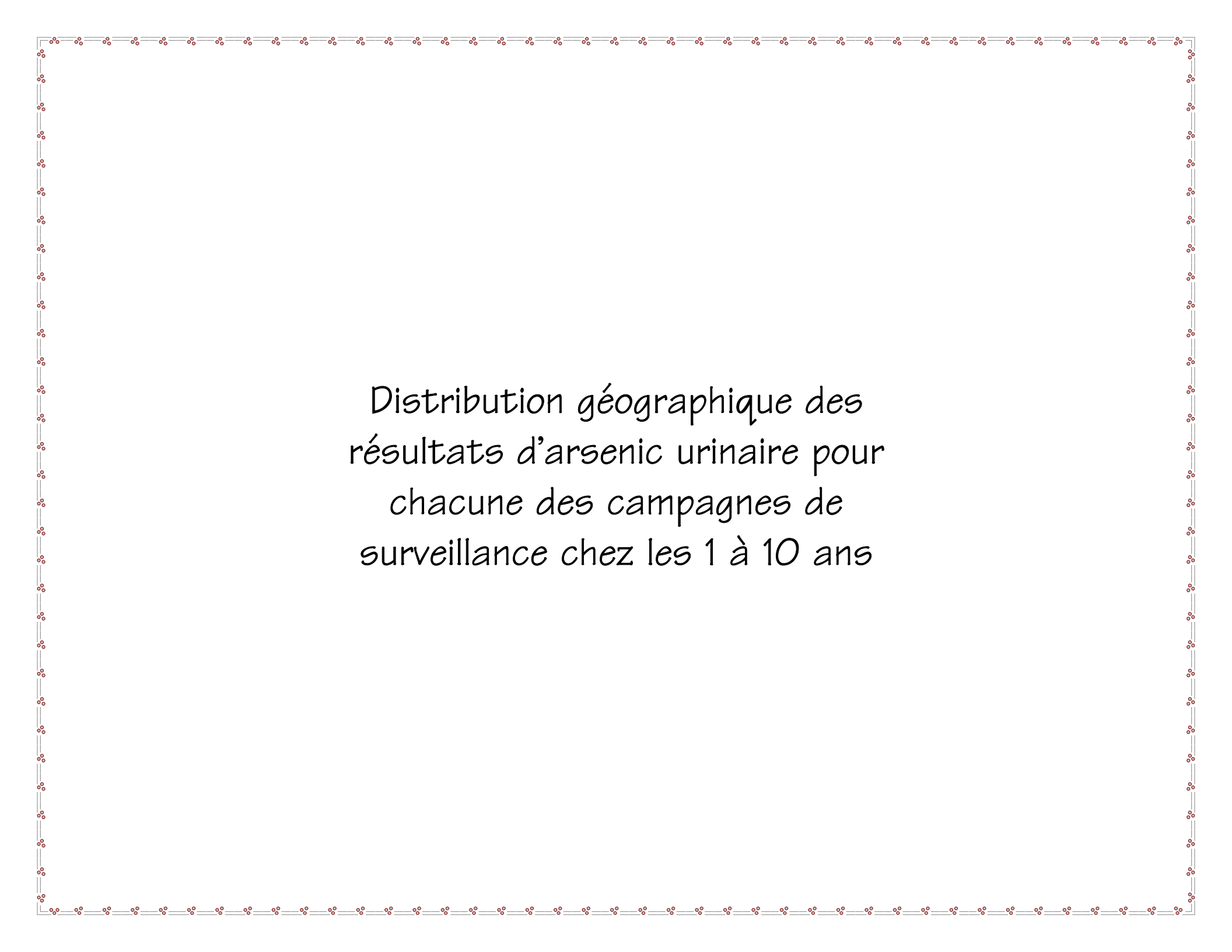
On remarque que le nombre d'heures passées dehors près de la résidence en hiver diminue de 65 % par rapport à ce qu'il était l'été (13,8 heures vs 30,3 heures), ce qui n'est pas surprenant. Ici encore les différences entre les secteurs sont statistiquement significatives avec un maximum dans Carter-Portelance et un minimum dans Sud-Murdoch. Voyons maintenant ce qu'il en est en fonction de la classe d'âge des recrutés.

Tableau 74 : Nombre d'heures par semaine passées dehors en hiver près de la résidence (en moyenne sur une semaine) pour chacun des groupes d'âge dans le quartier Notre-Dame

	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart type	Intervalle confiance sur la moyenne	
				ICI	ICS
1-4 ans	16	9,8	8,3	5,4	14,2
5-9 ans	14	23,2	14,0	15,1	31,3
10-14 ans	21	15,5	6,3	12,6	18,3
15-24 ans	27	13,0	9,2	9,3	16,6
25-60 ans	103	13,7	12,7	11,3	16,2
> 60 ans	24	10,5	13,9	4,6	16,3
Total	205	13,8	12,0	12,1	15,4

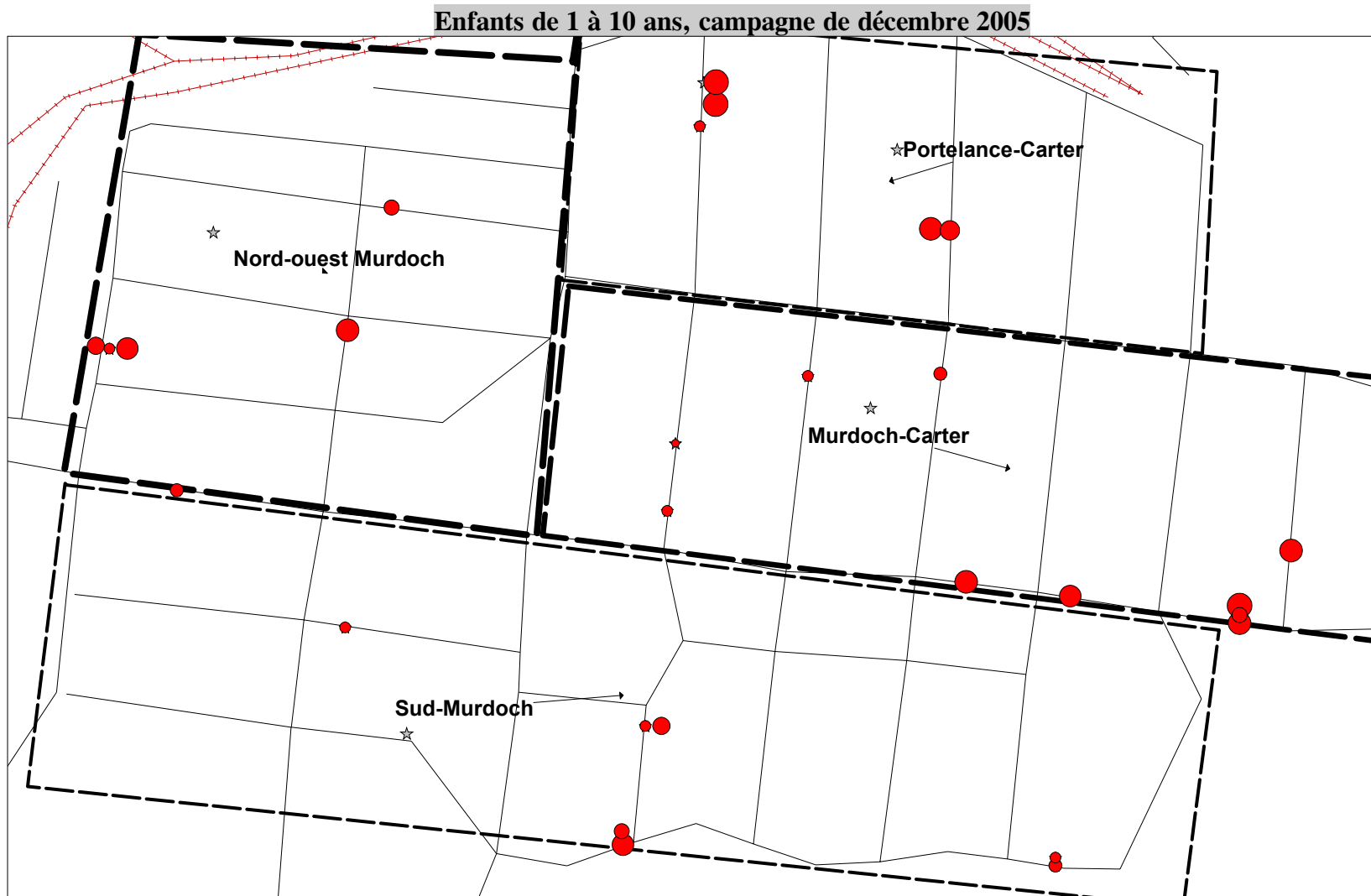
ANOVA unifactoriel : F = 2.66; ddl = 5; p = 0,02

Le tableau 74 présente un portrait similaire au tableau 73, avec une tendance à passer de moins en moins d'heures dehors au fur et à mesure qu'on vieillit (sauf pour les 1-4 ans). Cependant, cet effet est un peu moins marqué que pour l'été, même s'il est statistiquement significatif.

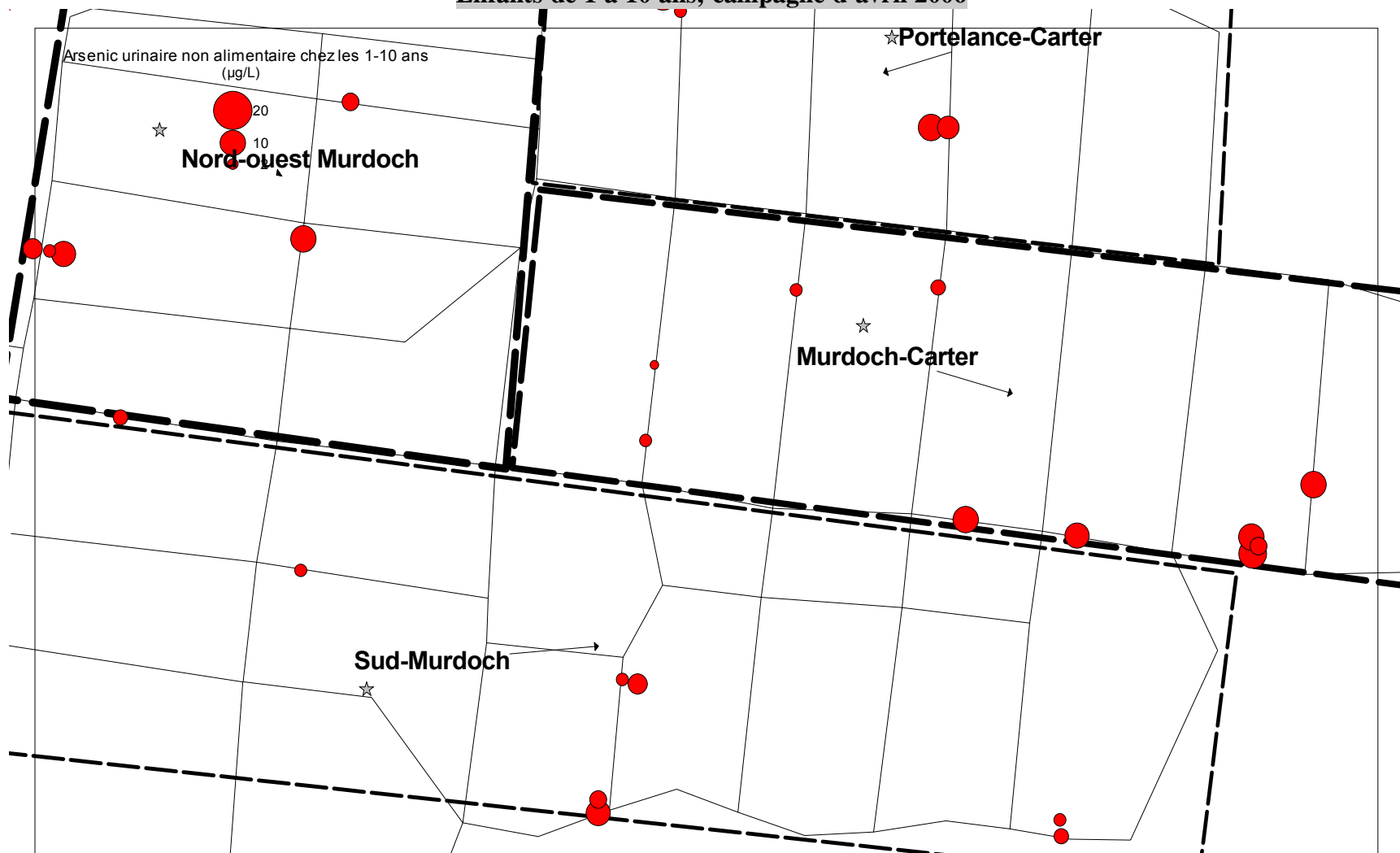


*Distribution géographique des
résultats d'arsenic urinaire pour
chacune des campagnes de
surveillance chez les 1 à 10 ans*

Distribution géographique des résultats d'arsenic urinaire pour chacune des campagnes de surveillance chez les 1 à 10 ans



Enfants de 1 à 10 ans, campagne d'avril 2006



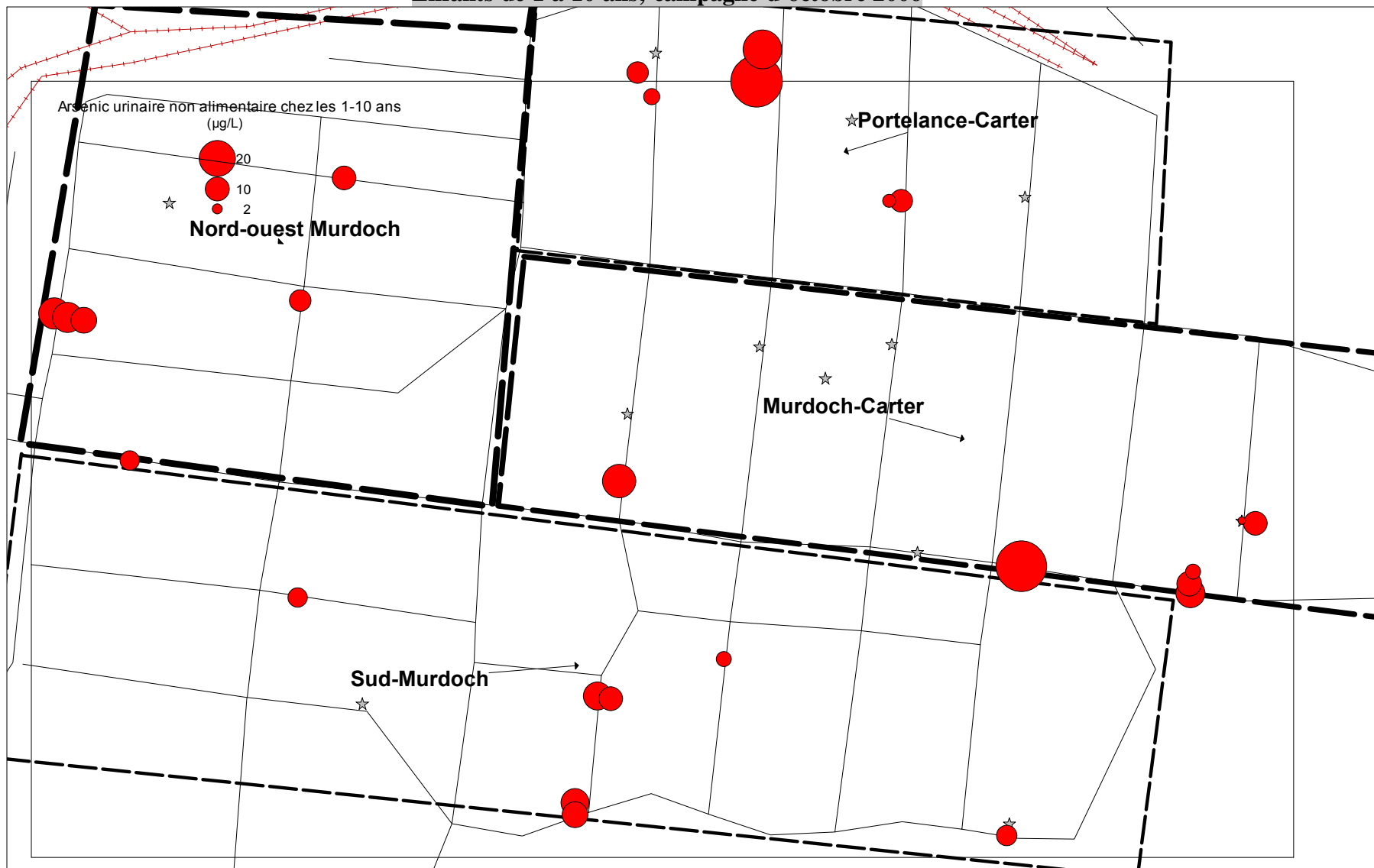
Enfants de 1 à 10 ans, campagne de juin 2006



Enfants de 1 à 10 ans, campagne d'août 2006



Enfants de 1 à 10 ans, campagne d'octobre 2006



Bibliographie

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX ET INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE. *Avis sur l'arsenic dans l'air ambiant à Rouyn-Noranda*, Québec, Novembre 2004.

GAGNÉ, Daniel. *Surveillance de l'exposition à l'arsenic chez la population du quartier Notre-Dame, Agence de développement des réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue, campagne de décembre 2005*, Direction de santé publique, Rouyn-Noranda, Avril 2006.

GAGNÉ, Daniel. *Suivi de la surveillance environnementale dans le quartier Notre-Dame, période 1991 à 2005*, Agence de la santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue, Juin 2006.

ENTERLINE, P. E., et al. *Exposure to arsenic and respiratory cancer, a reanalysis*, *J. of Epidemiology*, vol. 125, 1987, 929 p.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, (ATSDR), *Dietary arsenic exposure investigation*, Hebronville (Health Consultation), Jim Hogg County, Texas, US Dept of Health and Human Services, Atlanta, Georgia, September 2005.

WEBER, Jean-Philippe et Jean-Yves SAVOIE. *Étude de distribution de certaines substances toxiques chez les enfants de Rouyn-Noranda*, Centre de toxicologie du Québec, Centre hospitalier universitaire de l'Université Laval, Québec, 1980.

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (INSPQ). *Étude sur l'établissement de valeurs de référence d'éléments traces et de métaux dans le sang, le sérum et l'urine de la population de la grande région de Québec*, Québec, 2004.

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (INSPQ). *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique pour la santé humaine*, Québec, 2002.

RICHARDSON, G.M. *Compendium of Canadian Human Exposure Factors for Risk Assessment*, O'Connor Associates Environmental Inc., 1997

POLISSAR, L., *et al.* *Pathways of Human Exposure to Arsenic in a Community Surrounding a Copper Smelter*, *Envir., Res.*, 53, 1989, p. 29-47.

GLOSS, GILROY INC. *Arsenic Exposure Study for the Residents of Falconbridge, Cantox Environmental*, 2005.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). *Dietary arsenic exposure investigation*, Hebronville, Jim Hogg county, Texas, U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Septembre 2005.