
Environnement Canada
Ministère de l'Environnement
du Québec

Analyse statistique des
données de caractérisation
des lieux d'élimination
des déchets

Service d'analyse
de données



5797, Hochelaga, Montréal (Québec) H1N 1W6
(514) 259-9664 Télécopieur : (514) 259-2664



1134, rue Sainte-Catherine Ouest, Montréal, Québec H3B 1H4
(514) 871-9221 Télécopieur: (514) 397-9750

Décembre 1990

*ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES DE CARACTERISATION
DES LIEUX D'ELIMINATION DES DECHETS*

*GREBE inc.
et
Le Service d'Analyse de Données MESIQ inc.*

pour

Environnement Canada et le Ministère de l'Environnement du Québec

DECEMBRE 1990

EQUIPE DE TRAVAIL

Cette étude a été réalisée pour le compte d'Environnement Canada et du Ministère de l'Environnement du Québec à l'intérieur d'une proposition spontanée présentée au Ministère des Approvisionnement et Services du Canada en mars 1988. Les principaux collaborateurs au projet sont:

- *Chargé de projet et rédacteur: Sylvain Loranger*
- *Coordination et responsable administratif: Robert Décarie*
- *Recherche et analyse des documents: Peter Chilakos*

SOMMAIRE

Les données brutes d'analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau de surface, de l'eau souterraine et des sols de 21 sites d'enfouissement québécois et ontarien ont été colligées via un système informatisé de gestion de données. Une attention particulière a été portée sur la qualité de ces informations pour le traitement statistique compte tenu de l'hétérogénéité des données en terme de nombre de variables mesurées par site, de précision des analyses chimiques, de nombre de stations ou de profondeurs échantillonnées, et de fréquence d'échantillonnage.

Une évaluation des protocoles utilisés dans ces études a été réalisée et met en évidence l'ambiguïté existant entre d'une part la précision des dispositifs de mesure en terme de fidélité, de justesse et de sensibilité, et d'autre part la représentativité des résultats reliée au type de plan d'échantillonnage employé. Quoiqu'aucun plan de sondage probabiliste n'est été utilisé dans ces études, le choix des points de prélèvements tient généralement compte des considérations d'ordre pratique et semble répondre aux objectifs fixés.

L'approche utilisée pour le traitement statistique des données est essentiellement descriptive. Elle visait d'une part à illustrer les variations spatio-temporelles observées pour chaque variable physico-chimique et/ou biologique sur les différents sites d'enfouissement, et d'autre part, à identifier des variables indicatrices pouvant rendre compte de la situation globale et de l'évolution des conditions d'un site. Les méthodes d'analyses retenues comprennent le calcul de statistiques descriptives (moyenne, coefficient de variation, etc.), de corrélations non-paramétriques (tau de Kendall), d'analyses de variance non-paramétriques (Kruskall-Wallis), de groupements hiérarchiques (UPGMA) et d'ordinations en espace réduit (analyses en composantes principales).

L'analyse statistique des données s'est effectuée en deux temps. Une analyse préliminaire des 21 sites retenues nous a amené à éliminer certains sites dont l'effort d'échantillonnage était trop faible en terme de nombre de relevés (effectif) et de variables mesurées. Suite à ces analyses et afin de limiter l'interprétation des résultats à un cas type permettant d'illustrer la démarche utilisée, seul les résultats obtenus pour l'Adacport ont été discutés dans ce rapport. Les listes des substances et du nombre de relevés qui caractérisent chaque site par type de prélèvement (eau, sol) sont toutefois présentées en annexe.

Sur la base des analyses de groupements et d'ordinations, il a été possible de distinguer deux familles de composés ayant un comportement similaire dans l'eau et dans le sol, à savoir les métaux et les substances organiques. Certains composés ou variables indicatrices représentatives de ces familles ont été déterminés. Le choix de ces variables couplé à l'ajout de certaines substances problématiques ou faisant l'objet d'une attention particulière de la part des intervenants privés ou gouvernementaux, permet d'obtenir une image plus complète de l'état du site. Ces résultats donnent au gestionnaire les moyens de limiter le nombre d'analyses de laboratoire à réaliser, et par conséquent les coûts associés à la caractérisation ou au suivi.

Les analyses en composantes principales ont permis également d'identifier les stations problématiques pour lesquelles les variations des concentrations de certaines substances ont été les plus importantes sur le site. A partir de ces résultats, il est ensuite possible d'envisager des mesures correctives ou de suivi pour ces stations et pour les substances en cause. Les analyses de variance non-paramétriques réalisées ont permis de comparer sur une base probabiliste, les concentrations d'une trentaine de composés mesurés dans les couches de sol de surface (0-4 mètres) et profonde (4-12 mètres). Cette analyse a permis d'évaluer le comportement spatial de ces substances et d'identifier les couches où les concentrations sont les plus importantes sur le site.

Afin d'optimiser l'utilisation des données recueillies dans les études à venir et de minimiser les coûts associés à leur obtention, il importe de bien comprendre la place des différents traitements statistiques, compte tenu des objectifs poursuivis, et de bien les situer à l'intérieur d'un cadre méthodologique. Cette étude propose une démarche méthodologique visant essentiellement à uniformiser la procédure d'évaluation environnementale. Les principales étapes associées à cette démarche consistent :

- en une évaluation complète du problème via l'examen des informations disponibles;
- à l'élaboration d'un prémodèle décrivant les liens de causalité entre les différents facteurs en cause;
- à la définition d'objectifs précis et d'hypothèses de travail spécifiques, pour donner une réponse unique et non-équivoque, conformes à la problématique et réalistes tant en terme de ressources que par rapport aux buts visés.
- en une série de choix méthodologiques en terme de nombre et de fréquence d'échantillonnage, de substances à mesurer, de méthodes de traitements de données à utiliser, de plan d'échantillonnage à entreprendre, ou de méthodes de collecte et d'analyses des prélèvements. Chaque choix ou décision doit satisfaire un ensemble de contraintes techniques, économiques ou sociales qui apparaissent inévitablement à chaque niveau décisionnel ou étape de la démarche méthodologique.

Des recommandations visant à implanter cette démarche et à procéder à la mise sur pied d'un système informatisé pour la gestion des données des sites d'enfouissement sont proposées.

TABLE DES MATIERES

EQUIPE DE TRAVAIL	i
SOMMAIRE	ii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES ANNEXES	vii
1.0 INTRODUCTION	1
1.1 Problématique	1
1.2 Objectifs	3
2.0 METHODOLOGIE	4
2.1 Recherche des documents	4
2.2 Préparation et codification des données	5
2.3 Démarche statistique	6
2.3.1 Statistiques descriptives	6
2.3.2 Coefficient de corrélation de Kendall	6
2.3.3 Groupement	7
2.3.4 Analyse en composantes principales	8
2.3.5 Analyse de variance non-paramétrique	8
3.0 RESULTATS	9
3.1 Evaluation des protocoles d'échantillonnage	9
3.2 Description de la matrice de données	10
3.3 Choix du site	11
3.4 Site retenu: Adacport	12
3.5 Résultats du traitement statistique	13
3.5.1 Statistiques descriptives	13
3.5.2 Corrélations non-paramétriques (tau de Kendall)	18
3.5.3 Analyses en composantes principales	22
3.5.4 Analyses de variance non-paramétriques	24
4.0 DISCUSSION	29
5.0 CONCLUSION	33
6.0 RECOMMANDATIONS	39
BIBLIOGRAPHIE	40
ANNEXES	42

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Liste des sites d'enfouissement inventoriés</i>	<i>4</i>
<i>Tableau 2: Effectif et nombre de variables physico-chimiques et/ou biologiques par site d'enfouissement.</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 3: Statistiques descriptives - Résultats des analyses de sol de l'Adacport en 1988</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 4: Statistiques descriptives - Résultats des analyses de l'eau de surface et souterraine de l'Adacport en 1985 et 1988 . .</i>	<i>16</i>

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation des stations de prélèvements sur le site de l'Adacport (1988) 14

Figure 2: Dendrogramme des corrélations non-paramétriques (tau de Kendall) entre les variables physico-chimiques mesurées dans l'eau souterraine et de surface 20

Figure 3: Dendrogramme des corrélations non-paramétriques (tau de Kendall) entre les variables physico-chimiques mesurées dans le sol de l'Adacport en 1988 21

Figure 4: Représentation dans l'espace réduit formé par les deux premières composantes principales, des variables physico-chimiques mesurées dans l'eau souterraine et de surface à l'Adacport en 1988 25

Figure 5: Représentation dans l'espace réduit formé par les deux premières composantes principales des stations d'échantillonnage de l'eau souterraine et de surface de l'Adacport en 1988 26

Figure 6: Représentation dans l'espace réduit formé par les deux premières composantes principales, des variables physico-chimiques mesurées dans le sol de l'Adacport en 1988 27

Figure 7: Représentation dans l'espace réduit formé par les deux premières composantes principales des stations d'échantillonnage du sol de l'Adacport en 1988 28

Figure 8: Démarche méthodologique pour l'évaluation d'un site d'enfouissement 34

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1:	Liste des variables physico-chimiques et biologiques	42
Annexe 2:	Liste des classes granulométriques	46
Annexe 3:	Description du système de gestion de données	47
Annexe 4:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Kahnawake, site Patton	49
Annexe 5:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Kahnawake, site municipal	52
Annexe 6:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Kahnawake, site Morris	53
Annexe 7:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Kahnawake, site Beauvais	55
Annexe 8:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Kahnawake, site Goodleaf	57
Annexe 9:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Mistassini, ancien dépotoir	59
Annexe 10:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Mistassini, dépotoir actuel	60
Annexe 11:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Camp Bouchard	61
Annexe 12:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Adacport, Montréal	63
Annexe 13:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - SIDBEC, DOSCO	65
Annexe 14:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Dépotoir de Ville Lasalle	66
Annexe 15:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - East-Sullivan	68
Annexe 16:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Gloucester, Ontario	69
Annexe 17:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Cochrane landfill, Ontario	70
Annexe 18:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Deloro landfill, Ontario	71
Annexe 19:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Ennismore landfill, Ontario	72
Annexe 20:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - McChesney landfill, Ontario	73
Annexe 21:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Bethel Lapman Quarry, Ontario	74
Annexe 22:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Alice & Fraser landfill, Ontario	76
Annexe 23:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Vieux port de Chicoutimi	77
Annexe 24:	Liste des variables et nombre de relevés	
	EAU - Raffinerie	78
Annexe 25:	Liste des variables et nombre de relevés	
	SOL - Kahnawake, site Patton	80
Annexe 26:	Liste des variables et nombre de relevés	
	SOL - Kahnawake, site Morris	81

Annexe 27: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - Kahnawake, site Beauvais	82
Annexe 28: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - Kahnawake, site Goodleaf	83
Annexe 29: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - Camp Bouchard	84
Annexe 30: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - Adacport, Montréal	85
Annexe 31: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - SIDBEC, DOSCO	86
Annexe 32: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - Dépotoir de Ville Lasalle	87
Annexe 33: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - East-Sullivan	89
Annexe 34: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - Cochrane landfill, Ontario	90
Annexe 35: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - Vieux port de Chicoutimi	91
Annexe 36: Liste des variables et nombre de relevés	
SOL - Raffinerie d'Anjou	92

1.0 INTRODUCTION

1.1 Problématique

Les pays industrialisés sont actuellement confrontés au problème croissant posé par des sites d'élimination de déchets dans lesquels une multitude de substances chimiques dangereuses ont été déposées de manière inadéquate dans le passé. Dans ces lieux se trouvent une grande diversité de résidus chimiques toxiques qui peuvent représenter un danger pour les nappes aquifères, pour les eaux de surface, pour la chaîne alimentaire et ultimement pour la santé humaine.

On estime que de nombreux déchets industriels potentiellement dangereux, sont déposés dans des sites d'enfouissement essentiellement à cause des faibles coûts liés à cette procédure. L'enfouissement reste encore le mode de disposition des déchets solides le plus accessible à la majorité des municipalités canadiennes et il le demeurera à moyen terme à cause de la distribution géographique de la population. En effet, seules les régions fortement urbanisées pourront éventuellement justifier économiquement des méthodes d'élimination telle l'incinération.

L'inventaire des lieux d'élimination de déchets dangereux au Québec produit par la Direction des Substances Dangereuses du Ministère de l'Environnement du Québec identifie 322 sites ayant reçu des déchets dangereux (MENVIQ, 1987). Au Canada, on soupçonne l'existence de quelques 10 000 sites dont près de 4000 recèleraient des déchets dangereux et on a une connaissance plus précise sur seulement une centaine de ces derniers. Considérant le nombre de sites, leur grande dispersion sur le territoire canadien, la grande variété des procédures d'enfouissement ou de stockage et la multitude des substances, on réalise d'une part l'énormité de la tâche de caractérisation et d'autre part l'importance des montants à y consacrer. Il s'avère donc a propos de développer des outils de gestion efficaces et une méthodologie optimisée pour caractériser et suivre les modifications bio-chimiques des sites contaminés.

La division de la Conservation et Protection (DPE) d'Environnement Canada s'intéresse à divers aspects liés aux sites d'enfouissement: inventaire, caractérisation, risques de contamination, mesures de sécurité pour la population ou l'environnement en général et possibilités de restauration et d'aménagement des sites. La réalisation optimale d'un tel programme s'avère relativement complexe pour de multiples raisons qu'il convient d'énumérer:

- les informations disponibles, souvent fragmentaires, ne concernent qu'un nombre limité de sites;
- les données relatives aux enfouissements sont dispersées entre les organismes gouvernementaux, les bureaux d'études, les municipalités et les exploitants;
- le manque d'uniformité des méthodes et procédures de caractérisation, d'échantillonnage et d'analyses de substances;
- la grande variabilité des substances enfouies d'un site à l'autre;
- l'évolution constante dans le temps et en fonction des conditions climatiques et géologiques des sites et de la composition du lixiviat produit.
- les coûts très élevés liés au prélèvement et à l'analyse des substances.
- l'absence de banques de données informatisées concernant les sites d'enfouissement.

Il est donc très difficile pour le gestionnaire de faire un suivi adéquat de l'évolution de l'état des sites d'enfouissement. Pailleurs, il devient de plus en plus manifeste que le suivi des sites contaminés doit faire appel aux statistiques afin de déterminer en autres les sites d'échantillonnage optimaux, la fréquence d'échantillonnage ou la représentativité des points de mesure. Il appert en effet que la planification de ces programmes ne doit plus reposer uniquement sur des jugements subjectifs de professionnels, mais doivent être appuyés par des techniques et des méthodes statistiques appropriées.

1.2 Objectifs

Dans ce contexte, il apparaît opportun d'analyser sur des bases statistiques, l'information déjà publiée sur certains sites d'enfouissement de déchets toxiques québécois et canadien afin de connaître la qualité des données (plan d'échantillonnage utilisé, effectif, fréquence d'échantillonnage, représentativité de l'échantillon, etc.) et de mettre en évidence les caractéristiques ou les relations existant entre les différentes variables mesurées in situ. Il s'agit en fait d'identifier à partir de ces données, des variables pouvant servir d'indicateur du comportement spatio-temporel d'un ensemble de substances ou de l'état de dégradation d'un site.

De façon plus spécifique ce projet vise à :

- compiler les données de caractérisation et de suivi de vingt et un lieux d'élimination de déchets au Québec et en Ontario;
- réaliser le traitement statistique des données recueillies afin de dégager les relations spatio-temporelles entre les variables mesurées dans les différents sites d'enfouissements retenus;
- identifier et évaluer les différentes procédures d'échantillonnage et d'analyses chimiques;
- proposer une démarche méthodologique pour le suivi des sites afin de maximiser la recherche d'information tout en diminuant les coûts requis pour l'obtenir.

L'originalité de ce projet réside dans l'hypothèse voulant que la précision des résultats peut être accrue tout en réduisant les coûts d'un programme de suivi par le choix d'un plan d'échantillonnage adéquat et la sélection de paramètres indicateurs qui rendent compte de la situation globale et de l'évolution des conditions d'un site.

Soulignons finalement que cette étude a permis le développement de modules informatisés pour la saisie et le traitement préliminaire des données. Ces modules constituent en fait des sous-ensembles d'une base de données plus élaborée permettant une gestion efficace des sites d'enfouissement.

2.0 METHODOLOGIE

Compte tenu des objectifs définis précédemment, nous décrirons tout d'abord les étapes associées à la recherche des documents et à préparation des données. Nous préciserons ensuite la démarche statistique réalisée sur ces données en insistant sur les limites associées à l'utilisation de données hétérogènes en terme de fréquence d'échantillonnage, d'effectif et de variables mesurées.

2.1 Recherche des documents

Au total, 19 études correspondant à 21 sites d'enfouissement québécois et ontariens ont été recueillies via les ministères d'environnement provinciaux (MOE, MENVIQ) et fédéral (Environnement Canada) (tableau 1). L'objectif de ce projet n'étant pas d'effectuer une revue exhaustive de l'information disponible sur les sites d'enfouissement, seuls les documents les plus récents et les plus complets en terme de méthodologie et de données brutes ont été retenues.

Tableau 1: Liste des sites d'enfouissement inventoriés

No source*	Nom du site	Références
1 (C)	Kahnawake - site Patton	LGL ltée, 1984; Aménatech, 1985, 1986a; McGill Geotechnical Research Center, 1988; Foratek international inc., 1986.
2 (C)	Kahnawake - site municipal	LGL ltée, 1984.
3 (C)	Kahnawake - site Morris	LGL ltée, 1984; Aménatech, 1985, 1986a;
4 (C)	Kahnawake - site Beauvais	LGL ltée, 1984; Aménatech, 1985, 1986a;
5 (C)	Kahnawake - site Goodleaf	LGL ltée, 1984; Aménatech, 1985, 1986a;
6 (C)	Mistassini - ancien dépotoir	LGL ltée, 1984.
7 (C)	Mistassini - dépotoir actuel	LGL ltée, 1984.
8 (C)	Camp Bouchard	Aménatech, 1985, 1986b.
9 (C)	ADAC port, Montréal	Aménatech, 1985; ADS associés ltée, 1988.
10(Q)	SIDBEC-DOSCO	MENVIQ, 1988a.
11(Q)	dépotoir de Ville Lasalle	MENVIQ, 1987.
12(Q)	East-Sullivan	MENVIQ, 1988b.
13(C)	Gloucester, (Ont.)	R.E. Jackson <i>et al.</i> , 1986.
14(O)	Cochrane landfill (Ont.)	Golder Associates, 1987a.
15(O)	Deloro landfill (Ont.)	Golder Associates, 1986a.
16(O)	Ennismore landfill (Ont.)	Golder Associates, 1987b.
17(O)	McChesney landfill (Ont.)	Golder Associates, 1987c.
18(O)	Bethel Lapman Quarry (Ont.)	Golder Associates, 1986b.
19(O)	Alice & Fraser landfill (Ont.)	J.L. Richards & ass. ltée, 1986.
20(C)	Vieux port de Chicoutimi	Polytec inc. et ADS ass. ltée, 1988.
21(C)	Raffinerie d'Anjou	Cartier et Monenco, 1986.

* sources: C: Env. Canada; Q: MENVIQ; O: Min. de l'Environnement de l'Ontario.

2.2 Préparation et codification des données

Toutes les données brutes d'analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau de surface, de l'eau souterraine ou des sols contenues dans les différents rapports ont été colligées en utilisant des tableaux de codification décrivant pour chaque station d'échantillonnage et chaque date (lignes du tableau) les différentes variables physico-chimiques et biologiques mesurées (colonnes du tableau). Un code distinct identifiant chaque variable a permis d'uniformiser l'ensemble des résultats d'analyses. Cette codification arbitraire a été par la suite modifiée pour être compatible avec celle utilisée par Environnement Canada (DPE). Au total 188 types de mesures ou composés chimiques ont été définis (Annexe 1). Il importe de souligner que plusieurs composés ont la même description (ex. HAP) mais ont été codés différemment afin de considérer les différentes unités. Les résultats des analyses granulométriques des sédiments ont été exprimés en 11 classes (Annexe 2).

Ainsi 21 tableaux correspondant à autant de sites d'enfouissement ont été complétés. Ces tableaux ont été saisis sur ordinateur à l'aide d'un chiffrier électronique (LOTUS). Une validation manuelle des données à par la suite été réalisée afin de corriger les entrées de données erronées. Tous les fichiers produits en format LOTUS (*.wkl) ont été convertis en fichiers de format DBASE (*.dbf) en utilisant le module de traduction de fichier du logiciel LOTUS. Cette opération a pour but d'intégrer les données au système de gestion de données développé pour ce projet. L'analyse et la codification des informations contenues dans les rapports sont des étapes essentielles menant à son stockage à l'intérieur des différents fichiers du système de gestion (voir la description du système à l'annexe 3). Les données utilisées pour le traitement statistique sont tirées des fichiers Analyses.dbf et granulo.dbf du système de gestion (annexe 3). Chaque enregistrement (ligne) de ces fichiers étant défini par une station, une date, une profondeur et la concentration associée à un composé chimique, ces fichiers ont dû être transposés à l'aide d'un programme externe en Foxbase, de façon à obtenir pour chaque ligne, une station, une date, une profondeur et l'ensemble des composés chimiques correspondants (ex.: station x, date, profondeur x, var1, var2,...).

2.3 Démarche statistique

L'approche préconisée pour l'analyse des données d'eau et de sol des sites retenus est essentiellement descriptive. Les méthodes utilisées visent donc à identifier des variables ayant un comportement similaire (indicateurs) via le calcul de corrélations et de groupements, et à illustrer les variations temporelles et/ou spatiales observées pour chaque variable physico-chimique ou biologique à partir d'ordinations en espace réduit (analyse en composantes principales). Une analyse de variance non-paramétrique a également été utilisée dans le but de comparer les concentrations de contaminants mesurées en surface et en profondeur sur un site donné.

Le traitement de données a été réalisé à partir des logiciels SAS (SAS Institute inc., 1985) et R (Vaudor et Legendre, 1989; laboratoire d'écologie numérique, Université de Montréal).

2.3.1 Statistiques descriptives

Dans le but d'évaluer l'ampleur du traitement pouvant être réalisé sur l'ensemble des données colligées, une série de statistiques descriptives (effectif, moyenne, écart-type, coefficient de variation) a été effectuée par site et par type de données (eau vs sol).

2.3.2 Coefficient de corrélation de Kendall

Le coefficient de corrélation de Kendall permet essentiellement de mesurer l'intensité d'une relation monotone entre différentes paires de variables et de tester la signification de cette corrélation. Le tau de Kendall est dit non-paramétrique, car il ne repose pas sur le calcul de paramètres de la population comme la moyenne et l'écart-type et ne nécessite pas la binormalité de la population. Par conséquent, le manque de normalité et de linéarité n'affecte pas les coefficients de corrélation obtenus. De plus, l'estimation de ce coefficient n'est pas affectée par la présence de nombreux ex aequo sur chacune

des variables étudiées. Le coefficient de corrélation de Kendall varie de -1 en cas de désaccord complet dans le classement (inversement corrélé) à $+1$ si la relation est parfaite c'est à dire si l'on retrouve le même classement sur les deux variables (Noether, 1976; Legendre et Legendre, 1984; Scherrer, 1984). Si la valeur est égale à zéro, l'ordre de classement sur la première variables est indépendant de l'ordre sur la seconde et les deux variables sont alors indépendantes.

Cette méthode a été utilisée pour tenter d'établir une relation entre les différentes variables physico-chimiques et biologiques pour chacun des sites d'enfouissement et déterminer celles ayant un comportement similaire en terme de variations temporelles et/ou spatiales.

2.3.3 Groupement

Le but d'un groupement est de définir a posteriori des groupes homogènes à partir, soit du degré de similarité entre divers éléments, prélèvements ou stations (mode Q, Legendre et Legendre, 1984), ou soit du niveau de corrélations existant entre des variables (mode R). Il permet donc de trouver des discontinuités au sein d'un ensemble d'éléments caractérisés par p variables descriptives (mode Q) ou entre des ensembles de variables interelliées (mode R). Les groupes sont formés par étapes successives en partant de chaque prélèvement ou chaque variable pris individuellement.

La méthode de groupement choisie pour le traitement est agglomérative hiérachique, il s'agit du groupement selon l'association moyenne (UPGMA, Sneath et Sokal, 1973). Cette méthode calcule la moyenne arithmétique des similarités ou des corrélations entre les éléments ou les variables que l'on veut admettre dans un groupe et chacun des membres du groupe, ou entre tous les membres de deux groupes sur le point de fusionner. Compte tenu des objectifs de l'étude, cette méthode n'a été utilisée qu'à partir des niveaux de corrélations (tau de Kendall) calculés entre chaque paires de variables physico-chimiques et/ou biologiques. Les résultats sont présentés sous forme de dendrogrammes.

2.3.4 Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales permet de résumer à quelques dimensions importantes (axes principaux) un phénomène multidimensionnel (avec plus de deux variables), de façon à rendre compte du maximum de la variabilité de la matrice de dispersion ou de corrélations. Il s'agit de représenter dans un plan à deux ou trois dimensions, la variabilité exprimée par l'ensemble des variables physico-chimiques et/ou biologiques mesurés sur chaque prélèvement. Le graphique alors produit permet d'identifier les relations entre les variables ainsi que les prélèvements ou stations associés aux variations maximales observées pour certaines variables explicatives.

Cette méthode a été utilisée dans le but de résumer les relations existant entre les variables mesurées sur chaque site, et les stations responsables des plus fortes variations.

2.3.5 Analyse de variance non-paramétrique

L'analyse de variance non-paramétrique (Kruskall-Wallis) permet essentiellement de comparer sur une base probabiliste un ou plusieurs groupes à partir de la somme des rangs attribués à chaque valeur mesurée pour une variable donnée. Ce type d'analyse permet de comparer des résultats obtenus à différentes périodes dans le temps ou à différentes stations dans l'espace.

Cette méthode a été utilisée dans le but de comparer les résultats des analyses chimiques de l'eau et/ou du sol en utilisant un critère de classification à la fois, à savoir les stations d'échantillonnage ou les périodes d'échantillonnage (dates).

3.0 RESULTATS

Cette section présente dans un premier temps l'évaluation des protocoles d'échantillonnage des études de caractérisation des 21 sites d'enfouissement de déchets toxiques. Dans un second temps, nous présentons les résultats des traitements statistiques réalisés sur les données physico-chimiques de l'eau et du sol.

3.1 Evaluation des protocoles d'échantillonnage

L'analyse des diverses études permet de vérifier qu'aucun plan de sondage probabiliste n'a été utilisé. Dans un seul cas, un plan d'échantillonnage présentant quelques caractéristiques d'un systématique a été utilisé, à savoir l'étude de l'ancien dépotoir de Lasalle.

La localisation et le nombre de stations d'échantillonnage, le nombre de prélèvements par station de même que les profondeurs échantillonnées ne sont généralement pas justifiés dans les différents rapports. Toutefois le choix des points d'échantillonnage tiennent généralement compte des considérations d'ordre pratique (proximité des sources de contaminations ou d'eau potable, nappe phréatique, etc.) et semble répondre aux objectifs fixés. La contamination sur les différents sites retenues est évaluée à partir d'un nombre relativement important de stations de prélèvement donnant ainsi une appréciation générale mais correcte de la variabilité spatiale.

Par ailleurs, la période d'échantillonnage se limite de façon générale à une ou deux journées par année. Au total, six études ont été réalisées sur plus d'une année (voir tableau 1, Kahnawake - site no.: 1,3,4,5; Camp Bouchard - site no. 8; Adacport - site no. 9; Gloucester - site no. 13). Par conséquent, le nombre d'études permettant une analyse des variations temporelles de la contamination dans l'eau ou le sol est limité, d'autant plus que l'emplacement des stations d'échantillonnage diffèrent d'une année à l'autre dans la plupart des cas.

Il semble y avoir dans toutes les études une confusion entre la précision des dispositifs de mesure et la représentativité des résultats. La précision d'un dispositif de mesure est évaluée à partir de trois critères: la fidélité, c'est-à-dire la reproductibilité des analyses par le biais des répliqués prélevés à chaque point de prélèvement; la justesse ou l'absence de sur ou sous estimation des mesures (ex.: appareil mal calibré); la sensibilité associée au pouvoir de résolution de la méthode (ex.: limite de détection). La plupart des études identifient la limite de détection (sensibilité) des analyses physico-chimiques et biologiques. Peu d'études cependant font état de la précision des analyses de laboratoire (contrôle de la qualité) et des appareils d'échantillonnage (ex.: piézomètres).

Quant à la représentativité des résultats, seul un échantillonnage basé sur un plan aléatoire simple (ex: systématique, stratifié, etc.) permet d'obtenir un échantillon dit représentatif. Par conséquent, le choix des points d'échantillonnage dans l'espace et le temps doit tenir compte de cet aspect.

3.2 Description de la matrice de données

Le tableau 2 donne le nombre d'éléments (station-profondeur-date) et de variables mesurées par site d'enfouissement. Au total, la matrice des données de sol comprend 777 éléments (prélèvements), et celle des données d'eau de surface et souterraine 806 éléments. Les annexes 4 à 42 présentent la liste des variables associées à chaque site ainsi que le nombre de prélèvements effectués par variable (effectif). Les variables physico-chimiques et biologiques sélectionnées pour les analyses de laboratoire comprennent généralement les éléments minéraux (phosphates, chlorures, etc.), les huiles et graisses, les hydrocarbures aromatiques mono et polycycliques, les composés phénoliques, les hydrocarbures chlorés (BPC, etc.), le groupe des pesticides et occasionnellement des variables biologiques (coliformes, algues, etc.). En moyenne, près de 50 analyses d'eau souterraine et de surface ont été effectuées par site tandis que 32 analyses ont été réalisées sur les prélèvements de sol. De plus, seulement 12 sites sur 21 ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques de sol.

Tableau 2: Effectif et nombre de variables physico-chimiques et/ou biologiques par site d'enfouissement.

no	nom du site	Effectif		Nombre de variables	
		eau	sol	eau	sol
1	Kahnawake - site Patton	48	4	104	45
2	Kahnawake - site municipal	2		19	
3	Kahnawake - site Morris	12	1	59	28
4	Kahnawake - site Beauvais	22	2	77	43
5	Kahnawake - site Goodleaf	17	3	76	37
6	Mistassini - ancien dépotoir		6		18
7	Mistassini - dépotoir actuel		3		18
8	Camp Bouchard	38	1	66	6
9	Adacport, Montréal	44	67	75	33
10	SIDBEC-DOSCO	41	21	36	13
11	dépotoir de Ville Lasalle	36	222	51	65
12	East-Sullivan	25	18	25	20
13	Gloucester, (Ont.)	106		41	
14	Cochrane landfill (Ont.)	68	3	44	25
15	Deloro landfill (Ont.)		50		44
16	Ennismore landfill (Ont.)	36		43	
17	McChesney landfill (Ont.)	57		43	
18	Bethel Lapman Quarry (Ont.)		28		58
19	Alice & Fraser landfill (Ont.)	73		42	
20	Vieux port de Chicoutimi	23	100	33	29
21	Raffinerie d'Anjou	71	335	55	36
TOTAL:		806	777		
		(éléments)			

3.3 Choix du site

L'hétérogénéité des données recueillies en terme de nombres de variables mesurées par site, de précision des analyses chimiques par étude, de nombres de stations ou de profondeurs échantillonnées, et de périodes ou journées d'échantillonnage, nous a obligé à analyser chaque site d'enfouissement individuellement.

Une analyse préliminaire des 21 sites retenus nous a amené à éliminer certains sites dont l'effort d'échantillonnage était trop faible en terme de nombre d'échantillons (effectif) et de variables mesurées, ainsi que ceux ne possédant que des données d'eau ou de sol.

Ce premier tri, nous a permis de conserver 4 sites: l'Adacport, le dépotoir de ville Lasalle, le vieux port de Chicoutimi, la raffinerie d'Anjou. Des statistiques descriptives ainsi que des analyses en composantes principales ont été réalisées sur ces sites. Suite à ces analyses et afin de limiter l'interprétation des résultats à un cas type permettant d'illustrer la démarche méthodologique utilisée pour le traitement de données, seul les résultats obtenus pour l'Adacport seront présentés dans ce rapport.

3.4 Site retenu: Adacport

Le terrain de l'Adacport est situé en bordure du fleuve St-Laurent entre les ponts Victoria et Champlain (figure 1). Ce site est présentement sous la juridiction d'organismes fédéraux (Ports Nationaux, Corporation des Ponts Jacques-Cartier et Champlain). La majeure partie du site retenu a été utilisée comme dépotoir pour la région de Montréal et a ainsi reçu d'importantes quantités de déchets domestiques, matériaux secs et déchets industriels. Les données utilisées proviennent de la caractérisation physico-chimique du sol et de l'eau (souterraine et de surface) effectuée par la firme ADS Associés Ltée en 1988 et par la firme Aménatech en 1985.

D'une manière générale, une couche de déchets de 4 à 12 mètres d'épaisseur est présente partout sur le site et est généralement recouverte d'un remblai posé principalement lors de la construction du stationnement d'Expo 67, de l'autoroute Bonaventure et de la piste de l'Adacport. Le roc est sain après le premier mètre de profondeur et se situe à une dizaine de mètres de profondeur. La nappe d'eau souterraine est profonde et se retrouve partout sur le site à plus de 4 mètres.

Les échantillons de sol ont été prélevés à partir de 31 trous de forages (FP:Forage Profond) à des profondeurs variant de 4 à 26 mètres. Les données de sol comprennent au total 67 relevés (2 ou 3 échantillons de sol par trou de forage) et un maximum de 33 variables physico-chimiques (Tableau 2). Les données d'eau souterraine et de surface comptent 44 relevés (35 rel. d'eau souterraine [FP]; 4 rel. d'eau du fleuve Saint-Laurent [ER]; 1 rel. d'eau de

surface-fossé [ES]) et un maximum de 75 variables physico-chimiques. La liste des variables ainsi que le nombre de relevés par variable pour les données d'eau et de sol sont respectivement présentés aux annexes 12 et 30.

3.5 Résultats du traitement statistique

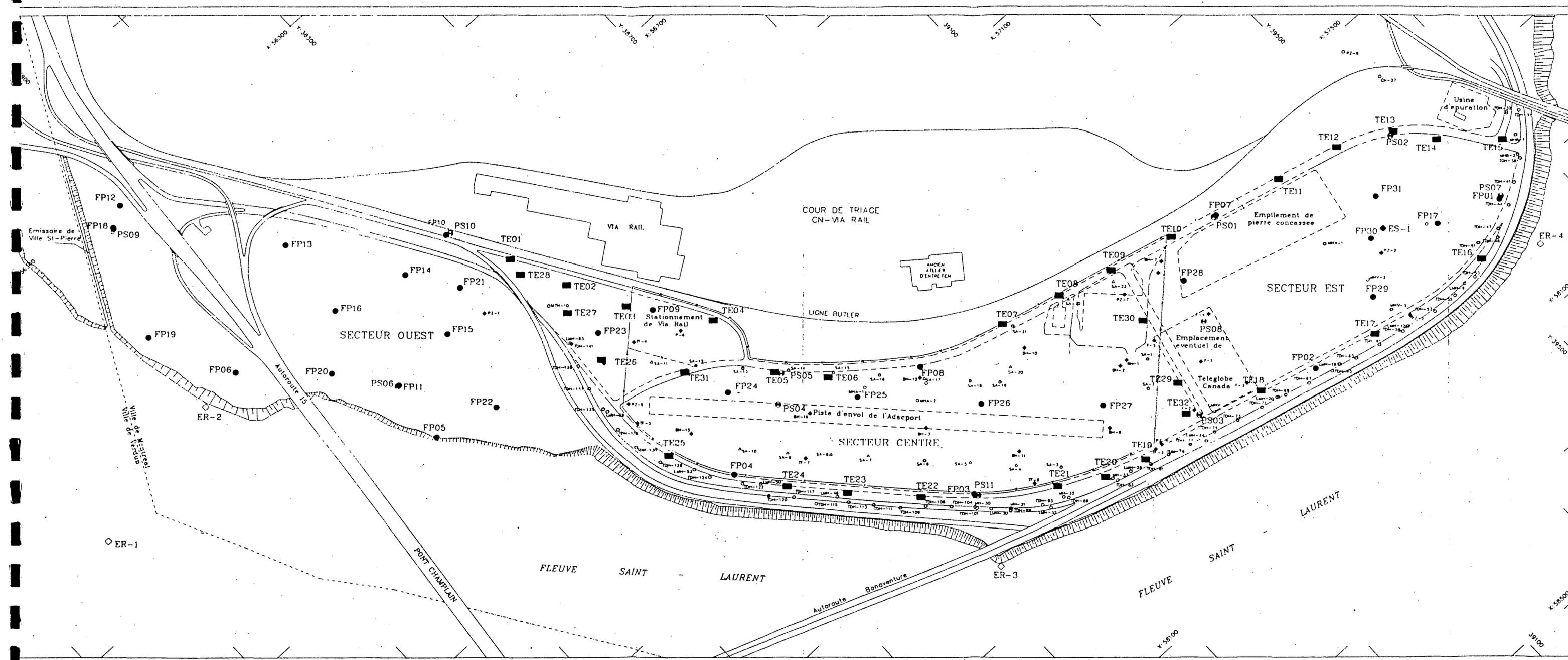
3.5.1 Statistiques descriptives

Dans un premier temps, des statistiques descriptives (effectif, moyenne, etc.) ont été calculées sur les matrices sol et eau (tableaux 3 et 4) afin d'évaluer les variables dont les variations sont les plus importantes (ex.: Huiles et Graisses, Plomb, BPC, styrène, etc.) ainsi que l'effort d'échantillonnage en terme d'effectifs (n) pour chaque variable.

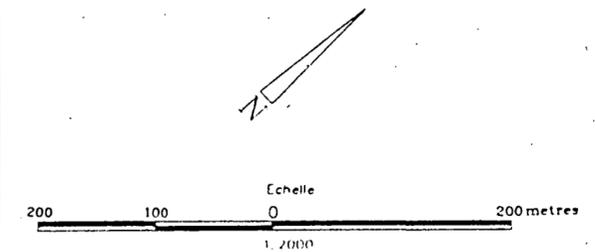
D'une manière générale, les coefficients de variation obtenus pour les différentes variables mesurées dans le sol et l'eau dépassent 100 %. Cette situation indique par conséquent un très grande hétérogénéité quant à la distribution des contaminants sur le site si l'on considère que ces valeurs intègrent tant les variations mesurées à différentes profondeurs que celles obtenues à différents points de prélèvements sur l'ensemble du site. Il faut ajouter à cela les variations temporelles résultant du cumul des années 1985 et 1988 pour les résultats de l'eau de surface et souterraine.

Ces statistiques descriptives nous ont permis de choisir les variables dont l'effectif était suffisant pour entreprendre des analyses de corrélations non-paramétriques et le calcul de statistiques multivariées. Nous avons ainsi conservé pour la suite des analyses les variables dont l'effectif était supérieur à 30. De plus, les données d'eau souterraine et de surface de la campagne de 1985 ont été écartées du traitement statistique en raison de l'effort d'échantillonnage trop faible (4 prélèvements).

Figure 1: Localisation des stations de prélèvements sur le site de l'Adacport (1988).



- LEGENDE:**
- SONDAGES:**
- Forages profonds
 - Piezometres superficiels
 - Tranchées d'exploitation
 - Stations d'échantillonnage
 - ◆ -Eau de surface
 - -Eau de rivière
- POINTS INVENTORIES:**
- ◆ FORAGES:
 - BH (Inspec-Sol, 1977)
 - IF (Labo SV, 1983)
 - P2 (Foratek, 1983 et 1985)
 - F (Queformat, 1988)
 - ▲ STATIONS D'AERATION
 - REGARDS D'EGOUT:
 - MHA (situés sur le site de l'Adacport)
 - MHV (situés sur le site du Parc Victoria)
 - MHB (de l'Autoroute Bonaventure, 1984 pour cette étude)
 - MH, MHT, MH-NV, IDH (de l'Autoroute Bonaventure, et Ports Nationaux, plan no C-1474C)
 - LMH (système de lampadaires de l'Autoroute Bonaventure Foratek, 1985)
 - CN (sur le site de la cour de triage du CN; plan CN no HH-01-584)



Ville de Montreal  ADS associées Inc.
CONSEIL EN ENVIRONNEMENT

CARACTERISATION DU SITE ET DES ENVIRONS DE L'ADACPORT



DESSINE PAR:	J.C.	DATE:	88-06-09
VERIFIE PAR:	J.F.T.	NO DE PROJET:	36-136
		ADAC	CAO

Tableau 3: Statistiques descriptives - Résultats des analyses de sol de l'Adacport en 1988

VARIABLE	n	MOYENNE	ECART- TYPE	COEFFICIENT DE VARIATION %	MINIMUM	MAXIMUM
Huiles & Graisses NV	66	105.697	493.714	467.103	N.D.	4020.00
Plomb	66	1.318	4.469	339.074	N.D.	21.00
Sélénium	66	3.681	8.989	244.200	0.410	73.00
Cadmium	66	99.909	78.864	78.936	14.000	293.00
Zinc	66	256.214	487.642	190.326	6.100	3250.00
Mercure total	66	8.398	8.335	99.250	N.D.	37.00
Cobalt	66	50.182	18.292	36.451	10.000	106.00
Argent	66	531.667	648.576	121.989	N.D.	3350.00
Nickel	66	599.152	938.443	156.629	18.000	6018.00
Cuivre	67	N.D.	-	-	N.D.	N.D.
Chrome total	66	32.947	80.830	245.333	N.D.	290.00
Baryum	46	33.959	11.343	33.402	5.100	65.00
Arsenic	66	206.348	205.152	99.420	N.D.	1040.00
Etain	66	3.285	24.239	737.869	N.D.	197.00
Molybdène	66	N.D.	-	-	N.D.	N.D.
Cyanures totaux	66	N.D.	-	-	N.D.	N.D.
Chlorures	66	1775.939	3309.120	186.331	N.D.	18130.00
Phénols	65	1.758	11.378	647.213	N.D.	91.00
Benzène	66	0.128	0.490	382.813	N.D.	3.00
Ethylbenzène	65	0.096	0.517	538.542	N.D.	4.00
Toluène	65	0.013	0.061	469.231	N.D.	0.35
BPC totaux	66	0.032	0.155	484.375	N.D.	1.20
HAP	65	1.059	6.379	602.361	N.D.	51.00
Benzo (a) anthracène	11	0.482	0.325	67.427	N.D.	1.20
Benzo (a) pyrène	66	0.040	0.230	575.000	N.D.	1.80
Xylène	66	0.093	0.519	558.065	N.D.	4.00
Styrène	66	0.003	0.027	900.000	N.D.	0.22
Chlorophénols	65	0.086	0.489	568.605	N.D.	3.80
Organochlorés	11	0.905	1.823	201.436	N.D.	6.00
Azote Ammoniacal	66	1009.652	651.765	64.553	93.000	3160.00
Phosphates	66	903.894	746.331	82.568	179.000	3880.00
Soufre total	66	6133.333	3161.478	51.546	1070.000	15340.00

Tableau 4: Statistiques descriptives - Résultats des analyses de l'eau de surface et souterraine de l'Adacport en 1985 et 1988

VARIABLE	n	MOYENNE	ECART- TYPE	COEFFICIENT DE VARIATION	MINIMUM	MAXIMUM
				%		
pH	39	6.805	0.483	7.098	6.0000	8.200
Alcalinité (CaCO ₃)	4	1085.000	343.851	31.691	700.0000	1500.000
Conductivité spéc.	39	2866.256	1283.472	44.779	774.0000	6300.000
Dureté totale	4	725.000	169.558	23.387	535.0000	940.000
Niveau d'eau	33	7.712	1.633	21.175	4.1000	10.900
Carb. org. tot.	44	44.784	52.569	118.979	2.5000	230.000
Calcium	4	152.750	47.472	31.078	85.0000	196.000
Magnésium	4	83.500	19.604	23.478	63.0000	110.000
Chlorures	44	260.750	317.678	121.832	10.0000	1360.000
Sulfates	4	13.125	18.737	142.758	0.5000	41.000
Sulfures	4	0.100	0.000	0.000	0.1000	0.100
Fluorures	4	0.050	0.000	0.000	0.0500	0.050
Argent	9	0.002	0.003	150.000	N.D.	0.009
Cadmium	9	0.002	0.003	150.000	N.D.	0.009
Chrome total	9	0.003	0.004	133.333	N.D.	0.007
Cuivre	9	0.004	0.005	125.000	N.D.	0.013
Molybdène	9	0.044	0.053	120.455	N.D.	0.100
Nickel	9	0.016	0.021	131.250	N.D.	0.050
Plomb	44	0.085	0.058	68.235	N.D.	0.200
Zinc	9	0.023	0.026	113.043	N.D.	0.067
Arsenic	9	N.D.	-	-	N.D.	N.D.
Baryum	9	1.411	2.292	162.438	N.D.	6.300
Béryllium	4	0.005	0.000	0.000	0.0050	0.005
Bore	4	0.825	0.171	20.727	0.6000	1.000
Cobalt	9	0.022	0.027	122.727	N.D.	0.060
Etain	9	0.089	0.105	117.978	N.D.	0.200
Fer	4	2.162	2.852	131.915	0.2500	6.400
Manganèse	4	0.302	0.238	78.808	0.0500	0.530
Mercure total	44	0.001	0.003	300.000	N.D.	0.018
Sélénium	9	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.
Azote total Kjeldahl	4	35.000	8.756	25.017	27.0000	46.000
Nitrates	44	0.443	0.716	161.625	N.D.	3.250
Nitrites	4	0.005	0.000	0.000	0.0050	0.005
Azote ammoniacal	44	67.531	74.196	109.870	N.D.	271.000
Phosphates totaux	4	0.035	0.017	48.571	0.0200	0.060
Cyanures totaux	4	0.015	0.000	0.000	0.0150	0.015
Huiles & Graisses NV	41	4.871	16.234	333.279	0.1500	104.000
COD Chemical oxygen	44	97.205	124.797	128.385	2.0000	590.000
Phénols	40	41.725	172.309	412.963	N.D.	1075.000
Phosphates	40	0.162	0.130	80.247	0.0260	0.460
Brome	40	0.049	0.101	206.122	N.D.	0.420
Coliformes totaux	38	813.868	444.726	54.644	1.0000	1100.000

Tableau 4: (suite)

VARIABLE	n	MOYENNE	ECART- TYPE	COEFFICIENT DE VARIATION %	MINIMUM	MAXIMUM
Coliformes fécaux	4	1.000	0.000	0.000	1.0000	1.000
Streptocoques fécau	4	4.250	5.852	137.694	1.0000	13.000
1,1 - Dichloroéthylèn tricl éthylène	4	5.775	8.643	149.662	N.D.	18.600
Toluene	44	0.950	1.201	126.421	N.D.	2.500
Styrène	44	19.502	55.565	284.919	N.D.	293.000
Etben xylène	40	3.215	16.290	506.687	N.D.	103.000
1,2 - Dichloroéthane	4	23.750	47.500	200.000	N.D.	95.000
1,2 - Dichloropropane	4	1.225	1.511	123.347	N.D.	3.100
1,1,1 - Trichloroétha	4	3.575	6.010	168.112	N.D.	12.500
1,1 - Dichloroéthane	4	21.325	33.005	154.771	N.D.	70.500
Di-Chlorométhane	4	2.375	3.443	144.968	N.D.	7.300
HCB	4	21.675	22.961	105.933	8.3000	56.000
Benzène	1	0.610	-	-	0.6100	0.610
12DiCl benzène	44	3.509	9.665	275.435	N.D.	45.000
13diCl benzène	1	1.090	-	-	1.0900	1.090
14diCl benzène	1	1.230	-	-	1.2300	1.230
124TriCl benzène	1	0.230	-	-	0.2300	0.230
1234Tetr Clbenzène	1	0.070	-	-	0.0700	0.070
1235+1245 TClbenz	2	0.009	0.001	11.111	0.0080	0.010
Ethylbenzène	1	0.012	-	-	0.0120	0.012
Chloroforme	40	13.524	54.428	402.455	N.D.	338.000
Cis-Chlordane	4	0.450	0.900	200.000	N.D.	1.800
o,p'-DDD	1	0.014	-	-	0.0140	0.014
HAP TOTAL	1	0.126	-	-	0.1260	0.126
HAP (1985)	40	19.890	52.701	264.962	N.D.	210.000
aroclor 1242	2	50.250	70.357	140.014	0.5000	100.000
aroclor 1254	1	0.610	-	-	0.6100	0.610
aroclor 1260	2	0.445	0.601	135.056	0.0200	0.870
Chlorophénols	1	0.400	-	-	0.4000	0.400
Xylène	40	17.850	48.649	272.543	N.D.	215.000
	40	13.657	36.739	269.012	N.D.	208.000

3.5.2 Corrélations non-paramétriques (tau de Kendall)

Des corrélations non-paramétriques (tau de Kendall) ont été calculées entre chaque paire de variables physico-chimiques, tant pour l'eau souterraine et de surface que pour le sol. Les matrices utilisées pour ces calculs comprennent respectivement pour l'eau 40 éléments (relevés) et 24 variables et pour le sol 65 éléments et 32 variables. Les coefficients de corrélations obtenus pour chaque paire de variables ont été regroupés sous forme d'arbres dendritiques ou de dendrogrammes (figures 2 et 3) afin de résumer sur une seule figure, les relations existant entre les différentes variables.

Il importe de rappeler ici que ces corrélations sont réalisées à partir des données physico-chimiques transformées en rang pour chaque paire de variables comparées. Par conséquent, la variabilité des mesures près du seuil de détection ou sous ce seuil est négligeable, les rangs correspondant à ces valeurs étant très voisins (ex.: <0.001 ppm = 1, 0.001 ppm = 2, etc.). Par ailleurs, les corrélations étant calculées à partir d'échantillons d'eau et de sol prélevés à différentes profondeurs sur l'ensemble du site, les résultats des dendrogrammes ne présentent qu'une tendance générale du comportement des substances entre elles sur ce site pour une période donnée (avril 1988). Il est donc impossible de préciser si les variations observées sont reliées à un horizon particulier (variations verticales) ou à un endroit précis sur le site (variation horizontales).

- eau souterraine et de surface - 1988

L'analyse du dendrogramme obtenu à partir des données d'eau souterraine et de surface (figure 2), nous permet de faire ressortir trois groupes principaux de variables dont le comportement est similaire, ou du moins, montrant des variations spatiales semblables. Le premier groupe (groupe 1) est composé de variables hétérogènes associées à principalement à la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent (pH, Nitrates). Les variables mercure total et niveau d'eau forme un sous-groupe surtout à cause des faibles variations observées entre ces deux variables. Le second groupe est plus homogène (groupe 2). Il peut-être associé

d'une manière générale aux huiles et graisses. Ce groupe se distingue de façon plus précise en quatre sous-groupes correspondant aux composés aromatiques monocycliques (CAM: éthylbenzène, xylène, benzène, toluène, styrène), aux phénols (chlorophénols, phénols), aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP totaux) et finalement aux huiles et graisses non volatiles (phosphates). Le troisième et dernier groupe est également assez hétérogène. Il se compose des variables associées à la conductivité (conductivité, ammoniac, chlore), aux matières organiques (COT, COD) et au plomb. Les variables "profondeur" et "coliformes totaux" s'isolent des autres groupes en raison surtout du grand nombre de valeurs manquantes.

- sol - 1988

Le résultat du groupement réalisé à partir des coefficients de corrélations calculés à partir des données de sol montre deux groupes principaux et une série de variables isolées. Le premier groupe (groupe 1) peut-être associé de façon générale aux métaux (cuivre, zinc, plomb, molybdène, nickel, soufre, etc.). Le second groupe (groupe 2) correspond principalement aux substances organiques. Ce groupe peut être subdivisé en 4 sous-groupes: un premier formé du chlorophénol et du benzo(a)pyrène (2a); un second regroupant le phénol, les HAP, l'éthylbenzène et le benzo(a)anthracène (2b); un troisième comprenant les CAM (benzène, toluène, xylène) et les huiles et graisses (2c); et finalement un dernier sous-groupe incluant les chlorures et la profondeur (2d). La plupart des variables non-regroupées (ex.: styrène, arsenic, etc.) montrent de faibles variations spatiales ou des valeurs sous le seuil de détection pour la majorité des échantillons.

Figure 2: Dendrogramme des corrélations non-paramétriques (tau de Kendall) entre les variables physico-chimiques mesurées dans l'eau souterraine et de surface de l'Adacport en 1988

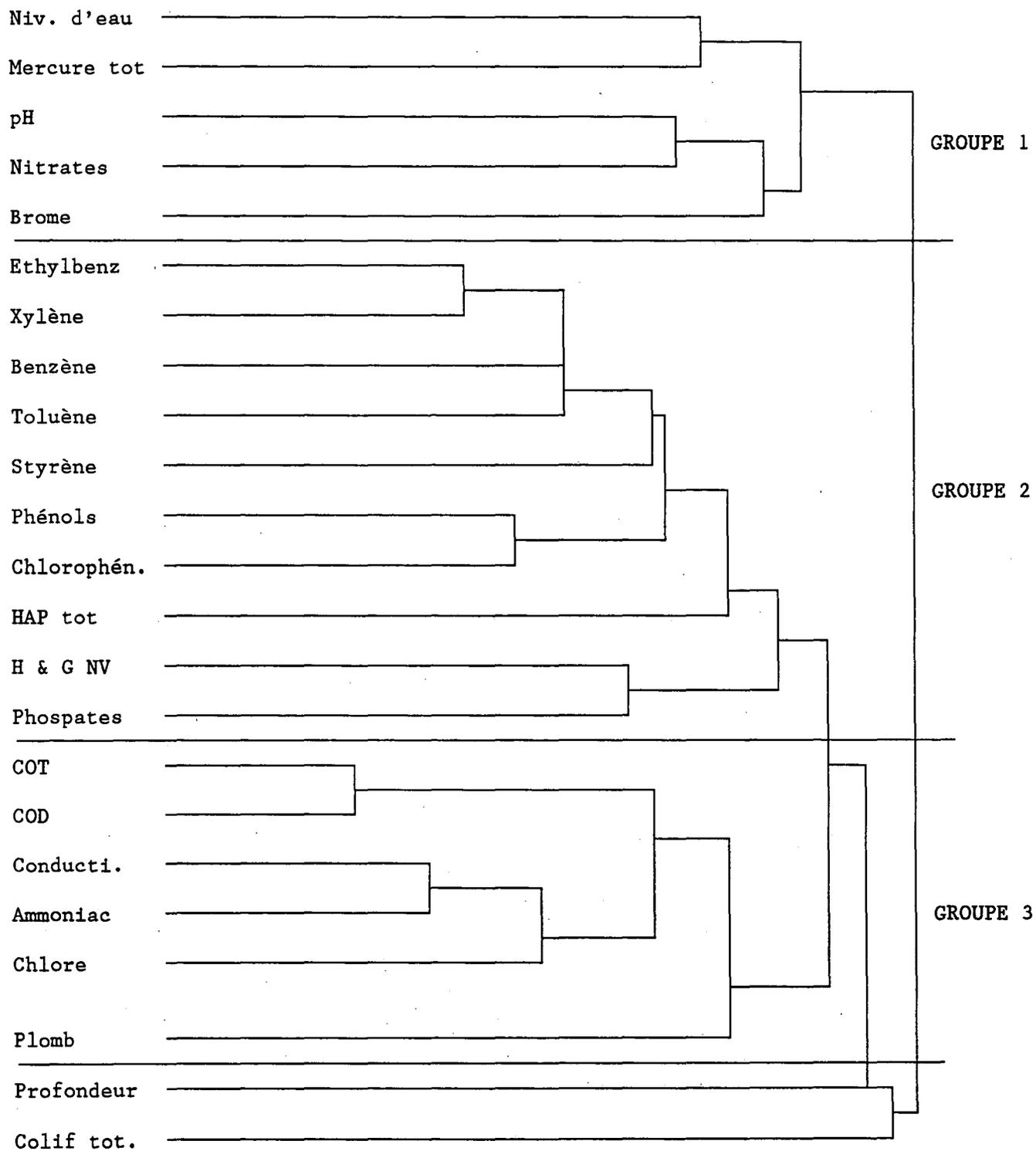
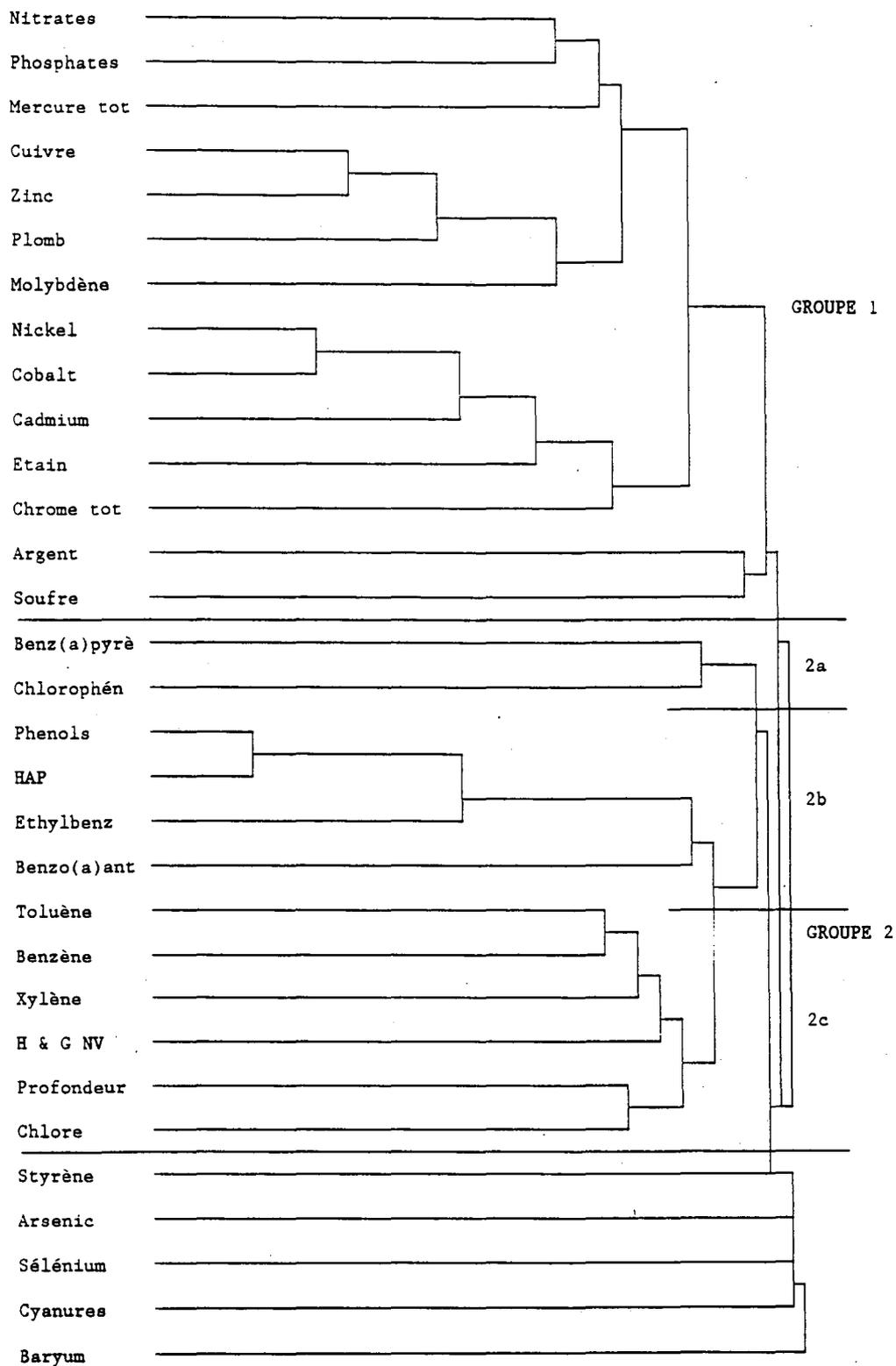


Figure 3: Dendrogramme des corrélations non-paramétriques (tau de Kendall) entre les variables physico-chimiques mesurées dans le sol de l'Adacport en 1988



3.5.3 Analyses en composantes principales

Le mode de calcul de l'analyse en composantes principales (procédure FACTOR; SAS, 1985) ne permettant pas de conserver les relevés possédant de nombreuses valeurs manquantes, certaines variables, utilisées pour le calcul des statistiques descriptives et des corrélations, ont été éliminées de l'analyse. Ainsi, la matrice contenant les données d'eau de surface et d'eau souterraine contient 40 éléments (relevés) et 17 variables, tandis que la matrice des données de sol regroupe 65 éléments et 27 variables.

Les figures 4 et 6 illustrent respectivement la position des variables physico-chimiques dans le plan des deux premières composantes des données d'eau et de sol, tandis que les figures 5 et 7 présentent la position des relevés ou des points d'échantillonnage (stations-profondeur).

- eau souterraine et de surface - 1988

Le plan représenté par les deux premières composantes (figures 4 et 5) explique au total 43 % de la variance (axe I: 28 %; axe II: 15 %). Le premier axe du graphique variable est associé principalement aux phénols et aux substances aromatiques monocycliques, tandis que l'axe II est expliqué surtout par le chlore et l'ammoniac dans sa partie positive.

Une analyse par quadrant nous révèle que les groupes obtenus par l'analyse de groupement (figure 2) se retrouvent également représentés sur le plan de projection. Le quadrant inférieur droit correspond à peu de chose près au groupe 2 du dendrogramme soit au groupe des substances organiques. Le quadrant supérieur droit peut-être associé au groupe 3 à savoir à la conductivité et au plomb. Les quadrants de gauche sont associés au groupe 1, relié au brome et aux nitrates. La figure 5 représentant la position des éléments dans le plan fait ressortir l'importance relative des différentes stations par rapport aux variations des concentrations des composés chimiques mesurés. La position éloignée de la station FP-17 par rapport à l'axe I indique que cette station a obtenu les valeurs les plus élevées en benzène, en chlorophénol, en styrène et

en phénol. De la même façon, les concentrations d'éthylbenzène et de toluène étaient les plus élevées à la station FP-26 tandis que les valeurs d'ammoniac, de chlore et de COT étaient les plus grandes aux stations FP-12 et FP-31.

Par ailleurs, les stations situées dans le quadrant inférieur droit (FP-10, FP-11, P-17, FP-26, FP-27, FP29), peuvent être associées aux phases flottantes d'hydrocarbures retrouvées sur le site. La position des points correspondant aux échantillons d'eau prélevés dans le fleuve (ER-1, ER-2, ER-3, ER-4) et dans le fossé (ES-1) est attribuable aux concentrations élevées en nitrates (quadrant inférieur gauche, figure 3) à ces stations, donc à la présence d'une eau plus oxygénée. La présence de la majorité des points ou des stations à proximité de l'ordonnée à l'origine s'explique par la faible amplitude des variations des concentrations mesurées à ces stations (variance faible).

- sol - 1988

Le plan représenté par les deux premières composantes (figures 6 et 7) explique au total 29 % de la variance (axe I: 17 %; axe II: 12 %). Le premier axe du graphique, variable est associé principalement aux phénols, aux HAP, à l'éthylbenzène et au benzo(a)anthracène. L'axe II est expliqué surtout par les métaux dans sa partie positive, et par le benzène, le xylène et le toluène (CAM) dans sa partie négative.

A l'instar des résultats obtenus pour l'eau de surface et l'eau souterraine, les dendrogrammes obtenus pour les données de sol peuvent être superposés sur le plan de projection des variables. On obtient alors deux groupes principaux. Un premier groupe est associé à la portion positive de l'axe II et correspond aux métaux (figure 3, groupe 1). Le second groupe est caractérisé par les substances organiques et est associé à la partie négative de l'axe II (groupe 2). Ce dernier groupe se subdivise en trois sous-groupes tel que définit sur le dendrogramme à savoir: le chorophénol et le benzo(a)pyrène (2a); les phénols, les HAP, l'éthylbenzène et le benzo(a)anthracène (2b); les CAM, les huiles et graisses, les chlorures et la profondeur (2c).

L'analyse du graphique des éléments nous permet d'associer aux variables ou groupes de variables, les stations dont les variations des concentrations mesurées sont les plus fortes sur le site. Ainsi la station FP15 (12.5 m) peut être associée au groupe 2b (figure 6) et correspond à la station où les valeurs mesurées en HAP, en phénol et en éthylbenzène sont les plus élevées. Quant à la station FP29 (9.0 m), celle-ci peut-être reliée au groupe des CAM (2c) et sa position sur le graphique indique que de fortes concentrations de xylène et de benzène y sont retrouvées. Les stations FP22 (1.8 m), FP11 (7.0 m), FP14 (2.5 m), FP14 (6.0 m) correspondent aux relevés dont les concentrations en métaux (groupe 1) ont été les plus fortes.

3.5.4 Analyses de variance non-paramétriques

Une analyse de variance non-paramétrique (Kruskall-Wallis) a été réalisée dans le but de comparer les concentrations des différents composés chimiques mesurés dans le sol (31 stations d'échantillonnage - 66 prélèvements), entre la couche située au dessus et en dessous de la nappe phréatique, localisée à plus de 4 mètres dans la zone de dépôt. Les résultats indiquent que les concentrations de soufre total, d'ammoniac, de chlore, de toluène, de benzène et de xylène obtenues dans la zone de plus de 4 mètres sont significativement plus élevées ($p < 0.05$) que celles mesurées à moins de 4 mètres. Cette différence coïncide possiblement avec de fortes concentrations de ces substances dans l'eau interstitielle à plus de quatre mètres, favorisant leur adsorption par le sol à cette profondeur.

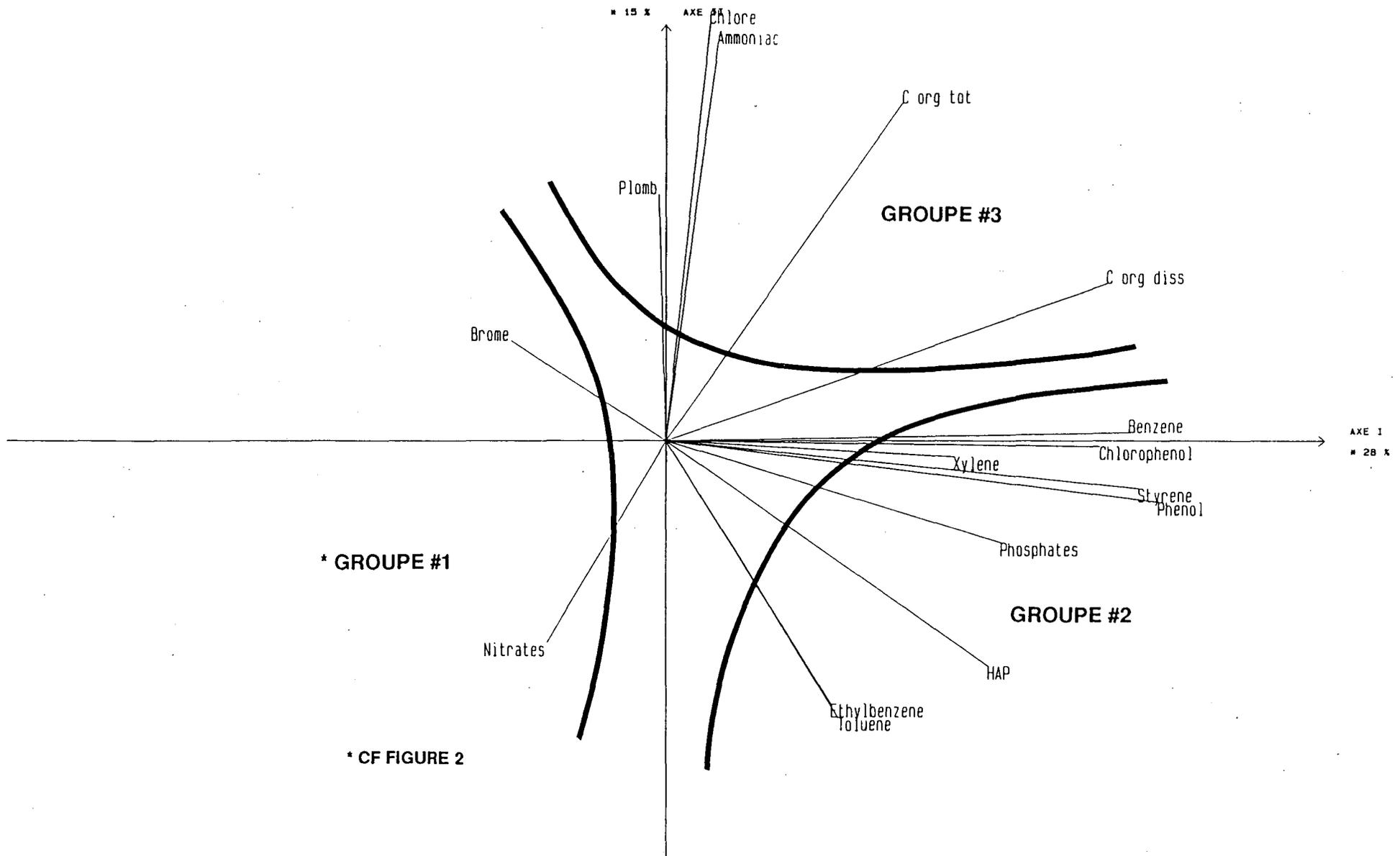


Figure 4 - Représentation dans l'espace réduit formé par les deux premières composantes principales, des variables physico-chimiques mesurées dans l'eau souterraine et de surface à l'Adacport en 1988.

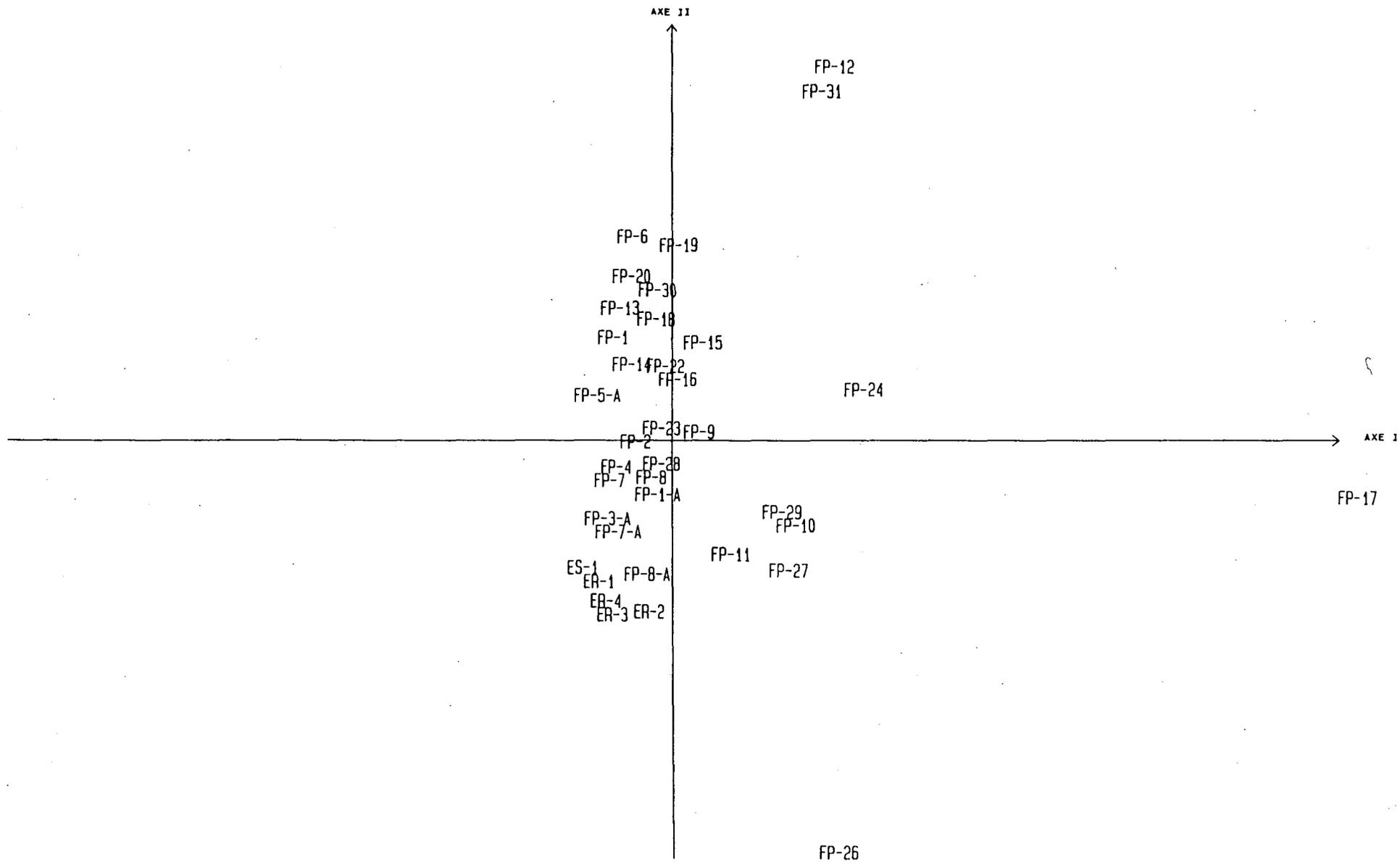


Figure 5 - Représentation dans l'espace réduit formé par les deux premières composantes principales des stations d'échantillonnage de l'eau souterraine et de surface à l'Adacport en 1988.

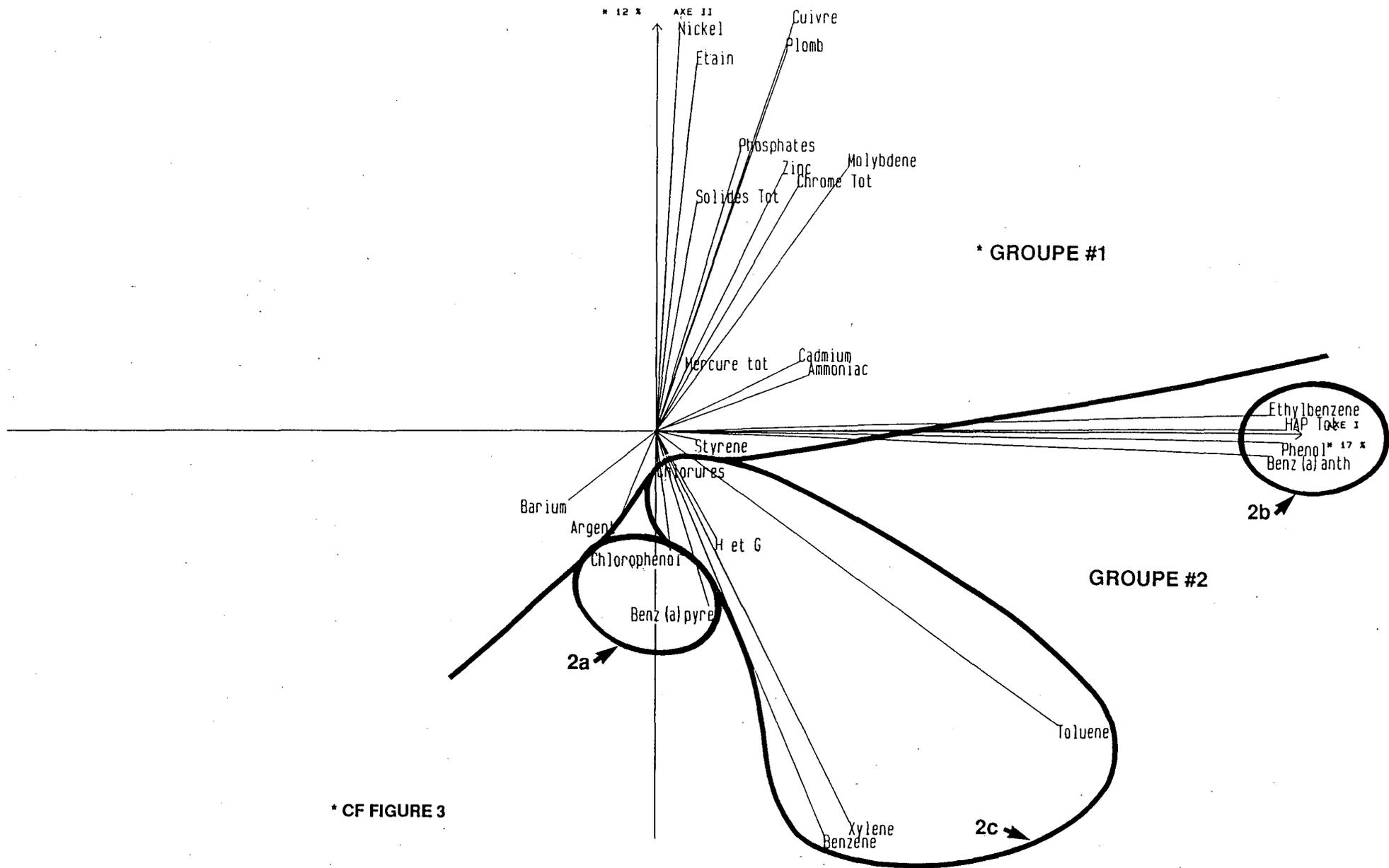


Figure 6 - Représentation dans l'espace réduit formé par les deux premières composantes principales, des variables physico-chimiques mesurées dans le sol de l'Adacport en 1988.

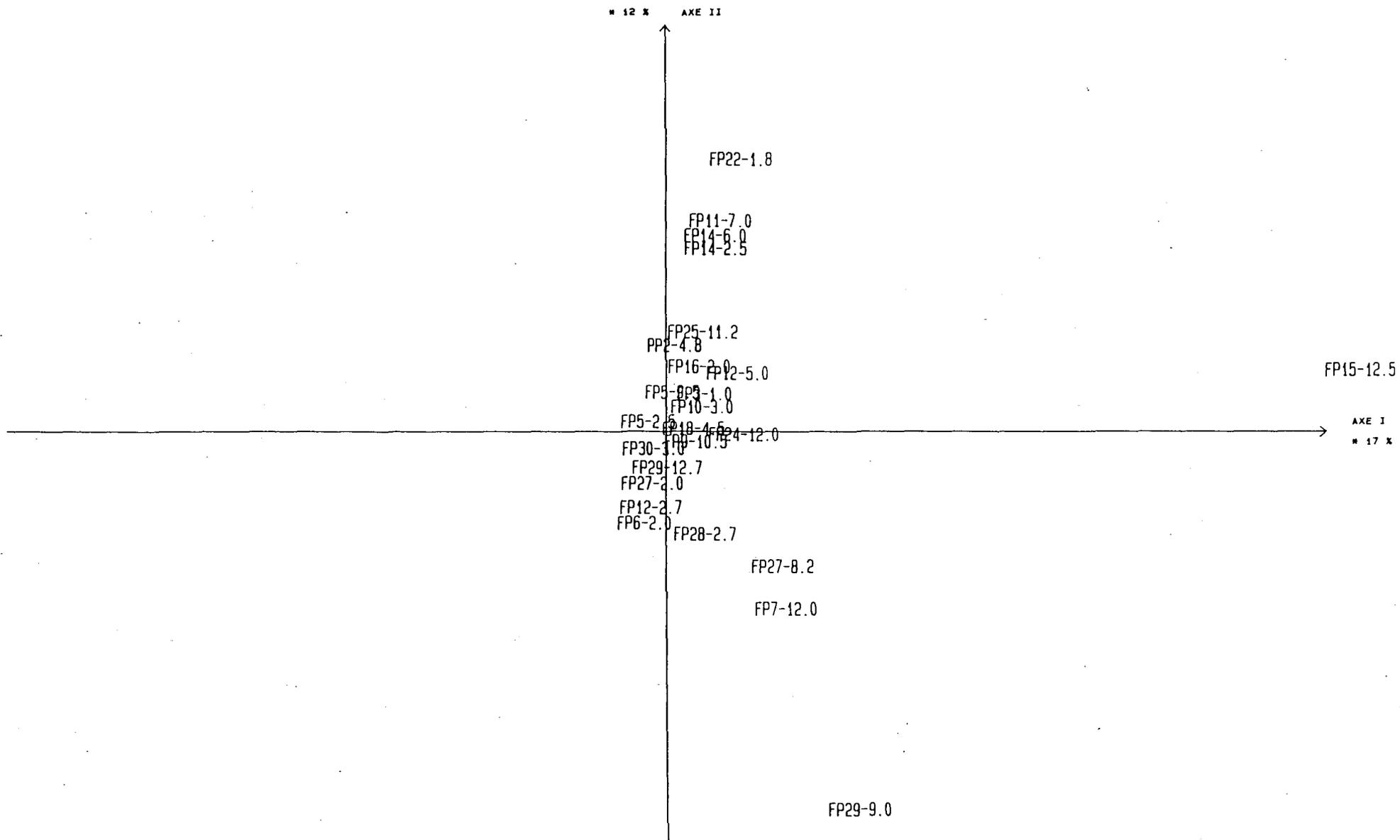


Figure 7 - Représentation dans l'espace réduit formé par les deux premières composantes principales, des stations d'échantillonnage du sol de l'Adacport en 1988.

4.0 DISCUSSION

L'objectif premier des 21 études évaluées dans ce rapport consiste généralement à obtenir une caractérisation adéquate du site d'enfouissement pour une période donnée à partir d'un effort d'échantillonnage "raisonnable". L'analyse des données physico-chimiques de l'eau de surface, de l'eau souterraine et du sol se limite le plus souvent à une comparaison des valeurs obtenues avec une norme ou des critères indicatifs tels que ceux définis par le MENVIQ. Cette approche permet de déterminer les stations dépassant une norme prescrite et d'envisager des mesures correctives pour remédier à la situation. Ces études ne tiennent donc pas compte de l'utilisation possible des données dans le cadre d'analyses statistiques des variations spatiales ou temporelles intra- ou inter-sites. Il va s'en dire que l'hétérogénéité des données provenant des ces études en terme de nombre de variables mesurées par site, de nombre de stations ou de profondeurs échantillonnées, de précision des analyses chimiques (limite de détection, réplicats) ou de fréquence d'échantillonnage, limite considérablement les analyses ou les comparaisons pouvant être réalisées. La démarche méthodologique utilisée dans ces études n'intègre en aucun temps une approche probabiliste reposant sur un plan d'échantillonnage précis et sur des méthodes d'analyses numériques appropriées.

Par ailleurs, l'utilisation d'outils statistiques à partir de données hétérogènes permet de compléter l'évaluation environnementale d'un site en donnant une image différente, basée non pas uniquement sur un critère ou une norme, mais sur la variabilité réelle des données telle que mesurée sur le site à partir des prélèvements. Dans ce contexte, l'utilisation dans un premier temps des statistiques descriptives simples (effectif, moyenne, minimum, maximum, coefficient de variation, etc.) permet généralement de détecter rapidement les variables ou composés chimiques ayant varié de façon importante sur l'ensemble du site ou dans des zones prédéterminées. L'analyse de ces statistiques à partir de tableaux-synthèse ou d'histogrammes facilite l'évaluation préliminaire d'un site. D'autres méthodes d'analyses telles les corrélations simples ou les analyses en composantes principales, permettent de compléter cette première évaluation en synthétisant l'information afin de déterminer d'une part, les

variables ayant un comportement similaire dans l'eau ou le sol sur l'ensemble du site, et d'autre part identifier les stations problématiques ou à tout le moins celles dont les variations spatiales ou temporelles des concentrations sont les plus grandes.

- le cas de l'Adacport

Le cas de l'Adacport met en évidence les possibilités qu'offrent les méthodes statistiques pour la caractérisation d'un site. L'analyse des statistiques descriptives obtenues dans un premier temps pour l'eau souterraine et le sol a permis de constater une forte variabilité (exprimée par les coefficients de variation) des concentrations mesurées sur l'ensemble du site pour la majorité des variables mesurées. Si on suppose que l'imprécision associée aux analyses de laboratoire est négligeable, cette variabilité indiquerait alors une répartition très hétérogène des contaminants sur le site compte tenu que les prélèvements ont été faits à de nombreuses stations disséminées sur l'ensemble du site et à différentes profondeurs.

Les analyses de groupement et en composantes principales ont permis de résumer les relations entre les différentes variables et d'associer les variations les plus importantes à des secteurs précis du site. Ainsi, la superposition des groupes de variables corrélées issus des dendrogrammes (figures 2 et 3) avec les graphiques variables des analyses en composantes principales (figure 4 et 6) illustre bien les familles de substances chimiques ayant un comportement similaire dans l'eau ou le sol. Dans le cas des données de l'eau souterraine et de surface, les composés aromatiques monocycliques (éthylbenzène, xylène, toluène, styrène) ainsi que les composés phénolés (phénols, les chlorophénols) forment un groupe homogène que l'on pourrait appeler "les substances organiques" (figure 1). Ces résultats peuvent être facilement associés à la présence d'une phase flottante d'hydrocarbures découverte sur le site (ADS et associés, 1988). Dans le cas des métaux mesurés dans l'eau, ils sont généralement non-détectables à l'exception du plomb. Cette dernière variable forme un groupe distinct avec la matière organique (COT, COD), la conductivité, le chlore et l'ammoniac. De ces deux groupes principaux, il est possible d'identifier une ou plusieurs

substances pouvant alors jouer un rôle d'indicateur notamment dans le cadre d'un suivi des variations temporelles sur ce site. En effet, si l'on choisit par exemple le benzène et les huiles et graisses non volatiles comme représentatif du "groupe des organiques", la conductivité comme indicateur des ions présents dans l'eau (particulièrement du chlore et de l'ammoniac) et le plomb (cette substance étant le seul métal retrouvé en excès dans l'eau de surface et souterraine), il est alors possible de suivre adéquatement l'évolution du site sachant que l'information contenue dans ces variables indicatrices peut se être associée aux autres variables du même groupe. L'utilisation de modèles de régression établis à l'aide de ces données pourraient par la suite permettre d'estimer plus précisément les concentrations des variables non mesurées à partir des variables indicatrices mesurées dans le cadre d'un suivi.

Par ailleurs, l'analyse de la position des stations d'échantillonnage sur le graphique des éléments de l'ACP permet d'identifier des groupes de stations dont les variations physico-chimiques sont les plus importantes: les stations soumises à une phase flottante d'hydrocarbures (FP-17, FP-26); les stations affectées par des variations importantes de chlorures, d'ammoniac et de plomb (particulièrement les stations FP-12 et FP-31); et finalement les stations associées aux eaux de surface et du fleuve Saint-Laurent (ER-1,2,3,4, ES-1), bien oxygénées et dont les concentrations en nitrates sont élevées. Ce graphique permet alors d'identifier directement les stations problématiques et indirectement à partir du graphique des variables, les substances en cause. Il est ensuite possible d'envisager des mesures correctives ou de suivi pour ces stations et pour les substances identifiées.

Une évaluation similaire peut être faite pour les données de sol. D'une manière générale, les CAM, les HAP et les phénols forment un groupe homogène de substances associées aux huiles et graisses (figure 3). Les métaux montrent un comportement très semblable entre eux, mais bien distinct du groupe des substances organiques. L'analyse du dendrogramme permet également d'identifier plusieurs substances isolées ayant un comportement particulier par rapport aux deux groupes principaux (ex.: le soufre, l'argent, le baryum, etc.). La position des vecteurs variables (substances) dans le plan de projection de l'ACP

fait ressortir ces deux principaux ensembles (figure 6). Il est encore une fois possible dans le cas de ces groupes, d'identifier une ou plusieurs variables pouvant servir d'indicateur dans le cadre d'un suivi (ex.: Pb et Hg pour les métaux; HAP, Benzène, Phénol, H&G NV pour les organiques). Le choix de l'une ou l'autre de ces variables peut évidemment tenir compte de leur valeur indicative par rapport aux critères d'évaluation du MENVIQ. En ce qui a trait aux stations ou groupes de stations pouvant être identifiés à partir du graphique des éléments de l'ACP (figure 7), on peut en distinguer trois principaux: le groupe associé aux métaux (FP11-7.0 m, FP14, FP22-1.8 m), la station affectée par les HAP et le phénols (FP15 - 12.5m) et le groupe relié aux CAM et aux huiles et graisses non volatiles (FP29- 9.0 m, FP7-12.0 m, FP27-8.2 m, FP28, 2.7 m). A l'instar des stations problématiques identifiées précédemment dans le cas de l'eau souterraine et de surface, ces stations pourraient faire l'objet d'un échantillonnage plus serrée ou de mesures correctives pour réduire ou éliminer les variations observées pour certaines variables.

Un autre type d'analyse statistique utilisée sur les données de l'Adacport a permis de comparer les concentrations de différentes substances mesurées dans le sol entre la couche située au dessus et celle en dessous de la nappe phréatique située à environ 4 mètres de profondeur. L'analyse de variance non-paramétrique (Kruskall-Wallis) a ainsi permis d'identifier le soufre total, l'ammoniac, le chlore, et un groupe de CAM (toluène, benzène, xylène) comme étant les substances dont les concentrations dans le sol sont significativement ($p < 0.05$) plus élevées au niveau de la nappe phréatique (4 mètres et plus) par rapport à la couche superficielle (0-4 mètres). Ces résultats laissent supposer que ces substances auraient tendance à s'accumuler au niveau de la nappe phréatique après avoir possiblement migré via l'eau de percolation depuis la surface et s'être adsorbé aux particules de sol. L'utilisation de cette analyse permet donc de tester sur une base probabiliste, des différences spatiales (inter-profondeurs), en se libérant notamment des contraintes méthodologiques liées à la normalité et à l'homogénéité des variances. Il est alors possible d'obtenir une image plus complète du phénomène en cause et de répondre directement à une question précise.

5.0 CONCLUSION

Les résultats de cette étude dévoilent une utilisation possible des analyses statistiques au niveau de la caractérisation et de la mise en place d'un plan d'intervention. Toutefois les contraintes reliées notamment à l'hétérogénéité des données en terme de fréquence et de répartition des stations d'échantillonnage ou de niveau de précision des analyses physico-chimiques, limitent considérablement les analyses statistiques pouvant être réalisées sur ces données historiques. Afin d'optimiser l'utilisation des données recueillies et de minimiser les coûts associés à leur obtention, il importe de bien comprendre la place de ces différents traitements statistiques compte tenu des objectifs poursuivis dans le cadre d'une caractérisation ou du suivi d'un site, et de bien les situer à l'intérieur d'un cadre méthodologique (figure 8). Les paragraphes qui suivent présentent les différentes étapes de la démarche méthodologique. Cette démarche visent essentiellement à uniformiser la procédure d'évaluation environnementale liée à la contamination de sites d'enfouissement et à optimiser l'utilisation des données issues des campagnes d'échantillonnage.

Il s'agit tout d'abord de procéder à une évaluation complète du problème (problématique) compte tenu des objectifs généraux de l'étude pouvant être d'ordre théorique (ex. compréhension du système ou de son fonctionnement) ou pratique (gestion des ressources, motivations économiques, etc.). Une revue des informations disponibles (état des connaissances) sur le site à l'étude facilite la compréhension du problème. Cette revue passe généralement par l'analyse des données historiques comprenant entre autres les caractéristiques géologiques et hydrologiques et physico-chimiques du site, le type d'utilisation du terrain. A ces données s'ajoute parfois le compte rendu d'observations directes du site et l'avis d'experts dans le domaine sur la problématique. Toutes les relations connues entre les différents facteurs en cause relatifs à la contamination d'un site donné et l'importance des liens de causalité entre ceux-ci doivent être alors précisées. Parmi les facteurs pouvant intervenir dans le cadre d'un problème lié à la contamination d'un site, mentionnons: la localisation des déchets, le type de déchets, la topographie et la géologie du site, la profondeur de la nappe phréatique, les directions d'écoulement des eaux de ruissellement

et souterraine, la présence de sources d'approvisionnement en eau potable à proximité, etc. L'intégration de ces facteurs à l'intérieur d'un prémodèle permet alors de focaliser les énergies en donnant un cadre de réflexion et un cheminement logique pour définir précisément les buts et objectifs de l'étude, et pour émettre des hypothèses de travail.

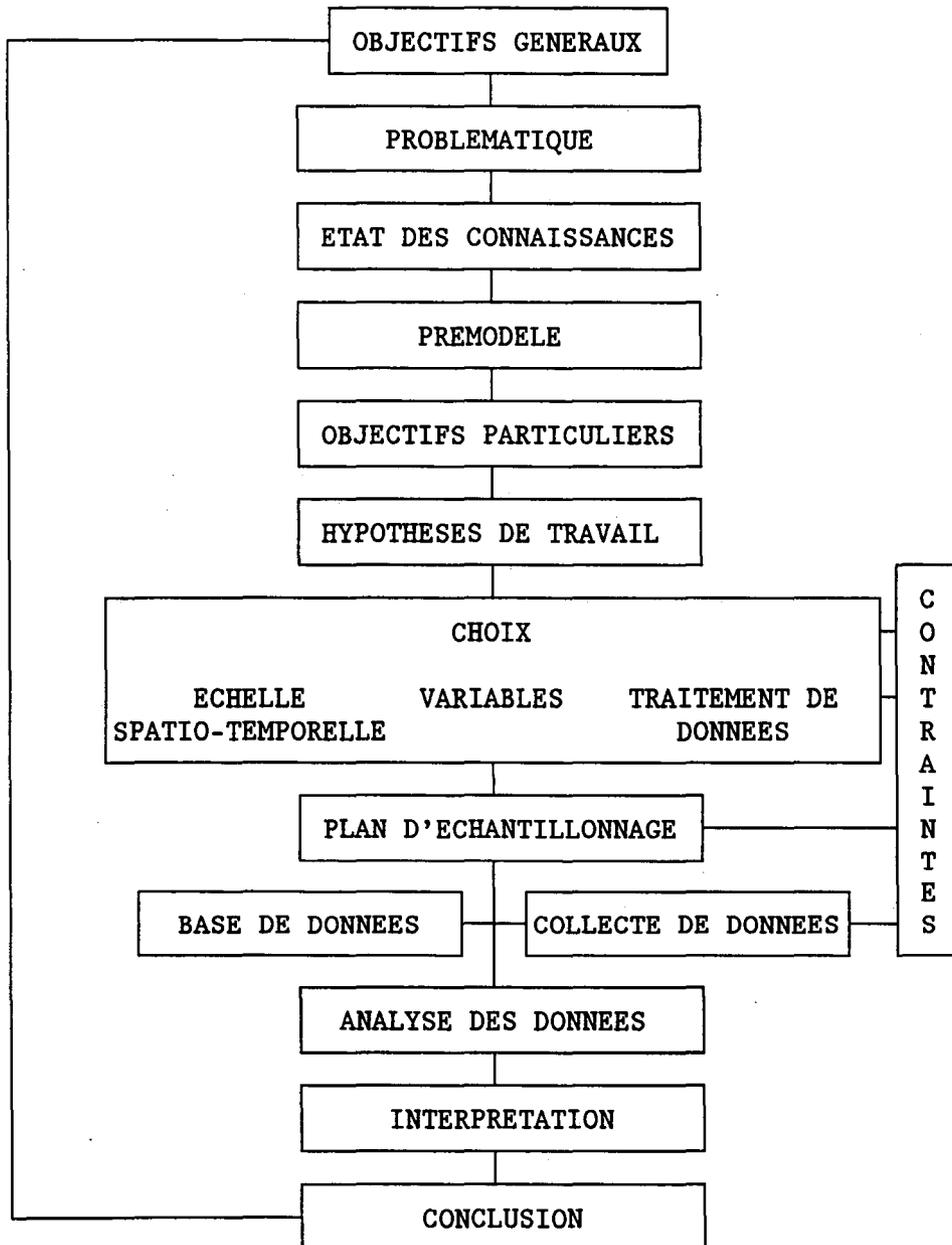


Figure 8: Démarche méthodologique pour l'évaluation d'un site d'enfouissement

Le prémodèle peut ainsi prendre la forme d'une figure schématisant l'ensemble des relations causales entre les facteurs ou paramètres impliquées (type "black-box", organigramme, etc), ou d'un schéma illustrant le site à l'étude en y indiquant les flux ou les voies de transfert d'énergie et de matières.

Les hypothèses de travail ou les questions auxquelles doit répondre le gestionnaire peuvent s'exprimer en terme d'**estimation** (ex.: quantités de polluants présents), de **comparaison** (ex.: augmentation ou diminution de polluants dans le temps ou dans l'espace, dépassement d'une norme), de **description** (ex.: répartition des contaminants sur un site) ou de **prédiction** (ex.: comportement prévu d'une substance dans le temps). Le choix de l'approche retenue pour une caractérisation ou un suivi est évidemment fonction des objectifs poursuivis. Qu'il s'agisse de réaliser le suivi de la contamination dans le milieu suite à des efforts de mitigation ou de restauration, ou une analyse de l'évolution d'un contaminant donné, chaque objectif exige une approche méthodologique différente et fournit un sous-ensemble complémentaire de réponses.

La réponse à aux différents objectifs doit considérer une série de choix méthodologiques afin d'évaluer le plus précisément possible l'état d'un site d'enfouissement. Qu'il s'agisse du choix de l'échelle spatio-temporelle en terme de nombre de stations et de fréquence d'échantillonnage, des variables indicatrices à mesurer, du traitement de données à entreprendre, du type de plan d'échantillonnage à utiliser, ou des méthodes de collecte et d'analyses des échantillons, chaque choix doit prendre en considération les contraintes techniques, économiques ou sociales qui apparaissent inévitablement à chaque niveau décisionnel ou étape de la démarche méthodologique.

- choix de l'échelle spatio-temporelle

D'une manière générale le choix des points de prélèvement (stations d'échantillonnage) et de la fréquence d'échantillonnage des études de caractérisation permet une évaluation ponctuelle des sources de contamination sans donner nécessairement une image précise de l'évolution future de cette contamination.

Le choix du nombre de points de prélèvement à considérer pour une évaluation adéquate d'un site donnée doit être fonction du volume contaminé et non pas uniquement de la superficie affectée par la contamination. On doit tenir compte également l'importance relative de chaque strate ou zone homogène sur le site dans le calcul du pas spatial (distance entre chaque point de prélèvement). Dans la majorité des études, chaque point de prélèvement se rapporte à une position associée à une coordonnée X (longitude), Y (latitude) et Z (profondeur).

La fréquence d'échantillonnage doit évidemment tenir compte des objectifs de l'étude et refléter l'évolution anticipée de la contamination du site compte tenu du type de contaminants en présence et des particularités hydrologiques, géologiques voire socio-économiques du site en question. Dans la plupart des études de caractérisation, la dimension temporelle est généralement associée à une journée.

D'un point de vue statistique, un point de prélèvement échantillonné à un moment donné est considéré comme étant un élément de la population statistique ou de l'échantillon tiré de cette population. Chaque élément (ou ligne d'une matrice) correspond ainsi à un prélèvement d'eau ou de sol associé au trio "station-profondeur-date".

- choix des variables

Les différentes variables mesurées sur les prélèvements d'eau ou de sol couvrent généralement une vaste gamme de composés organiques, inorganiques et parfois biologiques. La connaissance a priori des relations existant entre ces variables compte tenu des résultats de caractérisation obtenus sur des sites comparables, peut permettre de sélectionner quelques variables indicatrices d'une famille de composés (ex. CAM), évitant ainsi d'analyser en laboratoire un très grand nombre de substances et diminuant par le fait même les coûts associés à ces analyses.

- choix du plan d'échantillonnage

L'identification de zones homogènes à l'intérieur du site, suite à l'analyse des informations disponibles, est la première étape visant la définition de critères de stratification (ex.: présence de la nappe phréatique, stratigraphie, directions d'écoulement, etc). Ces critères ou unités de stratification lorsque utilisés à l'intérieur d'un plan d'échantillonnage systématique devrait permettre dans la majorité des cas de caractériser adéquatement le site à l'étude tout en donnant accès à une panoplie de méthodes statistiques pour le traitement des données. Les estimateurs de ce plan étant basés sur ceux développés pour les plans d'échantillonnage aléatoire simple (EAS), on obtient alors un échantillon que l'on peut qualifier de représentatif.

- choix du dispositif de mesure

Les limites associées à la précision du dispositif de mesure (piézomètres, spectrophotomètre, etc.) en terme de justesse (sur ou sous-estimation systématique des mesures), de fidélité (reproductibilité) ou de sensibilité (limite de détection) doivent être considérées lors de l'analyse des résultats. Il s'agit en d'autres mots de tenir compte de la précision des mesures compte tenu de l'appareil d'échantillonnage ou d'analyse utilisé.

L'utilisation de répliqués aux différents points de prélèvement du site et de "blancs" lors des analyses en laboratoire devrait permettre de contrôler la qualité des résultats produits et d'évaluer la variabilité associée au dispositif de mesure.

- choix des méthodes de traitement de données

Le calcul de statistiques descriptives (moyennes, coefficients de variation, histogrammes, diagramme en bâton, etc.) allié à une utilisation de méthodes multivariées permet d'apprécier les changements spatio-temporels observés au niveau de la contamination d'un site. Les analyses de groupement et d'ordinations (analyse en composantes principales) permettent de décrire

l'ensemble des relations existant entre les différentes variables mesurées et d'identifier celles pouvant servir d'indicateur. Ces méthodes permettent également de déterminer les stations faisant l'objet d'une contamination importante en terme de variations spatiales ou temporelles. Les analyses de variance et les tests de comparaisons multiples donnent au gestionnaire le moyen de comparer statistiquement des variations spatiales (inter-station ou inter-profondeur) ou temporelles (inter-date) d'un ensemble de données. D'autres méthodes d'analyses spatiales, telles les techniques de "kriging" ou les variogrammes, permettent de cartographier les isolignes de concentrations des contaminants mesurés sur un site (revue des méthodes dans Legendre et Fortin, 1989). Ces méthodes demandent toutefois un ensemble de données adéquat issu d'un plan d'échantillonnage systématique pour réaliser les calculs.

- Collecte de données et base de données

La collecte des données sur le terrain, tout comme les résultats de laboratoire, doit s'effectuer à partir de fiches de codification standardisées afin de faciliter la saisie de ces informations à l'intérieur d'une base de données. La mise au point d'un système informatisé de gestion des données permet alors de colliger les données, d'accélérer le processus de traitement et d'analyse de données, et finalement de faciliter l'interprétation des résultats.

- Analyse des données et interprétation

L'analyse et l'interprétation des données suite au traitement informatique et statistique doit permettre de répondre aux objectifs fixés. Cette analyse doit faire appel aux compétences des spécialistes associés au projet dans le cadre d'une approche multidisciplinaire. Les conclusions de l'étude doivent améliorer la compréhension du problème et permettre de poursuivre le suivi du site via un nouveau cycle de la démarche méthodologique.

6.0 RECOMMANDATIONS

En vue de jalonner l'implantation de la démarche méthodologique, nous proposons les actions suivantes:

- 1- Resserer l'approche méthodologique actuelle en vue de la faire converger vers celle proposée;
- 2- Poursuivre la recherche et le développement dans l'analyse statistique des données de caractérisation de site d'enfouissement. L'étude plus poussée de l'utilisation des statistiques multivariées et de l'analyse de "kriging" doit être faite, notamment en ce qui a trait au comportement spatio-temporel des contaminants;
- 3- Mettre sur pied un projet pilote qui procéderait pendant quelques années à l'application et au raffinement de la démarche proposée. Ce projet devrait permettre de:
 - tester divers plans de sondage (stratifications, effectifs, pas spatial et temporel, etc.);
 - valider l'utilisation de statistiques pour dresser un portrait synthétique et dynamique des sites contaminés; tester différentes analyses;
 - valider la pertinence de l'utilisation d'indicateurs qui reflètent l'évolution spatiale et temporelle de la contamination ou les résultats d'une intervention;
 - développer des outils de description et de prévision de l'évolution de la contamination des site.
- 4- Implanter un système informatisé de gestion des données de sites d'enfouissement afin de colliger les informations générées par les différentes études de caractérisation et de restauration. Une standardisation des méthodes de prélèvement et d'analyses de laboratoire devrait également être réalisée afin d'uniformiser les résultats qui seront ajoutés dans la base de données.

BIBLIOGRAPHIE

- ADS Associés ltée. 1988. Caractérisation du site et des environs de l'Adacport. N/N 36-136, U/D 88F33A - rapport préliminaire + annexes.
- Aménatech inc. 1985. Etude supplémentaire de six sites de disposition de déchets solides sur les terres fédérales au Québec. N/D: 5-6204-547. pour Environnement Canada. 91 pages + annexes.
- Aménatech inc. 1986. Site du camp Bouchard - hydrogéologie et étude d'impact. version finale. pour le Ministère de la Défense du Canada. 66 pages + annexes.
- Aménatech inc. 1986b. Extension of the characterization study of landfill sites on the Kahnawake reserve. N/D: 5-6262-286. presented to the Mohawk Council of Kahnawake. 101 pages + annexes.
- Cartier et Monenco. 1986. Hydrogeological study and soil investigations at the Pétro-Canada Anjou Refinery. Volume 1 à 4. Pour Pétro-Canada.
- Foratek International inc. 1986. Etude hydroéologique du site de disposition de déchets no 06-01-05 Patton situe sur la réserve indienne de Kanawake - phase III. Rapport final. no 768. pour Environnement Canada. 147 pages + annexes.
- Frontier, S. 1982. Stratégies d'échantillonnage en écologie. Masson, Paris. 494 pages.
- Golder Associates. 1986a. Hydrogeological investigation Deloro Landfill, Timmins. 861-1135-2. 31 pages + annexes.
- Golder Associates. 1986b. Hydrogeological investigation Bethel-Lampman Quarry, Bethel. 861-1136. 45 pages + annexes.
- Golder Associates. 1987a. Hydrogeological investigation town of Cochrane landfill Cochrane, Ontario. 861-1135-1. 37 pages + annexes.
- Golder Associates. 1987b. Hydrogeological investigation. Ennismore township landfill. Ennismore. 861-8028. 50 pages + annexes.
- Golder Associates. 1987c. Hydrogeological investigation McChesney wood waste landfill, Timmins. 861-1135. 32 pages + annexes.
- J. L. Richards & Associates limited. 1986. Investigation of ground and surface water contamination of the Alice and Fraser township sanitary landfill site. JLR 86-9508. 47 pages + annexes.

- Jackson, R.E., F.J. Patterson, B.W. Graham, J. Barr, D. Bélanger, J. Lockwood et M. Priddle. 1986. Hydrogéologie des contaminants organiques toxiques à un site d'enfouissement, Gloucester (Ontario). 1. Propriétés chimiques et évaluation du site. Rapport INRH no. 23, étude no 141, DGEI. Ottawa. 118 pages.
- Legendre, L. et M-J Fortin. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. Vegetatio (sous presse). 28 pages.
- Legendre, L. et P. Legendre. 1984. Ecologie numérique. Tome I: le traitement multiple de données écologiques; Tome II: la structure des données écologiques. 2 éd., Masson, Paris.
- LGL ltée. 1984. Solid waste disposal sites on federal properties in Quebec. Phase 2: Indian reserve. pour Environnement Canada. 91 pages + annexes.
- McGill Geotechnical Research Center. 1988. Contaminant species migration in the Patton site of Kahnawake. First preliminary report. Environnement Canada. 47 pages + annexes.
- MENVIQ. 1987. Caractérisation de l'ancien Dépotoir de la ville de LaSalle, rapport de caractérisation. Ministère de l'environnement du Québec, direction générale du milieu terrestre, direction des substances dangereuses. 78 pages + annexes.
- MENVIQ. 1988. Terrain de la compagnie SIDBEC-DOSCO. rapport de caractérisation. site 06-01-13. Ministère de l'environnement du Québec, direction des substances dangereuses. 71 pages + annexes.
- Planigram inc. 1988. East-Sullivan. pour le ministère de l'Environnement. 85 pages + annexes.
- Polytec inc. et ADS associés ltée. 1988. Etudes environnementales - Vieux port de Chicoutimi - phase III. rapport préliminaire.
- Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaétan Morin éd., Chicoutimi. 850 pages.
- Sneath, P.H.A. et Sokal R.R. 1973. Numerical taxonomy - the principles and practice of numerical classification. W.H. Freeman, San Francisco. 573 pages.

Annexe 1: Liste des variables physico-chimiques et biologiques

no.	code	Description	Unité
1	3	Granulométrie	
2	4	Niveau d'eau	m
3	10	pH	
4	20	Température	deg. C.
5	30	Conductivité spécifique	umhos/cm
6	31	Conductivité	meq/l
7	50	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
8	60	Dureté totale	mg/l
9	105	Redox	mV
10	106	force ionique	
11	110	Matières en suspension	mg/l
12	135	Solides totaux dissous	mg/l
13	180	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
14	209	Turbidité	NTU
15	267	Carbone 14	ug/l
16	300	Plomb (essence)	mg/l
17	301	Plomb	ppm
18	310	Sélénium	ppm
19	320	Cadmium	ppm
20	330	Zinc	ppm
21	341	Potassium	mg/l
22	351	Mercure total	ppm-mg/kg
23	360	Cobalt	ppm
24	370	Manganèse	ppm
25	390	Vanadium	ppm
26	400	Béryllium	ppm
27	410	Argent	ppm
28	415	Argon	mg/l
29	420	Titane	ppm
30	430	Nickel	ppm
31	440	Cuivre	ppm
32	451	Chrome total	ppm
33	460	Fer	ppm
34	471	Aluminium	mg/kg-mg/l
35	480	Baryum	ppm
36	485	Bore	ppm
37	495	Brome	mg/l
38	497	Thorium	mg/l
39	500	Arsenic	ppm
40	510	Etain	ppm
41	530	Magnésium	ppm
42	540	Calcium	ppm
43	551	Sodium	ppm
44	560	Strontium	mg/kg-mg/l
45	570	Silice	%
46	575	Molybdène	mg/kg-ppm
47	580	Hydrocarbures	ppm
48	610	Sulfates	mg/l

Annexe 1: (suite)

no.	code	Description	Unité
49	620	Sulfures	mg/l
50	621	Sulf. tot.	mg/l
51	631	Cyanures totaux	ppm
52	640	Chlorures	mg/l
53	650	Fluorures	mg/l
54	675	Phosphates totaux	mg/kg-mg/l
55	676	Phosphates eau souterraine	mg/l
56	677	Phosphates	mg/l
57	690	Nitrites	mg/l -N
58	691	Nitrates	mg/l-N
59	700	Azote total Kjeldahl	ppm-N
60	705	N(AM)	mg/l
61	710	Azote ammoniacal	mg/l -N
62	731	Azote total	mg/l
63	809	Phénols	ug/l
64	811	COD Chemical oxygen demand	mg/l
65	812	BOD Biologic oxygen demand	mg/l
66	813	DOC Dissolved organic carbon	mg/l
67	855	Carbonates	(bar)
68	856	Bicarbonates	mg/l
69	857	Carbonates	mg/l
70	871	Carbone organique total	mg/l
71	881	Carbone inorganique total	mg/l
72	882	DIC	mg/l
73	975	Coliformes totaux	/100ml
74	995	Coliformes fécaux	/100ml
75	1005	Streptocoques fécaux	/100ml
76	1225	Algues	t.u.
77	1340	Bactéries (MICROTOX)	U.T.
78	2005	Acetone	ug/l
79	2010	Benzène	ug/l
80	2030	Bromoform	ug/l
81	2060	Chlorobenzène	ug/l
82	2070	Chloroéthane	ug/l
83	2090	Chloroforme	ug/l
84	2140	1,1 - Dichloroéthane	ug/l
85	2150	1,2 - Dichloroéthane	ug/l
86	2160	1,1 - Dichloroéthylène	ug/l
87	2162	tricl éthylène	ug/l
88	2163	4Cl éthylène	ug/l
89	2164	12dicl éthylène	ug/l
90	2180	1,2 - Dichloropropane	ug/l
91	2200	Ethylbenzène	ug/l
92	2210	Méthylène Chloride	ug/l
93	2221	4Cléthane	ug/l
94	2231	trans12 éthène	ug/l
95	2232	3Cl éthène	ug/l
96	2233	4Cl éthène	ug/l

Annexe 1: (suite)

no.	code	Description	Unité
97	2240	Toluene	ug/l
98	2250	1,1,1 - Trichloroéthane	ug/l
99	2300	Di-Chlorométhane	ug/l
100	3015	HCB	ug/l
101	3020	alpha-BHC	ug/kg
102	3030	beta-BHC	ug/kg
103	3067	Cis- Chlordane	ug/l
104	3068	Trans- Chlordane	ug/l
105	3079	p,p' - DDD	ug/l
106	3082	p,p'- DDT	ug/l
107	3083	o,p'- DDD	ug/l
108	3084	p,p'- DDE	ug/l
109	3090	alpha-Endosulfan	ug/kg
110	3125	bpc	
111	3159	BPC totaux	ug/kg-ug/l
112	3160	BPC totaux	mg/kg
113	3235	Total Halogène	ug/l
114	3250	Dieldrine	ug/kg-ug/l
115	4021	Chloro Phenols	ug/l
116	4031	2,4diCl phenol	ppm
117	4045	Dimet phenol	ug/l
118	10005	total HAP	ug/l
119	11000	Hydrocarbures Aromatiques Polynuclées	ug/kg
120	11001	Hydrocarbures Aromatiques Polynuclées	mg/kg
121	11011	Acénaphthène	ug/kg-ug/l
122	11032	Anthracène	ug/kg-ug/l
123	11040	Benzo (a) anthracène	ug/kg-ug/l
124	11060	Benzo (k) fluoranthène	ug/kg-ug/l
125	11070	Benzo (ghi) pérylène	ug/kg-ug/l
126	11081	Benzo (a) pyrène	ug/kg-ug/l
127	11085	Styrène	ug/l
128	11087	Etben xylène	ug/l
129	11088	O- Xylène	ug/l
130	11089	M+P Xylène	ug/l
131	11091	Chrysène	ug/kg
132	11103	Dibenzo Ind 123	ug/l
133	11104	Benzopyrene	ug/l
134	11105	Dibenzo (a b)Anth	ug/l
135	11110	Fluoranthène	ug/kg-ug/l
136	11121	Fluorène	ug/kg-ug/l
137	11132	Ind-123 Pyrene	ug/l
138	11141	Naphtalène	ug/l
139	11151	Phènanthrène	ug/kg-ug/l
140	11161	Pyrène	ug/kg-ug/l
141	11215	4hydro furane	ug/l
142	12015	12DiCl benzène	ug/l
143	12025	13diCl benzène	ug/l
144	12035	14diCl benzène	ug/l

Annexe 1: (suite)

no.	code	Description	Unité
145	12039	124TriCl benzène	ug/l
146	12043	1,2,5TriChlben	ug/l
147	12060	1234Tetr Clbenzène	ug/l
148	12065	1235+1245 TClbenz	ug/l
149	12071	Pentacl benzène	ug/l
150	14010	Butyl Benzylphthalate	ug/l
151	14020	Di-n-butylphthalate	ug/l
152	14021	dibut phtalate	ug/l
153	14030	Diethylphthalate	ug/l
154	14040	Dimethylphthalate	ug/l
155	14050	Di-n-octylphthalate	ug/l
156	14060	bis-(2-ethylhexyl) phthalate	ug/l
157	14063	Butbenz phtalate	ppm
158	14065	diethhex phtalate	ug/l
159	14066	dihexylphtalate	ug/l
160	14070	Phthalate	ug/l
161	15035	2ethyl éther	ug/l
162	16115	14dioxine	ug/l
163	16131	Lindane	ug/l
164	16140	Composés aromatiques monocycliques	ug/l
165	16150	aroclor 1242	ug/l
166	16160	aroclor 1254	ug/l
167	16170	aroclor 1260	ug/l
168	16171	aroclor 1260	ppm
169	16200	stérois	ug/l
170	16210	crésols	ug/l
171	16220	0- crésol	ug/l
172	16230	Anisole	ug/l
173	16240	3ethyl phosphate	ug/l
174	16241	Triethy phosphate	ppm
175	16250	3butyl phosphate	ug/l
176	16260	2butethphospha	ug/l
177	16270	2,6bimethethphenol	ug/l
178	16290	Xylene	ug/l
179	16300	Mésitylène	ug/l
180	16310	Temps Ecoulé (heure)	h
181	16320	Ben- B-Fluoranthème	ug/l
182	16360	H6CDF	ppb
183	18020	DDP	mg/kg
184	18030	Styrène	n.d.
185	18040	Chlorophénols	n.d.
186	19000	HAM Tot.	n.d.
187	19010	DibenzoInd- 123	n.d.
188	19060	Acénaphthylène	n.d.

Annexe 2: Liste des classes granulométriques

<i>classe</i>	<i>Description</i>
1	Argile et limon
2	Argile et Sable
3	Sable, gravier et roche
4	Gravier
5	Roc
6	Shale
7	calcaire
8	Dolomite et gypse
9	remblaiement
10	terre noire
11	tourbe

Annexe 3: Description du système de gestion de données

Le système de gestion de données comporte diverses unités de stockage ou fichiers, et une série de programmes permettant la saisie, la mise-à-jour ou la consultation des données de façon à pouvoir fournir un produit particulier (tableaux, liste de paramètres chimiques, etc.). Dans l'état actuel, ce système permet la consultation et la saisie des données associées aux différents rapports analysés. Ce système n'ayant servi que d'outil de gestion et de préparation des données en vue du traitement statistique, nous ne décrivons ici que les principaux fichiers utilisés dans ce projet pour la préparation des matrices pour le traitement statistique des données.

- Fichier bibliographique: biblio.dbf

Ce fichier contient les informations associées à la référence bibliographique du document analysé.

nombre d'enregistrements: 22

Champ	Nom du champ	Type	Largeur	Dec	
1	NREF	Numérique	4		Numéro de référence
2	AUTEUR	Caractère	160		Auteur
3	ANNEE	Numérique	4		Année de publication
4	TITRE	Caractère	240		Titre de l'ouvrage
5	EDITEUR	Caractère	160		Editeur

- Fichier de localisation des stations: station.dbf

Ce fichier décrit le numéro et le nom de la station, ainsi que sa position géographique.

nombre d'enregistrements: 1341

Champ	Nom du champ	Type	Largeur	Dec	
1	NREF	Numérique	4		Numéro de référence
2	SECTEUR	Caractère	1		Secteur géographique
3	STAT_NO	Caractère	12		Numéro de la station
4	STAT_NM	Caractère	50		Nom de la station
5	TYPE_COORD	Caractère	1		Type de coordonnées géographiques
6	LONGTD	Numérique	8		longitude
7	LATTD	Numérique	8		latitude

- liste des codes d'analyses chimiques: code_chi.dbf

Ce fichier contient les codes d'analyses chimiques utilisés par la Division de la Protection de l'Environnement (DPE) d'Environnement Canada. La liste originale a dû être modifiée pour tenir compte des nouvelles analyses répertoriées dans les documents lues.

nombre d'enregistrements: 657

Champ	Nom du champ	Type	Largeur	Dec	
1	CODE_PC	Numérique	5		Code d'analyse
2	DEFN	Caractère	50		Description
3	ABRV	Caractère	9		Abbréviation
4	UNITE	Caractère	11		Unités

- Analyses chimiques de l'eau: analyses.dbf

Ce fichier contient les données brutes des analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau souterraine et de surface.

nombre d'enregistrements: 20724

Champ	Nom du champ	Type	Largeur	Dec	
1	NREF	Numérique	4		Numéro de référence
2	NREFINT	Caractère	8		No. de réf. int (temporaire)
3	DATE_ECH	Caractère	8		Date d'échantillonnage
4	STAT_NO	Caractère	12		Numéro de la station
5	ECHANT_NO	Caractère	5		Numéro de l'échantillon
6	PROF_MIN	Numérique	5	1	Profondeur minimale
7	PROF_MAX	Numérique	5	1	Profondeur maximale
8	CCODE	Numérique	5		Code d'analyse (temporaire)
9	CODE_PC	Numérique	5		Code d'analyse
10	SIGNE	Caractère	1		Signe (<,>)
11	QUANTN	Numérique	15	5	Concentration

- Analyses chimiques des sols: granulo.dbf

Ce fichier contient les données brutes des analyses physico-chimiques des sols.

nombre d'enregistrements: 20635

Champ	Nom du champ	Type	Largeur	Dec	
1	NREF	Numérique	4		Numéro de référence
2	NREFINT	Caractère	8		No. de réf. int (temporaire)
3	DATE_ECH	Caractère	8		Date d'échantillonnage
4	STAT_NO	Caractère	12		Numéro de la station
5	ECHANT_NO	Caractère	5		Numéro de l'échantillon
6	PROF_MIN	Numérique	5	1	Profondeur minimale
7	PROF_MAX	Numérique	5	1	Profondeur maximale
8	CCODE	Numérique	5		Code d'analyse (temporaire)
9	CODE_PC	Numérique	5		Code d'analyse
10	SIGNE	Caractère	1		Signe (<,>)
11	QUANTN	Numérique	15	5	Concentration

Annexe 4: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Kahnawake, site Patton

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	23	Granulométrie	-
4	14	2	**Niv/eau	m
10	6	26	pH	
20	15	4	Température	deg. C.
30	10	9	Conductivité spécifique	umhos/cm
31	11	17	**Conductivité	meq/l
50	9	24	Alcalinité (CaCO3)	mg/l
60	13	18	Dureté totale	mg/l
105	12	17	**Redox	mV
106	8	17	**Ionic strenght	
110	17	4	Matières en suspension	mg/l
135	18	22	**Total Dissolved Solids	mg/l
180	59	22	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
209	16	4	**Turbidité	NTU
301	38	12	Plomb	ppm
310	49	3	Sélénium	ppm
320	33	11	Cadmium	ppm
330	39	11	Zinc	ppm
341	25	17	**Potassium	mg/l
351	48	21	Mercure total	ppm-mg/kg
360	44	3	Cobalt	ppm
370	47	13	Manganèse	ppm
400	42	3	Bérylium	ppm
410	32	9	Argent	ppm
415	176	6	Argon	mg/l
430	37	10	Nickel	ppm
440	35	10	Cuivre	ppm
451	34	11	Chrome total	ppm
460	46	14	Fer	ppm
480	41	9	Baryum	ppm
485	43	2	**Bore	ppm
500	40	3	Arsenic	ppm
510	45	4	Etain	ppm
530	23	23	Magnésium	ppm
540	22	26	Calcium	ppm
551	24	17	**Sodium	ppm
575	36	9	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	25	Sulfates	mg/l
631	58	19	Cyanures totaux	ppm
640	26	25	Chlorures	mg/l
650	31	2	Fluorures	mg/l
675	56	2	**Phosphates totaux	mg/kg-mg/l
677	66	9	**Phosphates	mg/l
690	53	15	Nitrites	mg/l -N
691	52	17	**Nitrates	mg/l-N
700	50	15	Azote total Kjeldahl	ppm-N

705	51	7	**N(AM)	mg/l
710	54	5	Azote ammoniacal	mg/l -N
809	61	16	**Phénols	ug/l
811	60	26	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
855	7	17	**Carbonates	(bar)
856	29	16	**Bicarbonates	mg/l
857	30	17	**Carbonates	mg/l
871	20	19	**Carbone organique total	mg/l
975	73	5	**Coliformes totaux	/100ml
995	74	5	**Coliformes fécaux	/100ml
1005	75	5	**Streptocoques fécaux	/100ml
1225	76	7	**Algues	t.u.
1340	77	7	Bactéries (MICROTOX)	U.T.
2010	117	18	Benzène	ug/l
2060	118	10	Chlorobenzène	ug/l
2090	142	1	Chloroforme	ug/l
2140	102	1	1,1 - Dichloroéthane	ug/l
2150	99	1	1,2 - Dichloroéthane	ug/l
2160	78	1	1,1 - Dichloroéthylène	ug/l
2162	79	1	**tricl éthylène	ug/l
2163	80	1	**4Cl éthylène	ug/l
2164	81	1	**12diCl éthylène	ug/l
2180	100	1	1,2 - Dichloropropane	ug/l
2200	126	17	Ethylbenzène	ug/l
2240	82	18	Toluene	ug/l
2250	101	1	1,1,1 - Trichloroéthane	ug/l
2300	103	10	Di-Chlorométhane	ug/l
3015	106	4	**HCB	ug/l
3020	105	5	alpha-BHC	ug/kg
3067	147	5	**Cis-Chlordane	ug/l
3068	148	5	**Trans-Chlordane	ug/l
3082	151	5	**p,p'-DDT	ug/l
3083	153	5	**o,p'-DDD	ug/l
3084	154	5	**p,p'-DDE	ug/l
3090	149	5	alpha-Endosulfan	ug/kg
3159	158	5	BPC totaux	ug/kg-ug/l
3235	143	5	**Total Halogène	ug/l
3250	145	5	*Dieldrine	ug/kg-ug/l
10005	155	8	**total HAP	ug/l
11000	156	3	Hydrocarbures Aromatiques Polynucl	ug/kg
11087	96	1	**Etben xylène	ug/l
11088	97	17	**O-Xylène	ug/l
11089	98	17	**M+P Xylène	ug/l
12025	120	10	**13diCl benzène	ug/l
12035	121	10	**14diCl benzène	ug/l
12039	122	5	**124TriCl benzène	ug/l
12060	123	5	**1234Tetr Clbenzène	ug/l
14010	130	3	Butyl Benzylphthalate	ug/l
14040	128	5	Dimethylphthalate	ug/l
14065	129	5	**diethhex phtalate	ug/l
14070	127	7	Phthalate	ug/l
16140	157	17	**Composés aromatiques monocycliqu	ug/l

16150	160	5	**aroclor 1242	ug/l
16160	161	5	**aroclor 1254	ug/l
16170	162	5	**aroclor 1260	ug/l
16200	167	3	**stérols	ug/l
16240	174	3	**3ethyl phosphate	ug/l
16250	175	3	**3butyl phosphate	ug/l

Annexe 5: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Kahnawake, site municipal

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	2	Granulométrie	-
10	6	1	pH	
30	10	1	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	1	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	2	Dureté totale	mg/l
105	12	1	**Redox	mV
135	18	2	**Total Dissolved Solids	mg/l
530	23	1	Magnésium	ppm
540	22	2	Calcium	ppm
610	27	2	Sulfates	mg/l
640	26	1	Chlorures	mg/l
690	53	2	Nitrites	mg/l -N
691	52	2	**Nitrates	mg/l-N
700	50	2	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	2	Azote ammoniacal	mg/l -N
811	60	2	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	20	2	**Carbone organique total	mg/l
1225	76	2	**Algues	t.u.
1340	77	2	Bactéries (MICROTOX)	U.T.

Annexe 6: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Kahnawake, site Morris

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	3	Granulométrie	-
4	14	2	**Niv/eau	m
10	6	5	pH	
20	15	3	Température	deg. C.
30	10	5	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	5	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	5	Dureté totale	mg/l
105	12	5	**Redox	mV
110	17	2	Matières en suspension	mg/l
135	18	5	**Total Dissolved Solids	mg/l
180	59	3	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
209	16	2	**Turbidité	NTU
301	38	3	Plomb	ppm
310	49	3	Sélénium	ppm
320	33	3	Cadmium	ppm
330	39	3	Zinc	ppm
351	48	3	Mercure total	ppm-mg/kg
360	44	3	Cobalt	ppm
370	47	3	Manganèse	ppm
400	42	3	Béryllium	ppm
410	32	3	Argent	ppm
430	37	3	Nickel	ppm
440	35	3	Cuivre	ppm
451	34	3	Chrome total	ppm
460	46	3	Fer	ppm
480	41	3	Baryum	ppm
485	43	3	**Bore	ppm
500	40	3	Arsenic	ppm
510	45	3	Etain	ppm
530	23	3	Magnésium	ppm
540	22	5	Calcium	ppm
575	36	3	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	5	Sulfates	mg/l
620	28	1	Sulfures	mg/l
631	58	3	Cyanures totaux	ppm
640	26	5	Chlorures	mg/l
650	31	3	Fluorures	mg/l
675	56	3	**Phosphates totaux	mg/kg-mg/l
690	53	5	Nitrites	mg/l -N
691	52	5	**Nitrates	mg/l-N
700	50	5	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	5	Azote ammoniacal	mg/l -N
811	60	5	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	20	5	**Carbone organique total	mg/l
975	73	3	**Coliformes totaux	/100ml
995	74	3	**Coliformes fécaux	/100ml

1005	75	3	**Streptocoques fécaux	/100ml
1225	76	5	**Algues	t.u.
1340	77	5	Bactéries (MICROTOX)	U.T.
2010	117	2	Benzène	ug/l
2160	78	2	1,1 - Dichloroéthylène	ug/l
2240	82	2	Toluene	ug/l
2250	101	2	1,1,1 - Trichloroéthane	ug/l
2300	103	2	Di-Chlorométhane	ug/l
3020	105	1	alpha-BHC	ug/kg
3250	145	1	*Dieldrine	ug/kg-ug/l
11087	96	1	**Etben xylène	ug/l
14065	129	3	**diethhex phtalate	ug/l
16210	168	1	**crésols	ug/l

Annexe 7: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Kahnawake, site Beauvais

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	14	Granulométrie	-
4	14	1	**Niv/eau	m
10	6	14	pH	
20	15	2	Température	deg. C.
30	10	14	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	14	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	14	Dureté totale	mg/l
105	12	8	**Redox	mV
110	17	2	Matières en suspension	mg/l
135	18	9	**Total Dissolved Solids	mg/l
180	59	3	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
209	16	2	**Turbidité	NTU
301	38	3	Plomb	ppm
310	49	3	Sélénium	ppm
320	33	3	Cadmium	ppm
330	39	3	Zinc	ppm
341	25	1	**Potassium	mg/l
351	48	3	Mercure total	ppm-mg/kg
360	44	4	Cobalt	ppm
370	47	4	Manganèse	ppm
400	42	3	Béryllium	ppm
410	32	3	Argent	ppm
430	37	3	Nickel	ppm
440	35	3	Cuivre	ppm
451	34	3	Chrome total	ppm
460	46	4	Fer	ppm
480	41	3	Baryum	ppm
485	43	3	**Bore	ppm
500	40	3	Arsenic	ppm
510	45	3	Etain	ppm
530	23	10	Magnésium	ppm
540	22	14	Calcium	ppm
551	24	1	**Sodium	ppm
575	36	4	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	14	Sulfates	mg/l
620	28	3	Sulfures	mg/l
631	58	3	Cyanures totaux	ppm
640	26	14	Chlorures	mg/l
650	31	3	Fluorures	mg/l
675	56	3	**Phosphates totaux	mg/kg-mg/l
677	66	6	**Phosphates	mg/l
690	53	14	Nitrites	mg/l -N
691	52	14	**Nitrates	mg/l-N
700	50	13	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	14	Azote ammoniacal	mg/l -N
811	60	13	**COD Chemical oxygen demand	mg/l

871	20	13	**Carbone organique total	mg/l
975	73	4	**Coliformes totaux	/100ml
995	74	4	**Coliformes fécaux	/100ml
1005	75	4	**Streptocoques fécaux	/100ml
1225	76	11	**Algues	t.u.
1340	77	11	Bactéries (MICROTOX)	U.T.
2010	117	2	Benzène	ug/l
2160	78	1	1,1 - Dichloroéthylène	ug/l
2240	82	2	Toluene	ug/l
2250	101	1	1,1,1 - Trichloroéthane	ug/l
2300	103	2	Di-Chlorométhane	ug/l
3067	147	3	**Cis-Chlordane	ug/l
3068	148	3	**Trans-Chlordane	ug/l
3079	152	3	**p,p' -DDD	ug/l
3083	153	3	**o,p' -DDD	ug/l
3084	154	3	**p,p' -DDE	ug/l
4045	171	3	**Dimet phenol	ug/l
11000	156	3	Hydrocarbures Aromatiques Polynucl	ug/kg
12035	121	3	**14diCl benzène	ug/l
12060	123	3	**1234Tetr Clbenzène	ug/l
12071	125	3	**Pentacl benzène	ug/l
14021	133	3	dibut phtalate	ug/l
14030	134	3	Diethylphtalate	ug/l
14065	129	3	**diethhex phtalate	ug/l
16150	160	3	**aroclor 1242	ug/l
16160	161	3	**aroclor 1254	ug/l
16170	162	3	**aroclor 1260	ug/l
16200	167	3	**stérols	ug/l
16260	177	3	**2butethphospha	ug/l
16270	178	3	**2,6bimethethphenol	ug/l

Annexe 8: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Kahnawake, site Goodleaf

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	14	Granulométrie	-
4	14	6	**Niv/eau	m
10	6	13	pH	
20	15	8	Température	deg. C.
30	10	14	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	10	Alcalinité (CaCO3)	mg/l
60	13	11	Dureté totale	mg/l
110	17	5	Matières en suspension	mg/l
180	59	6	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
209	16	6	**Turbidité	NTU
301	38	6	Plomb	ppm
310	49	5	Sélénium	ppm
320	33	6	Cadmium	ppm
330	39	5	Zinc	ppm
351	48	6	Mercure total	ppm-mg/kg
360	44	2	Cobalt	ppm
370	47	6	Manganèse	ppm
400	42	5	Béryllium	ppm
410	32	5	Argent	ppm
430	37	6	Nickel	ppm
440	35	2	Cuivre	ppm
451	34	6	Chrome total	ppm
460	46	6	Fer	ppm
480	41	5	Baryum	ppm
485	43	5	**Bore	ppm
500	40	5	Arsenic	ppm
510	45	5	Etain	ppm
530	23	11	Magnésium	ppm
540	22	11	Calcium	ppm
575	36	5	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	10	Sulfates	mg/l
620	28	5	Sulfures	mg/l
631	58	4	Cyanures totaux	ppm
640	26	10	Chlorures	mg/l
650	31	5	Fluorures	mg/l
675	56	6	**Phosphates totaux	mg/kg-mg/l
677	66	7	**Phosphates	mg/l
690	53	10	Nitrites	mg/l -N
691	52	10	**Nitrates	mg/l-N
700	50	7	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	11	Azote ammoniacal	mg/l -N
811	60	11	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	20	10	**Carbone organique total	mg/l
975	73	8	**Coliformes totaux	/100ml
995	74	8	**Coliformes fécaux	/100ml
1005	75	8	**Streptocoques fécaux	/100ml

1225	76	13	**Algues	t.u.
1340	77	13	Bactéries (MICROTOX)	U.T.
2010	117	3	Benzène	ug/l
2090	142	3	Chloroforme	ug/l
2140	102	3	1,1 - Dichloroéthane	ug/l
2150	99	3	1,2 - Dichloroéthane	ug/l
2160	78	3	1,1 - Dichloroéthylène	ug/l
2162	79	3	**tricl éthylène	ug/l
2163	80	3	**4Cl éthylène	ug/l
2164	81	3	**12dicl éthylène	ug/l
2180	100	3	1,2 - Dichloropropane	ug/l
2240	82	3	Toluene	ug/l
2250	101	3	1,1,1 - Trichloroéthane	ug/l
2300	103	3	Di-Chlorométhane	ug/l
3020	105	6	alpha-BHC	ug/kg
3079	152	6	**p,p' -DDD	ug/l
3082	151	6	**p,p' -DDT	ug/l
3084	154	6	**p,p' -DDE	ug/l
11000	156	5	Hydrocarbures Aromatiques Polynucl	ug/kg
11087	96	3	**Etben xylène	ug/l
12043	179	3	**1,2,5TriChlben	ug/l
14010	130	3	Butyl Benzylphthalate	ug/l
14021	133	6	dibut phtalate	ug/l
14065	129	6	**diethhex phtalate	ug/l
14066	180	3	**dihexylphtalate	ug/l
16150	160	3	**aroclor 1242	ug/l
16160	161	6	**aroclor 1254	ug/l
16170	162	6	**aroclor 1260	ug/l
16200	167	2	**stérols	ug/l
16220	169	2	**O-crésol	ug/l
16230	170	2	**Anisole	ug/l

Annexe 9: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Mistassini, ancien dépotoir

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	6	Granulométrie	-
10	6	6	pH	
30	10	6	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	6	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	6	Dureté totale	mg/l
105	12	5	**Redox	mV
135	18	6	**Total Dissolved Solids	mg/l
540	22	6	Calcium	ppm
610	27	6	Sulfates	mg/l
640	26	6	Chlorures	mg/l
690	53	6	Nitrites	mg/l -N
691	52	6	**Nitrates	mg/l-N
700	50	6	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	6	Azote ammoniacal	mg/l -N
811	60	6	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	20	6	**Carbone organique total	mg/l
1225	76	6	**Algues	t.u.
1340	77	6	Bactéries (MICROTOX)	U.T.

Annexe 10: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Mistassini, dépotoir actuel

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	3	Granulométrie	-
10	6	3	pH	
30	10	3	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	3	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	3	Dureté totale	mg/l
105	12	3	**Redox	mV
135	18	3	**Total Dissolved Solids	mg/l
540	22	3	Calcium	ppm
610	27	3	Sulfates	mg/l
640	26	3	Chlorures	mg/l
690	53	3	Nitrites	mg/l -N
691	52	3	**Nitrates	mg/l-N
700	50	3	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	3	Azote ammoniacal	mg/l -N
811	60	3	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	20	3	**Carbone organique total	mg/l
1225	76	3	**Algues	t.u.
1340	77	3	Bactéries (MICROTOX)	U.T.

Annexe 11: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Camp Bouchard

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	18	Granulométrie	-
4	14	15	**Niv/eau	m
10	6	17	pH	
20	15	16	Température	deg. C.
30	10	17	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	17	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	17	Dureté totale	mg/l
110	17	16	Matières en suspension	mg/l
180	59	17	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
209	16	15	**Turbidité	NTU
301	38	17	Plomb	ppm
310	49	6	Sélénium	ppm
320	33	17	Cadmium	ppm
330	39	6	Zinc	ppm
341	25	15	**Potassium	mg/l
351	48	16	Mercure total	ppm-mg/kg
360	44	6	Cobalt	ppm
370	47	6	Manganèse	ppm
400	42	6	Bérylium	ppm
410	32	17	Argent	ppm
430	37	6	Nickel	ppm
440	35	6	Cuivre	ppm
451	34	17	Chrome total	ppm
460	46	17	Fer	ppm
471	64	15	**Aluminium	mg/kg-mg/l
480	41	17	Baryum	ppm
485	43	17	**Bore	ppm
500	40	6	Arsenic	ppm
510	45	6	Etain	ppm
530	23	15	Magnésium	ppm
540	22	17	Calcium	ppm
575	36	6	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	6	Sulfates	mg/l
620	28	17	Sulfures	mg/l
631	58	6	Cyanures totaux	ppm
640	26	6	Chlorures	mg/l
650	31	6	Fluorures	mg/l
675	56	17	**Phosphates totaux	mg/kg-mg/l
690	53	6	Nitrites	mg/l -N
691	52	17	**Nitrates	mg/l-N
700	50	6	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	6	Azote ammoniacal	mg/l -N
811	60	17	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	20	17	**Carbone organique total	mg/l
975	73	6	**Coliformes totaux	/100ml
995	74	6	**Coliformes fécaux	/100ml

1005	75	6	**Streptocoques fécaux	/100ml
2010	117	8	Benzène	ug/l
2090	142	15	Chloroforme	ug/l
2140	102	5	1,1 - Dichloroéthane	ug/l
2150	99	5	1,2 - Dichloroéthane	ug/l
2160	78	5	1,1 - Dichloroéthylène	ug/l
2162	79	5	**tricl éthylène	ug/l
2180	100	5	1,2 - Dichloropropane	ug/l
2240	82	15	Toluene	ug/l
2250	101	7	1,1,1 - Trichloroéthane	ug/l
2300	103	15	Di-Chlorométhane	ug/l
3020	105	2	alpha-BHC	ug/kg
3030	107	1	beta-BHC	ug/kg
3235	143	16	**Total Halogène	ug/l
3250	145	1	*Dieldrine	ug/kg-ug/l
11087	96	5	**Etben xylène	ug/l
12025	120	1	**13diCl benzène	ug/l
14021	133	5	dibut phtalate	ug/l
14065	129	5	**diethhex phtalate	ug/l
16131	146	1	**Lindane	ug/l

Annexe 12: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Adacport, Montréal

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	44	Granulométrie	-
4	14	33	**Niv/eau	m
10	6	39	pH	
30	10	39	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	4	Alcalinité (CaCO3)	mg/l
60	13	4	Dureté totale	mg/l
180	59	41	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	38	44	Plomb	ppm
310	49	9	Sélénium	ppm
320	33	9	Cadmium	ppm
330	39	9	Zinc	ppm
351	48	44	Mercure total	ppm-mg/kg
360	44	9	Cobalt	ppm
370	47	4	Manganèse	ppm
400	42	4	Béryllium	ppm
410	32	9	Argent	ppm
430	37	9	Nickel	ppm
440	35	9	Cuivre	ppm
451	34	9	Chrome total	ppm
460	46	4	Fer	ppm
480	41	9	Baryum	ppm
485	43	4	**Bore	ppm
495	67	40	**Brome	mg/l
500	40	9	Arsenic	ppm
510	45	9	Etain	ppm
530	23	4	Magnésium	ppm
540	22	4	Calcium	ppm
575	36	9	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	4	Sulfates	mg/l
620	28	4	Sulfures	mg/l
631	58	4	Cyanures totaux	ppm
640	26	44	Chlorures	mg/l
650	31	4	Fluorures	mg/l
675	56	4	**Phosphates totaux	mg/kg-mg/l
677	66	40	**Phosphates	mg/l
690	53	4	Nitrites	mg/l -N
691	52	44	**Nitrates	mg/l-N
700	50	4	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	44	Azote ammoniacal	mg/l -N
809	61	40	**Phénols	ug/l
811	60	44	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	20	44	**Carbone organique total	mg/l
975	73	38	**Coliformes totaux	/100ml
995	74	4	**Coliformes fécaux	/100ml
1005	75	4	**Streptocoques fécaux	/100ml
2010	117	44	Benzène	ug/l

2090	142	4	Chloroforme	ug/l
2140	102	4	1,1 - Dichloroéthane	ug/l
2150	99	4	1,2 - Dichloroéthane	ug/l
2160	78	4	1,1 - Dichloroéthylène	ug/l
2162	79	4	**tricl éthylène	ug/l
2180	100	4	1,2 - Dichloropropane	ug/l
2200	126	40	Ethylbenzène	ug/l
2240	82	44	Toluene	ug/l
2250	101	4	1,1,1 - Trichloroéthane	ug/l
2300	103	4	Di-Chlorométhane	ug/l
3015	106	1	**HCB	ug/l
3067	147	1	**Cis-Chlordane	ug/l
3083	153	1	**o,p'-DDD	ug/l
3125	159	10		
4021	184	40	**Chloro Phenols	ug/l
10005	155	40	**total HAP	ug/l
11000	156	2	Hydrocarbures Aromatiques Polynucl	ug/kg
11085	83	40	**Styrène	ug/l
11087	96	4	**Etben xylène	ug/l
12015	119	1	**12DiCl benzène	ug/l
12025	120	1	**13diCl benzène	ug/l
12035	121	1	**14diCl benzène	ug/l
12039	122	1	**124TriCl benzène	ug/l
12060	123	2	**1234Tetr Clbenzène	ug/l
12065	124	1	**1235+1245 TClbenz	ug/l
16150	160	1	**aroclor 1242	ug/l
16160	161	2	**aroclor 1254	ug/l
16170	162	1	**aroclor 1260	ug/l
16290	185	40	**Xylene	ug/l

Annexe 13: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - SIDBEC, DOSCO

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVES	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	29	Granulométrie	-
4	14	12	**Niv/eau	m
10	6	26	pH	
30	10	25	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	13	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	27	Dureté totale	mg/l
882	21	13	** DIC	mg/l

Annexe 14: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Dépotoir de Ville Lasalle

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	36	Granulométrie	-
10	6	35	pH	
50	9	35	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
110	17	34	Matières en suspension	mg/l
301	38	34	Plomb	ppm
320	33	35	Cadmium	ppm
330	39	34	Zinc	ppm
341	25	35	**Potassium	mg/l
351	48	35	Mercure total	ppm-mg/kg
370	47	35	Manganèse	ppm
390	70	35	Vanadium	ppm
430	37	35	Nickel	ppm
440	35	35	Cuivre	ppm
451	34	35	Chrome total	ppm
460	46	35	Fer	ppm
471	64	35	**Aluminium	mg/kg-mg/l
480	41	35	Baryum	ppm
485	43	35	**Bore	ppm
500	40	34	Arsenic	ppm
530	23	35	Magnésium	ppm
540	22	35	Calcium	ppm
551	24	35	**Sodium	ppm
570	69	35	*Silice	%
610	27	35	Sulfates	mg/l
620	28	35	Sulfures	mg/l
640	26	35	Chlorures	mg/l
809	61	35	**Phénols	ug/l
2010	117	18	Benzène	ug/l
2090	142	18	Chloroforme	ug/l
2240	82	18	Toluène	ug/l
2300	103	18	Di-Chlorométhane	ug/l
11011	84	18	*Acénaphthène	ug/kg-ug/l
11032	85	18	*Anthracène	ug/kg-ug/l
11040	86	18	Benzo (a) anthracène	ug/kg-ug/l
11060	88	18	Benzo (k) fluoranthène	ug/kg-ug/l
11081	90	18	*Benzo (a) pyrène	ug/kg-ug/l
11089	98	18	**M+P Xylène	ug/l
11091	91	18	Chrysène	ug/kg
11110	87	18	Fluoranthène	ug/kg-ug/l
11121	93	18	*Fluorène	ug/kg-ug/l
11141	94	18	**Naphtalène	ug/l
11151	95	18	*Phènanthène	ug/kg-ug/l
11161	89	18	*Pyrène	ug/kg-ug/l
12015	119	18	**12DiCl benzène	ug/l
12035	121	18	**14diCl benzène	ug/l
14010	130	18	Butyl Benzylphthalate	ug/l

14020	137	18	Di-n-butylphthalate	ug/l
14030	134	18	Diethylphthalate	ug/l
14050	138	18	Di-n-octylphthalate	ug/l
14060	139	18	bis-(2-ethylhexyl) phthalate	ug/l
14070	127	4	Phthalate	ug/l

Annexe 15: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - East-Sullivan

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	17	Granulométrie	-
10	6	15	pH	
30	10	16	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	15	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	15	Dureté totale	mg/l
110	17	12	Matières en suspension	mg/l
301	38	17	Plomb	ppm
320	33	17	Cadmium	ppm
330	39	16	Zinc	ppm
341	25	12	**Potassium	mg/l
351	48	9	Mercure total	ppm-mg/kg
370	47	16	Manganèse	ppm
430	37	15	Nickel	ppm
440	35	17	Cuivre	ppm
451	34	13	Chrome total	ppm
460	46	17	Fer	ppm
471	64	14	**Aluminium	mg/kg-mg/l
500	40	15	Arsenic	ppm
530	23	12	Magnésium	ppm
540	22	16	Calcium	ppm
551	24	12	**Sodium	ppm
610	27	16	Sulfates	mg/l
631	58	7	Cyanures totaux	ppm
640	26	16	Chlorures	mg/l
650	31	3	Fluorures	mg/l

Annexe 16: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Gloucester, Ontario

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	86	Granulométrie	-
10	6	41	pH	
30	10	73	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	65	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
105	12	41	**Redox	mV
267	113	9	**C Cl4	ug/l
301	38	34	Plomb	ppm
330	39	29	Zinc	ppm
341	25	50	**Potassium	mg/l
370	47	44	Manganèse	ppm
410	32	29	Argent	ppm
440	35	34	Cuivre	ppm
460	46	49	Fer	ppm
495	67	33	**Brome	mg/l
530	23	50	Magnésium	ppm
540	22	50	Calcium	ppm
551	24	50	**Sodium	ppm
610	27	81	Sulfates	mg/l
620	28	10	Sulfures	mg/l
640	26	84	Chlorures	mg/l
650	31	38	Fluorures	mg/l
871	20	33	**Carbone organique total	mg/l
881	19	34	**Carbone inorganique total	mg/l
2005	108	4	**Acetone	ug/l
2010	117	10	Benzène	ug/l
2030	141	7	Bromoform	ug/l
2060	118	5	Chlorobenzène	ug/l
2090	142	11	Chloroforme	ug/l
2140	102	4	1,1 - Dichloroéthane	ug/l
2150	99	10	1,2 - Dichloroéthane	ug/l
2200	126	4	Ethylbenzène	ug/l
2221	182	8	**4Cléthane	ug/l
2231	114	11	**trans12 éthène	ug/l
2232	115	12	**3Cl éthène	ug/l
2233	183	11	**4Cl éthène	ug/l
2240	82	7	Toluene	ug/l
2250	101	9	1,1,1 - Trichloroéthane	ug/l
2300	103	5	Di-Chlorométhane	ug/l
11215	109	13	**4hydro furane	ug/l
15035	110	4	**2ethyl éther	ug/l
16115	111	4	**14dioxine	ug/l

Annexe 17: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Cochrane landfill, Ontario

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	38	Granulométrie	-
4	14	31	**Niv/eau	m
10	6	38	pH	
20	15	38	Température	deg. C.
30	10	38	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	35	Alcalinité (CaCO3)	mg/l
301	38	36	Plomb	ppm
320	33	36	Cadmium	ppm
330	39	36	Zinc	ppm
341	25	36	**Potassium	mg/l
360	44	36	Cobalt	ppm
370	47	36	Manganèse	ppm
390	70	36	Vanadium	ppm
400	42	36	Bérylium	ppm
410	32	36	Argent	ppm
420	72	36	Titane	ppm
430	37	36	Nickel	ppm
440	35	36	Cuivre	ppm
451	34	36	Chrome total	ppm
460	46	36	Fer	ppm
471	64	36	**Aluminium	mg/kg-mg/l
480	41	36	Baryum	ppm
485	43	36	**Bore	ppm
495	67	36	**Brome	mg/l
497	68	36	**Thorium	mg/l
530	23	36	Magnésium	ppm
540	22	36	Calcium	ppm
551	24	36	**Sodium	ppm
560	71	36	*Strontium	mg/kg-mg/l
570	69	36	*Silice	%
575	36	36	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	36	Sulfates	mg/l
640	26	36	Chlorures	mg/l
650	31	36	Fluorures	mg/l
676	57	36	**Phosphates eau souterraine	mg/l
677	66	36	**Phosphates	mg/l
690	53	36	Nitrites	mg/l -N
691	52	36	**Nitrates	mg/l-N
700	50	36	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	36	Azote ammoniacal	mg/l -N
809	61	36	**Phénols	ug/l
811	60	34	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
812	62	36	**BOD Biologic oxygen demand	mg/l
813	63	36	**DOC Dissolved organic carbon	mg/l

Annexe 18: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Deloro landfill, Ontario

CODES D'ANALYSE		NB.	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne	RELEVES		
3	3	26	Granulométrie	-
4	14	24	**Niv/eau	m
10	6	25	pH	
20	15	24	Température	deg. C.
30	10	25	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	24	Alcalinité (CaCO3)	mg/l
301	38	25	Plomb	ppm
320	33	25	Cadmium	ppm
330	39	25	Zinc	ppm
341	25	25	**Potassium	mg/l
360	44	25	Cobalt	ppm
370	47	25	Manganèse	ppm
390	70	25	Vanadium	ppm
400	42	25	Bérylium	ppm
410	32	25	Argent	ppm
420	72	25	Titane	ppm
430	37	25	Nickel	ppm
440	35	25	Cuivre	ppm
451	34	25	Chrome total	ppm
460	46	25	Fer	ppm
471	64	25	**Aluminium	mg/kg-mg/l
480	41	25	Baryum	ppm
485	43	25	**Bore	ppm
495	67	25	**Brome	mg/l
497	68	25	**Thorium	mg/l
530	23	25	Magnésium	ppm
540	22	25	Calcium	ppm
551	24	25	**Sodium	ppm
560	71	25	*Strontium	mg/kg-mg/l
570	69	25	*Silice	%
575	36	25	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	25	Sulfates	mg/l
640	26	25	Chlorures	mg/l
650	31	25	Fluorures	mg/l
676	57	25	**Phosphates eau souterraine	mg/l
677	66	25	**Phosphates	mg/l
690	53	25	Nitrites	mg/l -N
691	52	25	**Nitrates	mg/l-N
700	50	24	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	25	Azote ammoniacal	mg/l -N
809	61	25	**Phénols	ug/l
811	60	23	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
812	62	25	**BOD Biologic oxygen demand	mg/l
813	63	25	**DOC Dissolved organic carbon	mg/l

Annexe 19: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Ennismore landfill, Ontario

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	36	Granulométrie	-
4	14	27	**Niv/eau	m
10	6	25	pH	
50	9	35	Alcalinité (CaCO3)	mg/l
301	38	29	Plomb	ppm
320	33	36	Cadmium	ppm
330	39	36	Zinc	ppm
341	25	36	**Potassium	mg/l
360	44	36	Cobalt	ppm
370	47	36	Manganèse	ppm
390	70	36	Vanadium	ppm
400	42	36	Bérylium	ppm
410	32	36	Argent	ppm
420	72	36	Titane	ppm
430	37	36	Nickel	ppm
440	35	36	Cuivre	ppm
451	34	36	Chrome total	ppm
460	46	36	Fer	ppm
471	64	36	**Aluminium	mg/kg-mg/l
480	41	36	Baryum	ppm
485	43	36	**Bore	ppm
495	67	36	**Brome	mg/l
497	68	36	**Thorium	mg/l
530	23	36	Magnésium	ppm
540	22	36	Calcium	ppm
551	24	36	**Sodium	ppm
560	71	36	*Strontium	mg/kg-mg/l
570	69	36	*Silice	%
575	36	36	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	35	Sulfates	mg/l
640	26	35	Chlorures	mg/l
650	31	35	Fluorures	mg/l
676	57	29	**Phosphates eau souterraine	mg/l
677	66	35	**Phosphates	mg/l
690	53	35	Nitrites	mg/l -N
691	52	35	**Nitrates	mg/l-N
700	50	24	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	10	Azote ammoniacal	mg/l -N
809	61	33	**Phénols	ug/l
811	60	35	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
812	62	35	**BOD Biologic oxygen demand	mg/l
813	63	21	**DOC Dissolved organic carbon	mg/l
871	20	28	**Carbone organique total	mg/l

Annexe 20: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - McChesney landfill, Ontario

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	30	Granulométrie	-
4	14	25	**Niv/eau	m
10	6	30	pH	
20	15	30	Température	deg. C.
30	10	30	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	29	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
301	38	30	Plomb	ppm
320	33	30	Cadmium	ppm
330	39	30	Zinc	ppm
341	25	30	**Potassium	mg/l
360	44	30	Cobalt	ppm
370	47	30	Manganèse	ppm
390	70	30	Vanadium	ppm
400	42	30	Béryllium	ppm
410	32	30	Argent	ppm
430	37	30	Nickel	ppm
440	35	30	Cuivre	ppm
451	34	30	Chrome total	ppm
460	46	30	Fer	ppm
471	64	30	**Aluminium	mg/kg-mg/l
480	41	25	Baryum	ppm
485	43	30	**Bore	ppm
495	67	30	**Brome	mg/l
497	68	30	**Thorium	mg/l
530	23	30	Magnésium	ppm
540	22	30	Calcium	ppm
551	24	30	**Sodium	ppm
560	71	30	*Strontium	mg/kg-mg/l
570	69	30	*Silice	%
575	36	30	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	30	Sulfates	mg/l
640	26	30	Chlorures	mg/l
650	31	30	Fluorures	mg/l
676	57	30	**Phosphates eau souterraine	mg/l
677	66	30	**Phosphates	mg/l
690	53	30	Nitrites	mg/l -N
691	52	30	**Nitrates	mg/l-N
700	50	30	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	30	Azote ammoniacal	mg/l -N
809	61	29	**Phénols	ug/l
811	60	26	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
812	62	30	**BOD Biologic oxygen demand	mg/l
813	63	30	**DOC Dissolved organic carbon	mg/l

Annexe 21: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Bethel Lapman Quarry, Ontario

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	21	Granulométrie	-
4	14	12	**Niv/eau	m
10	6	21	pH	
30	10	21	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	21	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
60	13	21	Dureté totale	mg/l
301	38	21	Plomb	ppm
320	33	21	Cadmium	ppm
330	39	21	Zinc	ppm
341	25	21	**Potassium	mg/l
360	44	21	Cobalt	ppm
370	47	21	Manganèse	ppm
390	70	21	Vanadium	ppm
400	42	21	Bérylium	ppm
410	32	21	Argent	ppm
420	72	21	Titane	ppm
430	37	21	Nickel	ppm
440	35	21	Cuivre	ppm
451	34	21	Chrome total	ppm
460	46	21	Fer	ppm
471	64	21	**Aluminium	mg/kg-mg/l
480	41	21	Baryum	ppm
485	43	21	**Bore	ppm
495	67	21	**Brome	mg/l
497	68	21	**Thorium	mg/l
530	23	21	Magnésium	ppm
540	22	21	Calcium	ppm
551	24	21	**Sodium	ppm
560	71	21	*Strontium	mg/kg-mg/l
570	69	21	*Silice	%
575	36	21	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	21	Sulfates	mg/l
640	26	21	Chlorures	mg/l
650	31	21	Fluorures	mg/l
676	57	21	**Phosphates eau souterraine	mg/l
677	66	21	**Phosphates	mg/l
690	53	21	Nitrites	mg/l -N
691	52	21	**Nitrates	mg/l-N
700	50	21	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	21	Azote ammoniacal	mg/l -N
809	61	21	**Phénols	ug/l
811	60	14	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
812	62	21	**BOD Biologic oxygen demand	mg/l
813	63	21	**DOC Dissolved organic carbon	mg/l
2010	117	2	Benzène	ug/l
2200	126	2	Ethylbenzène	ug/l

2210	112	2	Méthylène Chloride	ug/l
2240	82	2	Toluene	ug/l
11040	86	2	Benzo (a) anthracène	ug/kg-ug/l
11060	88	2	Benzo (k) fluoranthène	ug/kg-ug/l
11070	92	2	Benzo (ghi) pérylène	ug/kg-ug/l
11110	87	2	Fluoranthène	ug/kg-ug/l
11121	93	2	*Fluorène	ug/kg-ug/l
11141	94	2	**Naphtalène	ug/l
11151	95	2	*Phènanthène	ug/kg-ug/l
11161	89	2	*Pyrène	ug/kg-ug/l
14030	134	2	Diethylphthalate	ug/l
14060	139	2	bis-(2-ethylhexyl) phthalate	ug/l

Annexe 22: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Alice & Fraser landfill, Ontario

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	45	Granulométrie	-
4	14	40	**Niv/eau	m
10	6	45	pH	
20	15	32	Température	deg. C.
30	10	45	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	9	45	Alcalinité (CaCO3)	mg/l
60	13	42	Dureté totale	mg/l
301	38	41	Plomb	ppm
320	33	45	Cadmium	ppm
330	39	45	Zinc	ppm
360	44	45	Cobalt	ppm
370	47	45	Manganèse	ppm
430	37	45	Nickel	ppm
440	35	45	Cuivre	ppm
451	34	45	Chrome total	ppm
460	46	45	Fer	ppm
471	64	45	**Aluminium	mg/kg-mg/l
485	43	45	**Bore	ppm
530	23	45	Magnésium	ppm
540	22	45	Calcium	ppm
610	27	45	Sulfates	mg/l
640	26	45	Chlorures	mg/l
675	56	24	**Phosphates totaux	mg/kg-mg/l
690	53	44	Nitrites	mg/l -N
691	52	45	**Nitrates	mg/l-N
700	50	45	Azote total Kjeldahl	ppm-N
710	54	45	Azote ammoniacal	mg/l -N
809	61	42	**Phénols	ug/l
811	60	44	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
812	62	45	**BOD Biologic oxygen demand	mg/l
813	63	45	**DOC Dissolved organic carbon	mg/l
2010	117	4	Benzène	ug/l
2070	104	4	Chloroéthane	ug/l
2140	102	4	1,1 - Dichloroéthane	ug/l
2200	126	4	Ethylbenzène	ug/l
2210	112	4	Méthylène Chloride	ug/l
2221	182	4	**4Cléthane	ug/l
2232	115	4	**3Cl éthène	ug/l
2240	82	4	Toluene	ug/l
11085	83	4	**Styrène	ug/l
11088	97	4	**O-Xylène	ug/l
11089	98	4	**M+P Xylène	ug/l

Annexe 23: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Vieux port de Chicoutimi

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVES	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	18	Granulométrie	-
10	6	7	pH	
30	10	7	Conductivité spécifique	umhos/cm
180	59	18	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
300	190	15	**Essence	mg/l
301	38	18	Plomb	ppm
320	33	9	Cadmium	ppm
451	34	9	Chrome total	ppm
500	40	18	Arsenic	ppm
621	186	15	**S tot.	mg/l
871	20	7	**Carbone organique total	mg/l
2010	117	15	Benzène	ug/l
2200	126	15	Ethylbenzène	ug/l
2240	82	15	Toluene	ug/l
10005	155	15	**total HAP	ug/l
11011	84	9	*Acénaphthène	ug/kg-ug/l
11032	85	15	*Anthracène	ug/kg-ug/l
11040	86	15	Benzo (a) anthracène	ug/kg-ug/l
11060	88	9	Benzo (k) fluoranthène	ug/kg-ug/l
11081	90	15	*Benzo (a) pyrène	ug/kg-ug/l
11085	83	9	**Styrène	ug/l
11091	91	9	Chrysène	ug/kg
11103	188	9	**Dibenzo Ind 123	123 ug/l
11104	189	9	**Benzopyrene	ug/l
11110	87	15	Fluoranthène	ug/kg-ug/l
11121	93	9	*Fluorène	ug/kg-ug/l
11151	95	15	*Phènanthène	ug/kg-ug/l
11161	89	15	*Pyrène	ug/kg-ug/l
16140	157	15	**Composés aromatiques monocycliqu	ug/l
16290	185	15	**Xylene	ug/l
16300	187	9	**Mésitylène	ug/l
16310	191	2	**Temps Ecoulé (heure)	h
19060	192	9	**Acénaphthylène	S.U.

Annexe 24: Liste des variables et nombre de relevés
EAU - Raffinerie d'Anjou

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	71	Granulométrie	-
4	14	44	**Niv/eau	m
10	6	63	pH	
30	10	67	Conductivité spécifique	umhos/cm
135	18	67	**Total Dissolved Solids	mg/l
180	59	67	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	38	67	Plomb	ppm
320	33	67	Cadmium	ppm
330	39	67	Zinc	ppm
341	25	10	**Potassium	mg/l
351	48	67	Mercure total	ppm-mg/kg
370	47	67	Manganèse	ppm
430	37	67	Nickel	ppm
440	35	67	Cuivre	ppm
451	34	67	Chrome total	ppm
460	46	9	Fer	ppm
480	41	67	Baryum	ppm
530	23	10	Magnésium	ppm
540	22	10	Calcium	ppm
551	24	10	**Sodium	ppm
575	36	67	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	27	67	Sulfates	mg/l
620	28	67	Sulfures	mg/l
631	58	68	Cyanures totaux	ppm
640	26	67	Chlorures	mg/l
690	53	67	Nitrites	mg/l -N
691	52	67	**Nitrates	mg/l-N
731	65	67	**Azote total	mg/l
809	61	67	**Phénols	ug/l
811	60	66	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
812	62	67	**BOD Biologic oxygen demand	mg/l
856	29	10	**Bicarbonates	mg/l
857	30	10	**Carbonates	mg/l
871	20	67	**Carbone organique total	mg/l
2010	117	10	Benzène	ug/l
2200	126	10	Ethylbenzène	ug/l
2240	82	10	Toluene	ug/l
11032	85	10	*Anthracène	ug/kg-ug/l
11040	86	10	Benzo (a) anthracène	ug/kg-ug/l
11060	88	10	Benzo (k) fluoranthène	ug/kg-ug/l
11070	92	10	Benzo (ghi) pérylène	ug/kg-ug/l
11081	90	10	*Benzo (a) pyrène	ug/kg-ug/l
11088	97	10	**O-Xylène	ug/l
11089	98	10	**M+P Xylène	ug/l
11091	91	10	Chrysène	ug/kg
11105	193	10	**Dibenzo (a b)Anth	ug/l

11110	87	10	Fluoranthène	ug/kg-ug/l
11121	93	10	*Fluorène	ug/kg-ug/l
11132	194	10	Ind-123 Pyrene	ug/l
11151	95	10	*Phènanthène	ug/kg-ug/l
11161	89	10	*Pyrène	ug/kg-ug/l
16150	160	10	**aroclor 1242	ug/l
16160	161	10	**aroclor 1254	ug/l
16170	162	10	**aroclor 1260	ug/l
16320	195	10	**Ben-B-Fluoranthème	ug/l

Annexe 25: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Kahnawake, site Patton

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	3	Granulométrie	-
10	6	3	pH	
125	157	3	Mat Vol	%
180	51	3	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	32	3	Plomb	ppm
310	43	2	Sélénium	ppm
320	27	3	Cadmium	ppm
330	33	3	Zinc	ppm
351	42	3	Mercure total	ppm-mg/kg
360	38	2	Cobalt	ppm
370	41	2	Manganèse	ppm
400	36	2	Béryllium	ppm
410	26	2	Argent	ppm
430	31	2	Nickel	ppm
440	29	3	Cuivre	ppm
451	28	2	Chrome total	ppm
460	40	3	Fer	ppm
480	35	2	Baryum	ppm
500	34	2	Arsenic	ppm
510	39	2	Etain	ppm
575	30	2	*Molybdène	mg/kg-ppm
580	136	2	Hydrocarbures	ppm
811	52	2	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	53	2	**Carbone organique total	mg/l
3016	99	3	***HCB	ppm
3021	98	3	**A-BHC	mg/kg
3065	124	3	**Trans-Chlordane	mg/kg
3066	123	3	**Cis-Chlordane	mg/kg
3073	129	3	***o,p' DDD	ppm
3075	126	3	*p,p'-DDE	mg/kg
3081	127	3	**p,p'-DDT (4,4'-DDT)	mg/kg
3091	125	3	**a-Endosulfan	mg/kg
3251	122	3	**Dieldrine	mg/kg
11001	131	2	*Hydrocarbures Aromatiques Polynuc	mg/kg
12040	108	3	1,2,4-Trichlorobenzène	ug/g
12061	110	3	*1,2,3,4-Tétrachlorobenzène	ug/g
14041	114	3	***Dimeth phtalate	ppm
14063	116	2	***Butbenz phtalate	ppm
14067	115	3	***Diethhex phtalate	ppm
16151	133	3	***aroclor 1242	ppm
16161	134	3	***aroclor 1254	ppm
16171	135	3	***aroclor 1260	ppm
16201	139	2	***stérois	ppm
16241	144	2	***Triethy phosphate	ppm
16251	145	2	***tributy phosphat	ppm

Annexe 26: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Kahnawake, site Morris

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	1	Granulométrie	-
10	6	1	pH	
125	157	1	Mat Vol	%
180	51	1	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	32	1	Plomb	ppm
310	43	1	Sélénium	ppm
320	27	1	Cadmium	ppm
330	33	1	Zinc	ppm
351	42	1	Mercure total	ppm-mg/kg
360	38	1	Cobalt	ppm
370	41	1	Manganèse	ppm
400	36	1	Bérylium	ppm
410	26	1	Argent	ppm
430	31	1	Nickel	ppm
440	29	1	Cuivre	ppm
451	28	1	Chrome total	ppm
460	40	1	Fer	ppm
480	35	1	Baryum	ppm
500	34	1	Arsenic	ppm
510	39	1	Etain	ppm
575	30	1	*Molybdène	mg/kg-ppm
811	52	1	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	53	1	**Carbone organique total	mg/l
3016	99	1	***HCB	ppm
3075	126	1	*p,p'-DDE	mg/kg
14023	117	1	***Dibutyl phtalate	ppm
14031	118	1	***Diethylphtalate	ppm
16201	139	1	***stérois	ppm

Annexe 27: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Kahnawake, site Beauvais

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	1	Granulométrie	-
10	6	1	pH	
125	157	1	Mat Vol	%
180	51	1	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	32	1	Plomb	ppm
310	43	1	Sélénium	ppm
320	27	1	Cadmium	ppm
330	33	1	Zinc	ppm
351	42	1	Mercure total	ppm-mg/kg
360	38	1	Cobalt	ppm
370	41	1	Manganèse	ppm
400	36	1	Béryllium	ppm
410	26	1	Argent	ppm
430	31	1	Nickel	ppm
440	29	1	Cuivre	ppm
451	28	1	Chrome total	ppm
460	40	1	Fer	ppm
480	35	1	Baryum	ppm
500	34	1	Arsenic	ppm
510	39	1	Etain	ppm
575	30	1	*Molybdène	mg/kg-ppm
580	136	1	Hydrocarbures	ppm
811	52	1	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	53	1	**Carbone organique total	mg/l
3065	124	1	**Trans-Chlordane	mg/kg
3066	123	1	**Cis-Chlordane	mg/kg
3069	128	1	**p,p'-DDD (4,4'-DDD)	mg/kg
3073	129	1	***o,p' DDD	ppm
3075	126	1	*p,p'-DDE	mg/kg
4046	59	1	***dimeteth phenol	ppm
11001	131	1	*Hydrocarbures Aromatiques Polynuc	mg/kg
12030	107	1	1,4-Dichlorobenzène	ug/g
12061	110	1	*1,2,3,4-Tétrachlorobenzène	ug/g
12070	111	1	*Pentachlorobenzène	ug/g
14023	117	1	***Dibutyl phtalate	ppm
14031	118	1	***Diethylphtalate	ppm
14067	115	1	***Diethhex phtalate	ppm
16151	133	1	***aroclor 1242	ppm
16161	134	1	***aroclor 1254	ppm
16171	135	1	***aroclor 1260	ppm
16201	139	1	***stérois	ppm
16242	146	1	***2Butoxiet phosphat	ppm
16275	60	1	**26bismet phenol	ppm

Annexe 28: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Kahnawake, site Goodleaf

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	2	Granulométrie	-
10	6	2	pH	
125	157	2	Mat Vol	%
180	51	2	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	32	2	Plomb	ppm
310	43	2	Sélénium	ppm
320	27	2	Cadmium	ppm
330	33	2	Zinc	ppm
351	42	2	Mercure total	ppm-mg/kg
360	38	2	Cobalt	ppm
370	41	2	Manganèse	ppm
400	36	2	Béryllium	ppm
410	26	2	Argent	ppm
430	31	2	Nickel	ppm
440	29	2	Cuivre	ppm
451	28	2	Chrome total	ppm
460	40	2	Fer	ppm
480	35	2	Baryum	ppm
500	34	2	Arsenic	ppm
510	39	2	Etain	ppm
575	30	2	*Molybdène	mg/kg-ppm
580	136	1	Hydrocarbures	ppm
811	52	2	**COD Chemical oxygen demand	mg/l
871	53	2	**Carbone organique total	mg/l
3021	98	2	**A-BHC	mg/kg
3069	128	2	**p,p'-DDD (4,4'-DDD)	mg/kg
3075	126	2	*p,p'-DDE	mg/kg
3081	127	2	**p,p'-DDT (4,4'-DDT)	mg/kg
11001	131	2	*Hydrocarbures Aromatiques Polynuc	mg/kg
12044	109	2	***125TriCl benzène	ppm
14023	117	2	***Dibutyl phtalate	ppm
14067	115	2	***Diethhex phtalate	ppm
16161	134	2	***aroclor 1254	ppm
16171	135	2	***aroclor 1260	ppm
16201	139	2	***stérois	ppm
16225	141	2	***O-crésol	ppm
16231	143	2	***Anisole	ppm

Annexe 29: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Camp Bouchard

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
580	136	1	Hydrocarbures	ppm
3031	100	1	**B-BHC	mg/kg-ug/l
3069	128	1	**p,p'-DDD (4,4'-DDD)	mg/kg
3073	129	1	***o,p' DDD	ppm
16161	134	1	***aroclor 1254	ppm
16191	138	1	***Alcools lourds	ppm

Annexe 30: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Adacport, Montréal

CODES D'ANALYSE		NB.	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne	RELEVÉS		
3	3	67	Granulométrie	-
180	51	66	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	32	66	Plomb	ppm
310	43	66	Sélénium	ppm
320	27	66	Cadmium	ppm
330	33	66	Zinc	ppm
351	42	66	Mercure total	ppm-mg/kg
360	38	46	Cobalt	ppm
410	26	66	Argent	ppm
430	31	66	Nickel	ppm
440	29	66	Cuivre	ppm
451	28	66	Chrome total	ppm
480	35	66	Baryum	ppm
500	34	67	Arsenic	ppm
510	39	66	Etain	ppm
575	30	66	*Molybdène	mg/kg-ppm
631	50	66	Cyanures totaux	ppm
640	20	66	Chlorures	mg/l
810	54	66	Phénols	mg/l
2011	104	66	***Benzène	ppm
2201	161	66	***Ethylbenzène	ppm
2241	71	66	***Toluene	ppm
3160	132	11	BPC totaux	mg/kg
11001	131	66	*Hydrocarbures Aromatiques Polynuc	mg/kg
11041	75	66	*Benzo (a) anthracène	mg/kg
11080	81	66	Benzo (a) pyrène	mg/kg
18020	163	66	DDP	mg/kg
18030	164	66	***Styrène	S.U.
18040	165	66	***Chlorophénols	S.U.
18060	167	11	***Organochlorés	S.U.
18070	168	66	***Azote Ammoniacal	S.U.
18080	169	66	***PO4	S.U.
18090	170	66	***S.Tot.	S.U.

Annexe 31: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - SIDBEC, DOSCO

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	21	Granulométrie	-
10	6	21	pH	
102	15	21	***Perte au feu	%
301	32	21	Plomb	ppm
320	27	21	Cadmium	ppm
330	33	21	Zinc	ppm
351	42	21	Mercure total	ppm-mg/kg
430	31	21	Nickel	ppm
440	29	21	Cuivre	ppm
451	28	21	Chrome total	ppm
871	53	21	**Carbone organique total	mg/l
18000	158	21	***N	mg/kg
18010	159	21	PHNANTHR	mg/kg

Annexe 32: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Dépotoir de Ville Lasalle

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	222	Granulométrie	-
810	54	200	Phénols	mg/l
2011	104	198	***Benzène	ppm
2201	161	198	***Ethylbenzène	ppm
2205	112	197	***12Dimet benzène	ppm
2206	113	198	***13,14 Dmebenz	ppm
2235	95	198	***11DiCl éthène	ppm
2236	101	198	***3Cl éthène	ppm
2237	102	198	***4Cl éthène	ppm
2241	71	198	***Toluene	ppm
2251	94	198	***111TriCl éthane	ppm
2301	96	198	***DiCl méthane	ppm
2305	97	182	***TriCl méthane	ppm
3160	132	205	BPC totaux	mg/kg
4031	55	188	***24dicl phenol	ppm
4041	58	200	***24dimeth phenol	ppm
4091	57	200	***pentacl phenol	ppm
4115	56	188	***246TCl phenol	ppm
11010	72	200	Acénaphthène	mg/kg
11020	73	200	Acénaphthylène	mg/kg
11030	74	200	Anthracène	mg/kg
11041	75	202	*Benzo (a) anthracène	mg/kg
11061	78	200	*Benzo (k) fluoranthène	mg/kg
11069	84	28	***Pérylène	ppm
11071	85	200	*Benzo (ghi) pérylène	mg/kg
11080	81	200	Benzo (a) pyrène	mg/kg
11083	80	28	***Benzo (e) pyrène	ppm
11086	69	199	***A-met styrène	ppm
11090	83	200	Chrysène	mg/kg
11100	76	194	Dibenzo (ah) anthracène	mg/kg
11111	77	200	*Fluoranthène	mg/kg
11120	86	200	Fluorène	mg/kg
11133	82	200	***Ind,123cd pyrene	ppm
11140	87	199	Naphtalène	mg/kg
11142	88	175	***2Cl- Naphtalène	ppm
11150	93	202	Phénanthrène	mg/kg
11160	79	201	Pyrène	mg/kg
12015	105	222	**12DiCl benzène	ug/l
12020	106	222	1,3-Dichlorobenzène	ug/g
12030	107	222	1,4-Dichlorobenzène	ug/g
12040	108	181	1,2,4-Trichlorobenzène	ug/g
13005	89	173	***diphenyl nitrosa	ppm
14022	119	181	***Dinbut phtalate	ppm
14031	118	181	***Diethylphtalate	ppm
14041	114	181	***Dimeth phtalate	ppm
14051	120	181	***Dinoctylphtalate	ppm

14059	121	181	***Bis2ethexphtalate	ppm
14063	116	182	***Butbenz phtalate	ppm
15041	103	197	BisCl isopéther	ppm
16011	90	173	Benzidim	ppm
16031	91	173	33DiCl benzidim	ppm
16061	92	173	12Diphen hydrazim	ppm
16227	142	200	***P-Cl a-crésol	ppm
16301	70	199	***Mésithylène	ppm
16330	147	11	***2,3,7,8 TCDF	ppb
16340	148	11	***2,3,7,8 TCDD	ppb
16350	149	11	***P5CDF	ppb
16360	150	11	***H6CDF	ppb
16370	151	11	***H6CDD	ppb
16380	152	11	***H7CDF	ppb
16390	153	11	***H7CDD 1,2,3,4,6,8,9 a	ppb
16400	154	11	***H7CDD 1,2,3,4,7,8,9 b	ppb
16410	155	11	***OCDF	ppb
16420	156	11	***OCDD	ppb
16430	160	11	***P5CDD	ppb

Annexe 33: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - East-Sullivan

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	16	Granulométrie	-
10	6	16	pH	
301	32	16	Plomb	ppm
320	27	16	Cadmium	ppm
330	33	16	Zinc	ppm
341	19	14	**Potassium	mg/l
351	42	16	Mercure total	ppm-mg/kg
370	41	15	Manganèse	ppm
430	31	15	Nickel	ppm
440	29	16	Cuivre	ppm
451	28	16	Chrome total	ppm
460	40	16	Fer	ppm
471	61	16	**Aluminium	mg/kg-mg/l
500	34	14	Arsenic	ppm
530	17	14	Magnésium	ppm
540	16	16	Calcium	ppm
551	18	14	**Sodium	ppm
631	50	14	Cyanures totaux	ppm
676	49	1	**Phosphates eau souterraine	mg/l
887	162	15	***Matières organiques	%

Annexe 34: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Cochrane landfill, Ontario

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	3	Granulométrie	-
301	32	3	Plomb	ppm
320	27	3	Cadmium	ppm
330	33	3	Zinc	ppm
341	19	3	**Potassium	mg/l
360	38	3	Cobalt	ppm
370	41	3	Manganèse	ppm
390	65	3	Vanadium	ppm
400	36	3	Bérylium	ppm
410	26	3	Argent	ppm
420	67	3	Titane	ppm
430	31	3	Nickel	ppm
440	29	3	Cuivre	ppm
451	28	3	Chrome total	ppm
460	40	3	Fer	ppm
471	61	3	**Aluminium	mg/kg-mg/l
480	35	3	Baryum	ppm
497	63	3	**Thorium	mg/l
530	17	3	Magnésium	ppm
540	16	3	Calcium	ppm
551	18	3	**Sodium	ppm
560	66	3	*Strontium	mg/kg-mg/l
566	68	3	*Zirconium	mg/kg
575	30	3	*Molybdène	mg/kg-ppm
676	49	3	**Phosphates eau souterraine	mg/l

Annexe 35: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Vieux port de Chicoutimi

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
3	3	100	Granulométrie	-
180	51	100	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	32	79	Plomb	ppm
320	27	66	Cadmium	ppm
440	29	6	Cuivre	ppm
451	28	66	Chrome total	ppm
500	34	80	Arsenic	ppm
2011	104	17	***Benzène	ppm
2201	161	17	***Ethylbenzène	ppm
2241	71	17	***Toluene	ppm
11001	131	17	*Hydrocarbures Aromatiques Polynuc	mg/kg
11010	72	10	Acénaphthène	mg/kg
11020	73	10	Acénaphthylène	mg/kg
11030	74	17	Anthracène	mg/kg
11041	75	17	*Benzo (a) anthracène	mg/kg
11061	78	10	*Benzo (k) fluoranthène	mg/kg
11071	85	10	*Benzo (ghi) pérylène	mg/kg
11080	81	17	Benzo (a) pyrène	mg/kg
11090	83	10	Chrysène	mg/kg
11111	77	17	*Fluoranthène	mg/kg
11120	86	10	Fluorène	mg/kg
11150	93	17	Phénanthrène	mg/kg
11160	79	17	Pyrène	mg/kg
16301	171	10	***Mésithylène	ppm
18020	163	17	DDP	mg/kg
18030	164	10	***Styrène	S.U.
19000	172	17	***HAM Tot.	S.U.
19010	173	10	***DibenzoInd-123	S.U.
19020	174	17	***Essence	S.U.

Annexe 36: Liste des variables et nombre de relevés
SOL - Raffinerie d'Anjou

CODES D'ANALYSE		NB. RELEVÉS	DESCRIPTION	UNITES
Env. Can.	Interne			
0	0	146	PHYSICO-CHIMIE ET COMPOSES INORGAN	
3	3	334	Granulométrie	-
10	6	333	pH	
30	8	329	Conductivité spécifique	umhos/cm
50	7	146	Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l
105	9	146	**Redox	mV
180	51	330	Huiles & Graisses non-volatiles	ppm
301	32	331	Plomb	ppm
320	27	185	Cadmium	ppm
330	33	331	Zinc	ppm
351	42	328	Mercure total	ppm-mg/kg
430	31	331	Nickel	ppm
440	29	185	Cuivre	ppm
451	28	185	Chrome total	ppm
575	30	332	*Molybdène	mg/kg-ppm
610	21	183	Sulfates	mg/l
631	50	185	Cyanures totaux	ppm
640	20	179	Chlorures	mg/l
691	45	329	**Nitrates	mg/l-N
731	175	185	**Azote total	mg/l
810	54	334	Phénols	mg/l
871	53	310	**Carbone organique total	mg/l
2011	104	11	***Benzène	ppm
2201	161	11	***Ethylbenzène	ppm
2241	71	11	***Toluene	ppm
11020	73	11	Acénaphthylène	mg/kg
11111	77	11	*Fluoranthène	mg/kg
11140	87	11	Naphthalène	mg/kg
11150	93	11	Phénanthrène	mg/kg
11160	79	11	Pyrène	mg/kg
16151	133	11	***aroclor 1242	ppm
16161	134	11	***aroclor 1254	ppm
16171	135	11	***aroclor 1260	ppm
18090	170	326	***S. Tot.	S. U.
19030	176	11	***O-Xylène	S. U.
19040	177	10	***N-Xylène	S. U.
19050	178	11	***P-Xylène	S. U.