

Québec, le 28 octobre 2019

Objet : Demande d'accès n° 2019-08-067 – Lettre réponse

Monsieur,

La présente fait suite à votre demande d'accès, reçue le 23 août dernier, concernant le document Problématique des sols et des eaux souterraines contaminés par produits pétroliers, sélection des paramètres analytiques et le Guide de bonnes pratiques de la gestion des matériaux de démantèlement.

Les documents suivants sont accessibles. Il s'agit de :

- Problématique des sols et des eaux souterraines contaminés par des produits pétroliers : Sélection des paramètres analytiques, [1993], 147 pages;
- Guide de bonnes pratiques de la gestion des matériaux de démantèlement.

En ce qui concerne le deuxième document, nous vous soulignons qu'il est accessible sur le site Internet du Ministère, à l'adresse suivante : http://www.demandesinfos.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/matieres_residuelles/45_16_fiche.pdf

Conformément à l'article 51 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (RLRQ, chapitre A-2.1), vous pouvez demander la révision de cette décision auprès de la Commission d'accès à l'information. Vous trouverez, en pièce jointe, une note explicative concernant l'exercice de ce recours.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, vous pouvez communiquer avec M. Sergimar Martins De Araujo, analyste responsable de votre dossier, à l'adresse courriel sergimar.martinsdearaujo@environnement.gouv.qc.ca, en mentionnant le numéro de votre dossier en objet.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

La directrice,

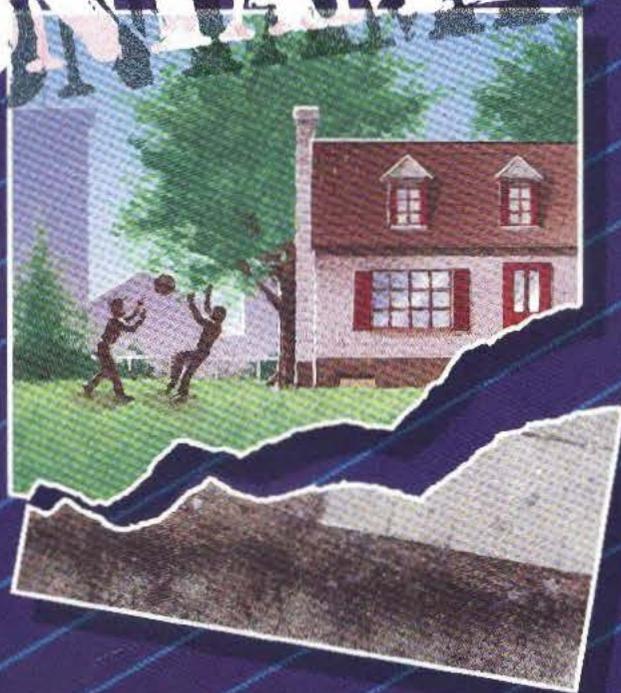
(Original signé)

Julie Samuël

p. j. 3

**PROBLÉMATIQUE DES SOLS ET
DES EAUX SOUTERRAINES CONTAMINÉS
PAR DES PRODUITS PÉTROLIERS :
SÉLECTION DES PARAMÈTRES ANALYTIQUES**

TERRAINS CONTAMINÉS



**PROBLÉMATIQUE DES SOLS ET
DES EAUX SOUTERRAINES CONTAMINÉS
PAR DES PRODUITS PÉTROLIERS :
SÉLECTION DES PARAMÈTRES ANALYTIQUES**

**Direction des programmes de gestion
des déchets et des lieux contaminés
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT**

5124-07-04-03

Novembre 1993

Le présent document fait partie des guides supports portant sur les terrains contaminés dont la liste figure dans la *Politique de réhabilitation des terrains contaminés* (MENVIQ, Envirodoq 880081, 1988).

Toute information nominative de nature commerciale utilisée dans le présent document n'implique pas une recommandation de l'adopter.

Envirodoq EN940209
QEN/SD-18/1.

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 1994
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-29348-7

© Gouvernement du Québec, 1994

Conception et rédaction	: Renée Gauthier*	MENVIQ
Collaboration et validation (Comité technique)	: Aviva Battat Pierre Bédard Jacques Boulerice Sylvain Léger François Messier Richard Northon	MENVIQ CONSULTANT MENVIQ MONENCO AGRA MENVIQ ENVIROLAB
Collaboration externe au comité technique	: Michel Beaulieu Line Boisvert Luc Champagne Donald Colgan John Hughes Luc Levert Richard Martel Marc Paquet André Prus Nicole Raymond	MENVIQ MENVIQ MENVIQ MENVIQ MENVIQ MENVIQ MENVIQ ENVIROLAB MENVIQ MENVIQ
Conception graphique	: Hélène Giroux	MENVIQ
Traitement de texte	: Nicole Audet	MENVIQ

* À qui toute correspondance devrait être acheminée.

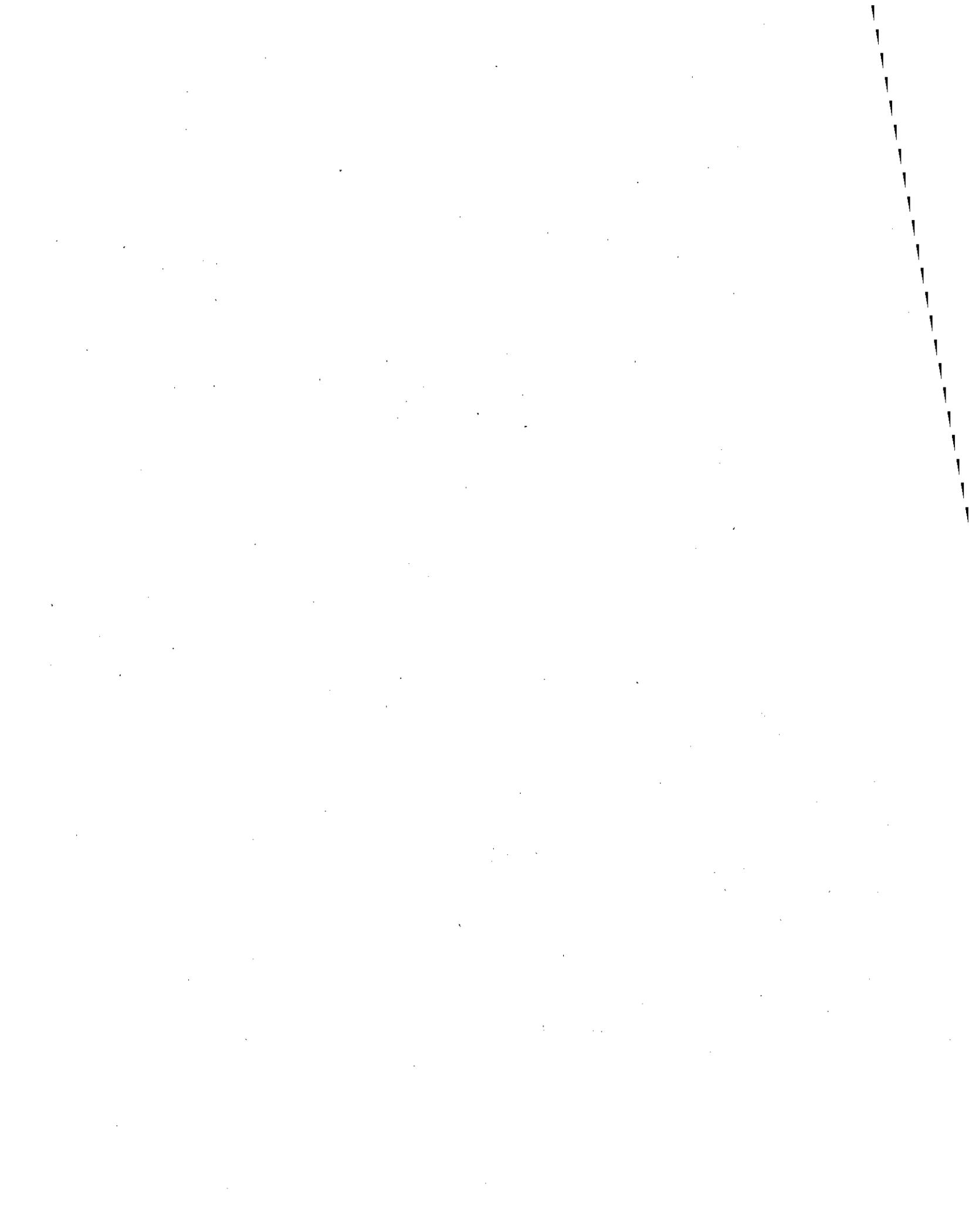


TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xi
SOMMAIRE	1
1.0 INTRODUCTION	7
2.0 INFORMATIONS PERTINENTES AUX CAS DE CONTAMINATION PAR DES HYDROCARBURES	9
3.0 CLASSIFICATION DES HYDROCARBURES ET NATURE DES CONSTITUANTS	11
3.1 <u>Complexité des mélanges</u>	12
3.1.1 Dégradation des constituants d'un mélange	14
3.2 <u>Caractéristiques des mélanges d'hydrocarbures</u>	15
3.2.1 L'essence	15
3.2.2 Le diesel	15
3.2.3 Le <i>jet fuel</i>	16
3.2.4 Le mazout industriel et domestique	16
3.2.5 Les lubrifiants	18
3.2.6 L'asphalte et le bitume	18
4.0 CARACTÉRISATION ET QUANTIFICATION DES COMPOSANTES DES MÉLANGES	19
4.1 <u>Dosage des huiles et graisses</u>	19
4.1.1 Huiles et graisses minérales (H et G minérales)	19
4.2 <u>Dosage des produits pétroliers par chromatographie</u>	23
4.3 <u>Dosage de la fraction aromatique du mélange par chromatographie</u>	24
4.4 <u>Approches chromatographiques versus «huiles et graisses minérales» par IR</u>	25
5.0 UTILISATION POTENTIELLE DE LA MÉTHODE «IDENTIFICATION DES PRODUITS PÉTROLIERS» (IPP) À TITRE D'ALTERNATIVE À LA MÉTHODE «HUILES ET GRAISSSES MINÉRALES»	27
5.1 <u>Quantification à partir de pics sélectionnés pour chaque mélange d'hydrocarbures</u>	27
5.1.1 Présence d'hydrocarbures non altérés ou non dégradés	27
5.1.2 Présence d'hydrocarbures partiellement dégradés	34
5.1.3 Présence d'hydrocarbures dégradés	34
5.2 <u>Quantification par intégration de l'enveloppe complète d'hydrocarbures</u>	34
5.2.1 Impact de la sélection de la solution standard	38
5.2.2 Pertinence d'intégrer aussi l'enveloppe d'hydrocarbures ou seulement les pics résolus	45
5.2.3 Comparaison des résultats issus de la méthode chromatographique IPP par GC-FID et des huiles et graisses minérales par IR	46

5.3	<u>Analyses de mélanges très dégradés de produits pétroliers à partir de la méthode IPP : sols d'un terrain de raffinerie</u>	53
6.0	PERTINENCE DE DOSER LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP) LORSQUE DES MÉLANGES DE PRODUITS PÉTROLIERS CONTAMINENT DES SOLS OU DE L'EAU SOUTERRAINE	57
7.0	SÉLECTION DU PARAMÈTRE LE PLUS ADÉQUAT EN FONCTION DU TYPE DE CONTAMINATION PAR DES PRODUITS PÉTROLIERS	59
8.0	APPROCHES DE GESTION POUR DES SOLS ET DE L'EAU SOUTERRAINE CONTAMINÉS PAR DES PRODUITS PÉTROLIERS	69
8.1	<u>Critères organoleptiques</u>	72
8.2	<u>Activités de développement</u>	72
9.0	MÉTHODE DE DOSAGE DES HUILES ET GRAISSES MINÉRALES	75
9.1	<u>Données de performance</u>	75
9.2	<u>Méthode révisée</u>	75
9.2.1	Domaine d'application	77
9.2.2	Principe et théorie	77
9.2.3	Fiabilité	77
9.2.3.1	Interférences	77
9.2.3.2	Limite de détection	77
9.2.3.3	Limite de quantification	78
9.2.3.4	Sensibilité	78
9.2.3.5	Fidélité	78
9.2.3.6	Justesse	78
9.2.3.7	Récupération	78
9.2.4	Prélèvement et conservation	78
9.2.5	Appareillage	79
9.2.6	Réactifs et étalons	79
9.2.7	Protocole analytique	80
9.2.7.1	Préparation de la verrerie	80
9.2.7.2	Préparation des échantillons	80
9.2.7.3	Dosage	81
9.2.8	Calcul et expression des résultats	82
9.2.9	Bibliographie	82
9.3	<u>Programme de contrôle de qualité pour l'analyse des huiles et graisses minérales contenues dans les sols</u>	83
9.3.1	Contrôle interne au laboratoire	83
9.3.2	Objectifs de performance	84
10.0	CRITÈRES D'INTERVENTION POUR LES SOLS ET L'EAU SOUTERRAINE	85
10.1	<u>Critères applicables à des sols et de l'eau souterraine contaminés par de l'essence</u>	86
10.2	<u>Critères applicables à des sols et de l'eau souterraine contaminés par tout autre mélange d'hydrocarbures que de l'essence</u>	86
	BIBLIOGRAPHIE	91
	SIGNIFICATION DES ACRONYMES	93

ANNEXE A 95

ANNEXE B 105

ANNEXE C 113

ANNEXE D 123

ANNEXE E 129

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Caractéristiques de certains mélanges d'hydrocarbures en fonction de la longueur de la chaîne carbonée	17
Figure 2	Chromatogramme d'un sol contaminé par du carburant d'avion (jet fuel A)	29
Figure 3	Chromatogramme d'un sol contaminé par du kérosène	30
Figure 4	Chromatogramme d'un sol contaminé par du mazout domestique # 1	31
Figure 5	Chromatogramme d'un sol contaminé par du mazout domestique # 2	32
Figure 6	Chromatogramme d'un sol contaminé par du diesel	33
Figure 7	Chromatogramme d'un sol contaminé par du mazout domestique # 2 partiellement évaporé	35
Figure 8	Chromatogramme d'un sol contaminé par du mazout domestique ou du diesel dégradé	36
Figure 9	Chromatogramme d'un sol contaminé par un mélange hautement dégradé	37
Figure 10	Chromatogramme d'une solution standard de diesel	39
Figure 11	Chromatogramme d'une solution standard d'huile à moulin à coudre	40
Figure 12	Chromatogramme d'une solution standard d'huile à moteur 10W30	41
Figure 13	Chromatogramme d'un sol contaminé par du diesel - Sol N-1	43

Figure 14	Chromatogramme d'un sol contaminé par du diesel - Sol B-1	44
Figure 15	Absorbance des différentes solutions standards étudiées, en fonction de la concentration en huiles et graisses minérales	48
Figure 16	Chromatogramme d'un sol contaminé par des activités pétrolières (terrain de raffinerie)	54
Figure 17	Approche de gestion et sélection des paramètres analytiques les plus adéquats en fonction du type de contamination en produits pétroliers. Cas de déversement et de fuites de réservoirs souterrains	70
Figure 18	Approche de gestion et sélection des paramètres analytiques les plus adéquats en fonction du type de contamination en produits pétroliers. Terrains de raffinerie	71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Variations dans les concentrations des constituants majeurs de l'essence en fonction de la provenance du pétrole brut (fractions 36 à 117°C)	13
Tableau 2	Exemples de variations rencontrées dans les teneurs de constituants de mélanges d'essence purs	14
Tableau 3	Méthodes analytiques utilisées couramment pour la caractérisation de produits pétroliers	20
Tableau 4	Avantages et inconvénients de la méthode de dosage des huiles et graisses minérales (INFRAROUGE).	22
Tableau 5	Avantages et inconvénients de la méthode chromatographique «identification des produits pétroliers» (IPP).	24
Tableau 6	Sélection des pics en fonction du mélange d'hydrocarbures	28
Tableau 7	Teneurs en huiles et graisses minérales, HAP et produits pétroliers par GC-FID (IPP) dans des sols contaminés au diesel (sols bruts et sols dégradés provenant de lieux d'entreposage temporaire pour fins de biotraitement) et dans des sols issus d'un terrain de raffinerie.	42
Tableau 8	Teneur en produits pétroliers selon deux méthodes d'intégration (méthode IPP).	46
Tableau 9	Concentration en huiles et graisses minérales et totales de 26 échantillons de sols contaminés par du diesel selon les diverses solutions standards étudiées (g/kg)	49
Tableau 10	Écarts observés entre les résultats issus des dosages par infrarouge (huiles et graisses minérales) et par GC-FID (IPP)	52
Tableau 11	Concentration en produits pétroliers obtenus par GC-FID dans trois sols issus d'un terrain de raffinerie.	55
Tableau 12	Données de performance liées à la méthode de dosage des huiles et graisses minérales par IR	76
Tableau 13	Critères véhiculés par la littérature pour la gestion de sols contaminés par des produits pétroliers	85
Tableau 14	Critères prescrits pour les COV.	86
Tableau 15	Critères prescrits pour les HAP.	87

Tableau 16	Critères prescrits pour les huiles et graisses minérales	88
Tableau A-1	Substances organiques identifiées dans divers mélanges d'hydrocarbures	97
Tableau B-1	Concentrations des composés majeurs de l'essence sans plomb	107
Tableau B-2	Classes de composés principalement détectés dans un mélange de mazout domestique ou de diesel	108
Tableau B-3	Constituants types d'un mélange de mazout domestique ou de diesel	109
Tableau B-4	Concentrations types de divers contaminants dans l'essence, le mazout domestique, le diesel, le pétrole brut et les résidus de raffinage	110
Tableau D-1	Gestion de sols contaminés. Valeurs seuils pour l'intervention et/ou objectifs de décontamination.	125

SOMMAIRE

À l'heure du démantèlement de complexes industriels vétustes et du remplacement de vieux réservoirs souterrains, un problème accru de contamination des sols se manifeste. Actuellement, plus de 80 % des terrains inventoriés par le Ministère sont contaminés principalement par des hydrocarbures. Considérant les enjeux environnementaux, les efforts à déployer et les coûts associés à la caractérisation et à la restauration de terrains contaminés, il est nécessaire de s'assurer d'optimiser la pertinence des paramètres analytiques sélectionnés et la fiabilité des résultats à partir desquels les décisions sont prises.

La caractérisation de terrains contaminés par des produits pétroliers présente un défi particulier. En effet, les produits pétroliers sont des mélanges organiques complexes de plusieurs centaines de substances appartenant aux classes des paraffines, des oléfines, des aromatiques et des naphtènes. Les constituants du mélange peuvent varier en fonction de la provenance du pétrole brut et des techniques de raffinage (*cracking* ou *reforming...*), et leur composition est susceptible d'être modifiée avec le temps, en raison de la dégradation des hydrocarbures. L'action du milieu sur les constituants d'un mélange d'hydrocarbures est complexe et laisse à titre de résidu les fractions les plus persistantes du mélange original. En général, le résultat est difficilement prévisible. Ces considérations suffisent à rendre complexe la caractérisation de matrices contaminées par des produits pétroliers.

La méthode de dosage des «huiles et graisses minérales» est une technique largement utilisée pour la caractérisation de matrices contaminées par des hydrocarbures. La majorité des critères d'intervention utilisés en Europe comme en Amérique sont des valeurs préétablies pour les paramètres «huiles et graisses minérales» et «essence». Il appert cependant que l'utilisation du paramètre «huiles et graisses minérales» a entraîné certaines interrogations liées à la reproductibilité et à l'exactitude des résultats qu'elle génère. Aussi, la Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés (DPGDL) s'est donné le mandat d'apporter une solution aux problèmes rencontrés, de proposer une approche de gestion applicable à la caractérisation de terrains contaminés par des hydrocarbures et d'établir les critères représentant les seuils d'intervention propres aux paramètres analytiques sélectionnés. La présente résume les travaux du groupe de travail formé principalement de chimistes issus des milieux privé et public, et qualifiés soit en analyse de laboratoire, soit en gestion de projet de caractérisation de terrains contaminés par des hydrocarbures.

LA MÉTHODE DE DOSAGE DES HUILES ET GRAISSES MINÉRALES PAR INFRAROUGE (IR)

Contrairement à d'autres paramètres pour lesquels il existe des méthodes qui permettent de doser sélectivement des constituants du mélange (EPA 8270 par exemple), le paramètre «huiles et graisses minérales» est défini comme toutes substances extractibles au fréon et qui possèdent une liaison C-H absorbant dans la région de 2930 cm^{-1} . Le tableau «a» présente les avantages et les inconvénients liés à cette approche analytique. En raison des désavantages identifiés, des méthodes alternatives ont été envisagées dans le cadre du présent mandat.

LA MÉTHODE DE DOSAGE ET D'IDENTIFICATION DES PRODUITS PÉTROLIERS PAR GC-FID (IPP)

La possibilité d'utiliser une approche chromatographique pour caractériser une matrice contaminée par des produits pétroliers a fait l'objet d'investigations plus approfondies. Le tableau «b» présente les avantages et les inconvénients de la méthode IPP par GC-FID. Aussi, différentes procédures de sélection et de quantification des pics chromatographiques ont été étudiées.

Vingt-six sols contaminés par du diesel, ainsi que trois sols issus d'un terrain de raffinerie ont été analysés pour déterminer leur contenu en HAP, en huiles et graisses minérales selon différentes solutions standards et en produits pétroliers par GC-FID selon différentes approches de quantification des pics chromatographiques. Cet exercice a permis de faire les observations suivantes :

- Dans les 26 cas observés dans le cadre du présent exercice, une corrélation existe entre les huiles et graisses minérales par IR et les produits pétroliers par IPP, selon les conditions chromatographiques et d'intégration utilisées. Le coefficient de corrélation de l'ensemble des régressions linéaires réalisées est de 0,98 (annexe E);
- La méthode IPP par GC-FID peut constituer une alternative à la méthode des huiles et graisses minérales pour la caractérisation de mélanges frais. Elle peut être applicable aux cas de mélanges dégradés en intégrant toute l'enveloppe d'hydrocarbures incluant les pics résolus. Cependant, cette méthode doit d'abord être développée pour le choix de la solution standard, la détermination des conditions chromatographiques et la sélection du protocole et des limites d'intégration, puis normalisée. L'applicabilité de cette méthode à certains échantillons très dégradés, comme des sols issus d'un terrain de raffinerie par exemple, reste à démontrer.

DISCUSSION

Sur la base de ces observations, et considérant la complexité liée à l'établissement d'une approche de caractérisation fiable et judicieuse, cinq options ont été identifiées :

OPTION 1	Conservier la méthode «huiles et graisses minérales» par IR (après sa révision) avec la solution standard habituelle (benzène/isooctane/hexadécane)
OPTION 2	Conservier la méthode «huiles et graisses minérales» par IR (après sa révision) et sélectionner une nouvelle solution standard
OPTION 3	Utiliser la méthode IPP par GC-FID pour les hydrocarbures de C ₉ à C ₃₀ ou 40 (et «huiles et graisses minérales» si > C ₃₀ ou 40) avec une solution standard couvrant toute la plage des n-alcanes, en intégrant les pics résolus <u>et</u> le massif de pics étroitement fusionnés. Limites d'intégration : C ₉ à C ₃₀ ou 40
OPTION 4	Utiliser la méthode IPP par GC-FID pour les hydrocarbures de C ₉ à C ₃₀ ou 40 (et «huiles et graisses minérales» si > C ₃₀ ou 40) avec la solution standard appropriée à <u>chaque</u> mélange rencontré. Intégrer les pics résolus <u>et</u> le massif. Limites d'intégration : propres à chaque mélange rencontré
OPTION 5	Utiliser la méthode IPP par GC-FID pour les hydrocarbures de C ₉ à C ₃₀ ou 40 (et «huiles et graisses minérales» si > C ₃₀ ou 40) avec la solution standard appropriée à chaque mélange rencontré. Quantifier à partir de pics sélectionnés

Parce qu'elle ne permet pas de doser des sols dégradés ni des mélanges plus lourds que l'huile à chauffage, l'option 5 a rapidement été écartée. Les options 3 et 4, bien qu'elles permettent de quantifier des échantillons partiellement dégradés, ne rendent pas possible le dosage des hydrocarbures de plus de 30 ou 40 carbones. Il demeure que le plus grand défi avec ces approches chromatographiques est de contourner le problème potentiel lié au choix des limites d'intégration en fonction de chaque profil chromatographique, en plus de sélectionner la solution standard adéquate pour la quantification.

N'ayant pu, à la lumière des informations actuelles, atteindre un consensus sur l'établissement de limites d'intégration standardisées ou même sur la pertinence d'en établir, le comité ne peut recommander, pour le moment, d'utiliser la méthode IPP à la place des huiles et graisses minérales pour générer des résultats quantitatifs. Cependant, le comité recommande l'utilisation de la méthode IPP pour l'identification des mélanges et leur caractérisation semi-quantitative. Dans ce contexte, les options 3 et 4, en dépit de l'intérêt qu'elles représentent, sont temporairement écartées dans un contexte de quantification.

Les options 1 et 2 sont ainsi actuellement identifiées comme les seules avenues à court terme. Ces options proposent de poursuivre l'utilisation de la méthode des huiles et graisses minérales par IR. Il faut toutefois optimiser la méthode dans la mesure du possible. Les améliorations apportées ne permettront toutefois pas l'identification du mélange (diesel, huile lubrifiante...) ni de tenir compte du contenu en aromatiques du mélange de produits pétroliers. Le rapport du comité propose une procédure revue et normalisée.

La différence entre les options 1 et 2 réside dans le choix de la solution standard. Le tableau «a» fait état des problèmes engendrés par la présence du benzène dans la solution standard. Aussi, d'un point de vue strictement scientifique, l'option 2 serait favorisée. Toutefois, le changement de la solution standard entraînerait une nouvelle série de résultats, non comparables avec ceux produits lors des études de caractérisation antérieures. Cette nouvelle génération de données serait généralement 30 % moins élevée que la génération précédente.

D'autre part, le 1^{er} janvier 1995, la communauté internationale entend bannir l'utilisation du fréon (le solvant actuellement préconisé pour l'extraction des huiles et graisses minérales) en raison du risque qu'il représente pour la couche d'ozone. Bien qu'il semble que l'utilisation du fréon dans un contexte analytique par des laboratoires serait tolérée, il demeure qu'une alternative pour l'extraction devra être proposée. Aussi, la façon d'extraire les huiles et graisses minérales devra être modifiée à partir de 1995 (par exemple : utilisation de nouvelles méthodes tels l'extraction par un fluide super critique, l'utilisation d'un soxtec plutôt que d'un soxhlet pour réduire le volume de fréon nécessaire à la solubilisation des huiles et graisses, le changement du solvant d'extraction...). Toute modification de l'approche pourrait générer une série de résultats différents de ceux obtenus par la méthode actuelle. Dans ce contexte, il n'apparaît pas judicieux de proposer, en 1993, des changements de solution standard ou de méthodologie puisque de toute façon, cette méthode devra être revue pour 1995.

Dans le présent contexte, le comité ne peut que recommander d'utiliser l'option 1. Cependant, il juge essentiel de tester la méthode révisée proposée dans ce rapport par l'entremise d'une étude inter-laboratoires. Il propose l'application d'un programme d'assurance-qualité rigoureux et le respect de critères de performance sans quoi les résultats pourront être refusés. Le comité recommande que seuls les résultats issus de laboratoires accrédités pour le paramètre «huiles et graisses minérales» dans les sols et dans l'eau soient acceptés.

De plus, les composés organiques volatils (COV) et les HAP devront également être dosés lors de la caractérisation d'un terrain contaminé, afin de vérifier le contenu du mélange en composés aromatiques.

Le comité entend actualiser son rapport après les événements liés au remplacement du fréon, soit en 1995. D'ici là, des activités de développement seront réalisées :

- la méthode IPP n'étant pas mise de côté, les approches de quantification seront étudiées davantage dans une optique de normalisation éventuelle de la méthode. De plus, l'analyse de sols dégradés permettra de tester les approches sélectionnées;
- la méthode révisée pour les huiles et graisses minérales sera évaluée par une étude inter-laboratoires. Des alternatives en matière d'extraction et de sélection d'une solution standard feront l'objet d'investigations;
- d'autres avenues seront étudiées pour remplacer le fréon comme solvant d'extraction dans la méthode analytique.

Tableau a

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA MÉTHODE DE DOSAGE DES HUILES ET GRAISSES MINÉRALES* (INFRAROUGE)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Procédure simple et relativement peu coûteuse; • Paramètre intégrateur; • Permet de doser des substances dont le point d'ébullition est si élevé qu'il n'est pas possible de les chromatographier actuellement en routine par les techniques courantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne permet pas le dosage de chacun des constituants présents; • Peut surestimer la teneur en hydrocarbures (interférences positives) : <ul style="list-style-type: none"> - présence de substances organiques, autres que les H et G minérales, solubles dans le fréon et qui possèdent une bande C-H absorbant à $2\ 930\ \text{cm}^{-1}$, - présence de substances non polaires retrouvées de façon naturelle dans l'humus : acides fulvique et humique, - utilisation du benzène pour constituer la solution standard; • Peut sous-estimer la teneur en hydrocarbures (interférences négatives) : <ul style="list-style-type: none"> - perte des courtes chaînes aliphatiques et des composés organiques volatils (COV) lors de la procédure, - adsorption de certains composés aromatiques et d'hydrocarbures chlorés, soufrés ou azotés sur le gel de silice, - certains hydrocarbures lourds non solubles dans le fréon pourraient ne pas être dosés, - la longueur d'onde sélectionnée ne vise que les aliphatiques, les aromatiques n'absorbant pas à $2\ 930\ \text{cm}^{-1}$. Aussi, les teneurs en huiles et graisses minérales ne tiennent pas compte de la présence ou de l'absence des substances telles que des HAP; • L'utilisation de la solution standard hexadécane/isooctane/benzène peut représenter un problème lorsque le mélange à doser contient majoritairement des hydrocarbures lourds. La solution standard ne contient pas de substances types représentatives des hydrocarbures à chaînes plus longues que 16 carbones; • Le solvant d'extraction actuel ne sera plus disponible à partir du 1^{er} janvier 1995.

* EPA-418.1; STM 503 B,E (1985); STM 5520 C,F (1989)

Tableau b

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA MÉTHODE CHROMATOGRAPHIQUE «IDENTIFICATION DES PRODUITS PÉTROLIERS» (IPP)*

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Le FID est un bon détecteur pour les hydrocarbures**; • Permet le dosage sélectif d'un mélange de produits pétroliers en fournissant un profil type par mélange; • Approche intégrative développée spécifiquement pour les cas de fuites de produits pétroliers issues de réservoirs souterrains; • Moins coûteuse que les dosages des HAP, composés phénoliques, hydrocarbures chlorés, BPC... par chromatographie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitation en raison de la similarité relative de la solution standard et de l'échantillon à doser. Plus l'échantillon est dégradé, plus la représentativité de la solution standard est limitée; • Ne permet pas de doser des substances contenant plus de 30 ou 40 carbones (poids moléculaires élevés); • Plus coûteuse que la technique H et G minérales; • Possibilité de perte des courtes chaînes aliphatiques et de composés organiques volatils (si l'on ne travaille pas en vase clos).

* TPH : EPA-8015 modifiée; MOE, 1983

** Potter, 1993

1.0 INTRODUCTION

Chaque année, des milliers de mètres cubes de sols contaminés par des hydrocarbures sont caractérisés et gérés. De telles interventions iront en s'accroissant avec la parution du nouveau règlement sur les produits pétroliers du ministère de l'Énergie et des Ressources et avec les modifications à la Loi sur la qualité de l'environnement résultant de l'adoption du projet de loi 65 du ministère de l'Environnement du Québec, qui donnent au gouvernement un pouvoir d'intervention accru sur la gestion des lieux contaminés. Considérant les enjeux environnementaux, les efforts à déployer et les coûts associés à la caractérisation et à la restauration de tels terrains, et considérant la complexité de doser des mélanges de produits pétroliers, il est nécessaire de s'assurer d'utiliser les paramètres les plus adéquats en fonction du type de mélange, afin d'optimiser la pertinence et la fiabilité des résultats à partir desquels les décisions sont prises.

La caractérisation de terrains contaminés par des hydrocarbures présente des problèmes particuliers. Les sols, comme l'eau souterraine, sont contaminés par un mélange de substances, mélange variable en fonction de la provenance du pétrole brut et des modes de préparation utilisés, et dont la composition est, de plus, susceptible d'être modifiée avec le temps (dégradation). Il ne s'agit pas d'une contamination par un agent polluant spécifique pour lequel un seuil critique d'intervention peut être plus aisément établi. Dans pareils cas, lors de la caractérisation de terrains contaminés, deux approches fondamentales peuvent être envisagées : l'une préconise l'identification et la quantification de chacune des substances individuellement, alors que l'autre vise l'utilisation d'un paramètre intégrateur. Cette dernière approche, habituellement utilisée à titre de technique de dépistage, a pour caractéristique principale d'être sensible à une gamme de substances mais non nécessairement sélective pour un contaminant donné. Ces techniques peuvent être soit d'application relativement large et donc peu sélective, soit d'application plus restreinte et ainsi plus spécifique.

Le dosage des huiles et graisses minérales est une technique qui a été largement utilisée pour l'étude de cas de contamination par des hydrocarbures. Il appert cependant que son utilisation a entraîné certaines interrogations liées à la reproductibilité et à l'exactitude des résultats qu'elle génère.

À la suite de certains problèmes signalés, entre autres par des intervenants de compagnies pétrolières, le groupe «Développement et orientation» de la Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés (DPGDLC) s'est donné le mandat d'apporter une solution aux problèmes rencontrés lors de l'utilisation du paramètre «huiles et graisses minérales» et plus globalement, de proposer une approche de gestion applicable à la caractérisation de terrains contaminés par des hydrocarbures. Ce dernier mandat inclut l'établissement d'une procédure pour la sélection du ou des paramètres adéquats dans le contexte d'une contamination par des hydrocarbures, de même que l'établissement de critères représentant les seuils d'intervention propres aux paramètres sélectionnés.

Un groupe de travail a été formé en avril 1991 afin de mettre à profit l'expertise de plusieurs professionnels en matière de contamination par des hydrocarbures. Composée de sept membres, cette équipe regroupe des intervenants des milieux privé et public, qualifiés soit en analyses de laboratoire, soit en gestion de projet de caractérisation de terrains contaminés par des hydrocarbures. L'équipe de travail est formée de :

- . Madame Aviva Battat, chimiste
Direction des laboratoires du ministère de l'Environnement (MENVIQ);
- . Monsieur Pierre Bédard, chimiste Ph.D.
Consultant indépendant;
- . Monsieur Jacques Boulerice, technicien
Direction des laboratoires (MENVIQ);
- . Madame Renée Gauthier, chimiste M.Sc. (responsable du projet)
Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés
(MENVIQ);
- . Monsieur Sylvain Léger, chimiste et ingénieur M.Sc.A.
Monenco Agra (Montréal);
- . Monsieur François Messier, chimiste Ph.D.
Direction des laboratoires (MENVIQ);
- . Monsieur Richard Northon, chimiste, M.Sc.
Laboratoire Envirolab (Roche ltée).

Il est à noter que, bien que l'équipe de travail ait collaboré à chaque étape de la réalisation des mandats, la Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés se réserve la responsabilité d'établir, au besoin, les critères d'intervention.

Le présent document vise à fournir le détail de l'approche de gestion établie.

2.0 INFORMATIONS PERTINENTES AUX CAS DE CONTAMINATION PAR DES HYDROCARBURES

L'expertise amenée par les membres de l'équipe, de concert avec l'information révélée par environ 400 publications¹, a permis à prime abord de dégager certains points :

1. La majorité des critères d'intervention utilisés en Europe comme en Amérique sont des valeurs préétablies (en opposition à des valeurs "site specific" pour les paramètres intégrateurs «huiles et graisses minérales» et «essence».
2. Aux États-Unis, la terminologie TPH (*total petroleum hydrocarbons*) vise souvent la quantification des substances extractibles au fréon et, en ce sens, elle est équivalente à ce qu'au Québec on appelle les «huiles et graisses minérales²». Les Américains considèrent généralement comme TPH des résultats issus d'une détection par infrarouge comme d'une quantification par chromatographie en phase gazeuse². Il est cependant de plus en plus courant de voir la littérature référer aux «huiles et graisses minérales» en terme de TRPH c'est-à-dire "*total recoverable petroleum hydrocarbons*" alors qu'elle attribue l'appellation TPH à l'approche chromatographique^{3,4}.
3. Une trentaine d'États américains ainsi que quatre provinces canadiennes utilisent des critères prédéterminés pour la gestion des sols contaminés par des hydrocarbures. Certaines juridictions considèrent en complément la présence d'odeur(s) persistante(s) et l'impact sur l'intégrité de l'eau souterraine. La gamme de valeurs rencontrées va de 1 000 à 20 000 mg/kg pour les huiles et graisses minérales, 10 à 1 000 mg/kg pour l'essence et 100 à 10 000 mg/kg pour le diesel⁵. La littérature rapporte qu'il ne s'agit pas de critères basés sur une protection de la santé publique (analyse de risque)⁵ ou de l'écosystème, mais plutôt de valeurs seuils guidées par l'expérience sur le terrain.
4. Certains États américains utilisent parallèlement aux critères préétablis une technique applicable directement sur le terrain : la mesure des concentrations de gaz combustibles. Cette technique est habituellement réservée au suivi de la qualité des fonds et des parois d'excavation lors de projets de restauration. Les objectifs à atteindre sont généralement de

1 Recherche bibliographique informatisée : Détermination des huiles et graisses minérales et produits pétroliers dans les matrices environnementales. MENVIQ. BIBE/91-39 (août 1991)

2 Block, N.R., Allworth, N., Bishop, M., (1991). Assessment of diesel contamination in soil. Petroleum contaminated soils. Volume 1, chapitre 11. Lewis Publishers

3 Baugh, A.L., Lovegreen, J.R., (1990). Differentiation of crude oil and refined petroleum products in soil. Petroleum contaminated soils. Volume 3, chapitre 12. Lewis Publishers

4 Miller, M.W., Ferko, M.M., Genicola, F., Kopera, A.J., Stainken, D.M., (1991). An analytical manual for petroleum products in the environment. Petroleum contaminated soils. Volume 1, chapitre 20. Lewis Publishers

5 Williams, D.R., O'Connor, M.J., Krishnaya, A.V. (1991). The relationship between field screening techniques and health risk-based cleanup criteria for petroleum contaminated sites. Petroleum contaminated soils. Volume 1, chapitre 17. Lewis Publishers

l'ordre de 200 à 1 250 ppm, soit approximativement 1,6 à 10 % du seuil d'explosibilité de l'essence⁵.

5. La littérature présente également certains critères génériques pour les sols, basés sur une approche d'analyse de risque pour la santé publique^{6,7,8}. Toutefois, cette approche n'est appliquée que pour certaines substances comme les constituants organiques volatils d'un mélange (en considérant le benzène comme principale base pour les estimations des doses d'exposition) et le benzo (a) pyrène⁶. L'analyse de risque pour la santé publique est une approche judicieuse lorsqu'une substance donnée peut être identifiée comme la plus préoccupante d'un mélange. Le benzène dans l'essence en est un exemple. L'identification d'une substance type pour le diesel ou le kérosène (le benzo (a) pyrène par exemple⁶) est cependant nettement moins évidente.

Sullivan, Miller et Custance rapportent des estimations de doses d'exposition à des sols contaminés par de l'huile brute ("*crude oil*") en utilisant des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) cancérogènes comme paramètres indicateurs⁹. Bien qu'il faille être conscient des incertitudes entraînées par l'utilisation de la relation dose-réponse d'une ou de quelques substances pour caractériser l'impact d'un mélange, cette approche demeure pour le moment une des plus prometteuses pour l'élaboration de critères génériques d'intervention.

6 Gilbert, C.E., Calabrese, E.J., (1990). A critical evaluation of indicator compound methodologies for n° 2 fuel oil. Petroleum contaminated soils. Volume 3, chapitre 20. Lewis Publishers

7 Hartley, W.R., Ohanian, E.V., (1990). A toxicological assessment of unleaded gasoline contamination of drinking water. Petroleum contaminated soils. Volume 3, chapitre 23. Lewis Publishers

8 Carter, J.C., (1990). Evaluating migration of petroleum products in soil to determine public health implications : the health assessment process. Petroleum contaminated soils. Volume 3, chapitre 1. Lewis Publishers

9 Sullivan, M.J., Miller, C.J., Custance, S.R., (1991). A risk assessment for crude oil in residential surface soils. Hydrocarbon contaminated soils. Volume 1, chapitre 42. Lewis Publishers

3.0 CLASSIFICATION DES HYDROCARBURES ET NATURE DES CONSTITUANTS

Le terme «hydrocarbures» regroupe tous les composés organiques à base de carbone (C) et d'hydrogène (H) et caractérisés par une ou plusieurs liaisons C-H. Les hydrocarbures peuvent être constitués de chaînes linéaires simples (hydrocarbures aliphatiques) ou multiples, ramifiées, cycliques ou aromatiques, et supporter divers groupements fonctionnels (hydrocarbures substitués). L'industrie pétrolière répartit généralement les différents hydrocarbures en quatre grandes catégories¹⁰ :

- a) les paraffines ($C_n H_{2n+2}$) : ces hydrocarbures complètement saturés peuvent être linéaires ou ramifiés. Hydrocarbures aliphatiques, alcanes (exemples : méthane, éthane, propane, butane, pentane, hexane, heptane...);
- b) les naphènes ($C_n H_{2n}$) : des hydrocarbures cycliques complètement saturés, cycloalcanes (exemples : cyclopropane, cyclobutane, cyclopentane, cyclohexane, cycloheptane...);
- c) les oléfines : des hydrocarbures linéaires insaturés (présence de liaisons multiples : alcènes...) (exemples : propylène, butène-1 isobutylène, pentène);
- d) les aromatiques : des hydrocarbures cycliques et insaturés qui peuvent aussi être constitués de noyau(x) condensé(s) (exemples : benzène, toluène, xylène, benzo (a) pyrène...).

Les hydrocarbures sont des substances non polaires qui ont généralement une solubilité limitée dans l'eau. Le nombre de carbones a un effet direct sur les caractéristiques physico-chimiques du composé. Ainsi, les composés à chaînes aliphatiques (alcanes ou paraffines) de moins de 4 carbones sont des gaz alors que ceux contenant jusqu'à 17 carbones sont des liquides dont la densité est inférieure à celle de l'eau (<1). Les chaînes de plus de 18 carbones caractérisent des composés solides que l'on appelle communément des cires¹⁰. La solubilité des alcanes (ou paraffines) en milieu aqueux de même que leur pression de vapeur décroissent en fonction de l'augmentation du nombre d'atomes de carbone.

Les naphènes (cycloalcanes) présentent des caractéristiques physico-chimiques comparables à celles propres aux chaînes aliphatiques. Leur densité est inférieure à 1 et leur solubilité, de même que leur pression de vapeur, sont fonction de la quantité d'atomes de carbones présents.

Les hydrocarbures aromatiques ont des structures cycliques insaturées qui favorisent la délocalisation des électrons (phénomène de résonance), ce qui leur confère une stabilité accrue. Ils ont comme base le benzène. Les propriétés de ces substances sont, comme pour les naphènes, fonction du nombre de carbones présents.

¹⁰

André Fouquet, (1991). Caractérisation des déchets huileux et des huiles usées. Direction des enquêtes, MENVIQ

Les caractéristiques physico-chimiques des hydrocarbures dicteront leur comportement lors de leur rejet dans un milieu naturel. Elles auront également un impact sur leur devenir dans le milieu.

3.1 Complexité des mélanges

Les produits pétroliers sont, en fait, des mélanges organiques complexes de plusieurs centaines de substances spécifiques appartenant aux classes des paraffines, des oléfines, des aromatiques et des naphthènes. L'essence, par exemple, peut contenir plusieurs centaines d'hydrocarbures différents de même que certains additifs. Une première étude citée par Santé et Bien-être Canada (SBEC) dans son texte *Gasoline and its organic constituents*¹¹ rapporte qu'une essence ordinaire contient 240 constituants dont 180 ont pu clairement être identifiés. Une seconde étude rapporte 195 composés dont 157 ont pu être caractérisés. La majorité des substances rapportées contiennent de 6 à 12 carbones (C₆ à C₁₂) et ont donc un caractère volatil¹¹.

Dragun (1988)¹² a identifié, pour sa part, 318 constituants dans l'essence, 35 dans l'essence sans plomb, 57 dans celle à indice d'octane élevé, 40 dans le jet fuel A (kérosène), 81 dans l'huile à chauffage et 393 dans l'huile brute (*crude oil*) (annexe A, tableau A-1). À ces mélanges complexes s'ajoutent certains additifs, tels pour l'essence les agents antidétonants (carbonyle de fer), antioxydants (composés phénoliques et composés organiques aminés), désactivateurs (diamino-2 propane), anticorrosants (amines organiques), contre le gel (isopropanol), des agents de préignition (tricrésyle phosphate), des lubrifiants (huiles légères, distillats naphthéniques légers) et des colorants (dérivés méthylés de l'azobenzène-4 azo-2 naphтол et d'autres naphтоls organiques).

La source du pétrole brut¹³ utilisé lors du raffinage influence également la composition des mélanges d'hydrocarbures obtenus. Les mélanges issus de transformations chimiques (*cracking* ou *reforming*) ont souvent des compositions différentes de ceux distillés à partir du pétrole brut. Le Département américain de l'énergie¹⁴ rapporte que les mélanges transformés chimiquement peuvent contenir moins de substances présentant un risque cancérigène, tels le benzo (a) pyrène (BAP) et le benzanthracène que chez les distillats de pétrole brut. Il semble cependant que les produits commercialisés sont, en fait, des mélanges de produits distillés et transformés. La composition d'un mélange d'hydrocarbures peut donc varier en fonction de la provenance du pétrole brut utilisé, mais aussi

¹¹ Santé et Bien-être Canada (SBEC), (1985). Gasoline and its organic constituents. 43 pages

¹² Dragun, J. (1988). The Soil Chemistry of Hazardous Materials. ISBN : 0-944989-79-9. The Hazardous Materials Control Research Institute, Maryland. PP. 398 à 411

¹³ Pétrole brut : mélange naturel d'hydrocarbures de composition variée contenant également du soufre et des dérivés azotés et oxygénés. Ce mélange peut être paraffinique, asphaltique, ou les deux, selon la présence de cire de paraffine, de bitume ou des deux produits dans le résidu après distillation. La composition du pétrole varie en fonction de son origine géologique.

¹⁴ U.S. Department of Energy, (1980). Relative Health Effects of Gasoline and Heating Fuels Derived from Petroleum and Synthetic Crudes. Envirocontrol inc., Rockville, MD

des procédés de raffinage. Les produits issus du raffinage peuvent eux-mêmes varier en composition, en fonction de la demande engendrée par les conditions climatiques régionales (été/hiver). Les tableaux 1 et 2 présentent des variations dans les teneurs des constituants majeurs de la fraction essence (points d'ébullition 36 à 117°C¹⁵) de certains pétroles bruts.

Tableau 1

**VARIATIONS DANS LES CONCENTRATIONS DES CONSTITUANTS MAJEURS
DE L'ESSENCE EN FONCTION DE LA PROVENANCE DU PÉTROLE BRUT
(FRACTIONS 36 À 117°C)¹⁵**

Constituants	Volume (%)		
	Conroe, TX	Colinga, CA	Jennings, LA
Alcanes :			
n-pentane	0,33	0,44	1,12
n-hexane	6,44	7,75	9,15
n-heptane	6,90	5,94	8,42
méthyl-2 pentane	2,89	2,56	3,47
diméthyl-2,3 hexane	0,22	1,30	2,39
Alcanes cycliques :			
cyclopentane	0,96	1,76	0,67
méthyl cyclopentane	6,51	10,29	5,01
cyclohexane	10,40	7,63	7,13
méthyl cyclohexane	22,00	14,55	18,07
éthyl cyclopentane	2,03	4,38	2,34
triméthyl cyclopentane	3,64	8,12	4,18
Aromatiques :			
benzène	3,27	2,22	3,61
toluène	16,19	7,94	12,02

Adapté de Perry (1984) et cité par Nyer et Skladany (1989)¹⁵.

¹⁵

Nyer, E.K., Skladany, G.J., (1989). Relating the physical and chemical properties of petroleum hydrocarbons to soil and aquifer remediation. GWRM, Winter. Treatment technology

Tableau 2

**EXEMPLES DE VARIATIONS RENCONTRÉES DANS LES TENEURS
DE CONSTITUANTS DE MÉLANGES D'ESSENCE PURS¹⁶**

COMPOSÉS	CONCENTRATIONS (g/L)					
	Mélanges purs					
	1	2	3	4	5	6
MTBE (methyl tertbutyl ether)	23,0	50,9	36,0	7,2	13,6	<0,1
Cyclohexane	1,1	1,3	2,5	1,3	1,7	1,9
Isooctane	35,4	44,1	56,1	64,2	64,5	26,6
Benzène	12,7	9,6	14,2	9,4	20,2	28,7
Toluène	47,8	36,8	41,6	37,5	68,0	68,2
Éthyl benzène	15,8	13,3	10,4	14,2	17,5	16,2
Xylènes (o + m + p)	67,0	60,7	58,9	63,2	78,4	67,3
Naphtalène	6,7	8,0	7,1	8,7	6,2	2,8

Les pétroles synthétiques (obtenus à partir du charbon) pourraient présenter également une composition différente (présence de teneurs plus élevées d'amines polycycliques aromatiques⁶, de composés oxygénés et soufrés).

La complexité des mélanges, la variabilité des hydrocarbures visés et de leurs caractéristiques physiques et chimiques, entre autres, sont des éléments justifiant les difficultés inhérentes à leur caractérisation.

3.1.1 Dégradation des constituants d'un mélange

Lorsque rejetées dans l'environnement, certaines fractions de composés similaires sont susceptibles d'être dégradées par le milieu via des mécanismes de biodégradation, de volatilisation, de lixiviation... Cette action du milieu sur les constituants d'un mélange d'hydrocarbures est complexe et laisse à titre de résidu les fractions les plus persistantes du mélange original. L'abondance relative de ces fractions, constituées par exemple de composés paraffiniques ou aromatiques à poids moléculaires élevés, est donc plus importante après altération des constituants que dans le mélange initial.

La dégradation d'un mélange d'hydrocarbures est proportionnelle au temps de résidence des composés dans le milieu et aux caractéristiques de ce milieu. En ce sens, le résultat est difficilement prévisible. En chromatographie, la dégradation d'un mélange se manifeste par une diminution dans l'intensité des

¹⁶ Potter, T.L. (1993). Finger Printing Petroleum Products : Unleaded Gasolines. Principals and Practices for Petroleum Contaminated Soils. Chapitre 1. Lewis Publishers

pics principaux et caractéristiques du mélange, ainsi qu'une forte prédominance des pics secondaires. La dégradation d'un mélange d'hydrocarbures complexifie sa caractérisation, surtout en termes de représentativité de la solution standard utilisée pour la quantification.

3.2 Caractéristiques des mélanges d'hydrocarbures

La caractérisation d'un mélange d'hydrocarbures doit évidemment être réalisée par l'entremise d'une ou de procédures analytiques adaptées au dosage des constituants propres au mélange.

3.2.1 L'essence

L'essence contient une série d'hydrocarbures volatils utilisables dans les moteurs à combustion. Certains auteurs considèrent que les hydrocarbures dont le point d'ébullition varie de 36 à 117°C sont caractéristiques de la fraction essence d'un pétrole brut¹⁴. Certains autres étendent la plage de températures jusqu'à 205 et même 220°C¹⁵ (figure 1). Les raffineries génèrent habituellement deux types d'essence : l'une issue directement de la distillation des formes légères du pétrole brut suivie d'une catalyse sur platine pour augmenter l'indice d'octane (*reforming*) et l'autre, issue de l'alkylation (polymérisation) du butène-2 et de l'isobutane (formés lors du *cracking*) en isooctane (essence d'avion). Le premier mélange peut contenir des composés aromatiques (pour augmenter son indice d'octane) alors que le second n'en contient normalement pas. Le mélange dont l'usage est le plus répandu (station-service) est celui obtenu par le *cracking* et le *reforming*. Les constituants majeurs sont des composés aliphatiques (30 à 50 %), cycliques (~ 20 à 40 %) et aromatiques (~ 10 %)¹⁴. Le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et le xylène (BTEX) sont des paramètres indicateurs appropriés pour évaluer la contamination d'une matrice par de l'essence. L'essence peut contenir également du naphthalène (annexe B, tableau B-1).

3.2.2 Le diesel

Le diesel sert principalement pour les moteurs à ignition par compression. En théorie, de nombreux hydrocarbures et certaines autres substances volatiles pourraient être utilisés comme carburant mais, dans la majorité des cas, les distillats dont les constituants ont un point d'ébullition entre 150 et 370°C² ou entre 200 et 370°C¹⁵ sont favorisés. Le diesel s'apparente au mazout # 2 (huile à chauffage) de par ses caractéristiques physico-chimiques comparables. Il est à noter que les constituants qui confèrent généralement à l'essence un indice d'octane élevé (les aromatiques) tendent à donner au diesel un indice de cétane faible. (L'indice de cétane est au diesel ce que l'indice d'octane est à l'essence et permet de quantifier la capacité du mélange à favoriser l'ignition²).

En dépit du fait que les caractéristiques d'un diesel semblent bien définies, il demeure que, concrètement, ces mélanges contiennent plus de 200 composés et que leur composition peut varier significativement en fonction de la source (raffinage, provenance du pétrole brut...) et même d'un lot manufacturé à un autre². Certaines raffineries modifient les mélanges dans le but d'y inclure

davantage de fractions à hauts points d'ébullition. Cette diversité de constituants, conjuguée avec une variabilité dans la composition des lots, fait en sorte qu'il est plus difficile de décrire le contenu type d'un mélange diesel. Selon certains textes consultés, le diesel ne semble pas contenir exclusivement des substances que l'on pourrait qualifier d'indicatrices parce que cloisonnées par rapport aux groupes formés par des hydrocarbures à chaînes plus courtes (hydrocarbures aromatiques volatils) ou à chaînes plus longues (figure 1).

Les mélanges diesel sont majoritairement constitués de composés à longues chaînes aliphatiques (~ 60 %) caractérisés par des points d'ébullition plus élevés que ceux des constituants de l'essence. La plage visée de températures lors de la distillation du pétrole brut englobe des points d'ébullition propres aux hydrocarbures aromatiques polycycliques tels le naphthalène et le phénanthrène¹⁵. Les mélanges diesel ne devraient généralement pas contenir plus de 40 % de composés aromatiques dont 20 à 25 % sont monocycliques, 15 à 20 % sont caractérisés par deux cycles et 1 à 3 % ont trois cycles et plus. Le reste consiste en oléfines et en composés saturés (Lawlor, 1991)¹⁷.

3.2.3 Le jet fuel

Le *jet fuel* est utilisé à titre de carburant d'avion. Le *jet fuel* A, aussi appelé kérosène, provient de la coupe directe du pétrole brut et sert pour les avions à turbines. Le contenu en aromatiques du *jet fuel* A n'excède généralement pas 20 % et est caractérisé par des structures paraffiniques et naphténiques (cycles saturés)¹⁷. Il peut contenir certains HAP dont les plus courants sont des naphthalènes substitués¹⁸, l'acénaphène et l'acénaphthylène¹⁵. Le *jet fuel* B, moins lourd, sert spécifiquement pour les moteurs d'avion à combustion. Ce mélange contient davantage de produits alkylés et, théoriquement, pas d'aromatiques. Les constituants du *jet fuel* B sont caractérisés par des points d'ébullition de l'ordre de 150 à 170°C¹⁸ alors que l'on attribue au *jet fuel* A (kérosène) les composés dont le point d'ébullition se situe dans la plage 150 à 300°C¹⁵.

3.2.4 Le mazout industriel et domestique

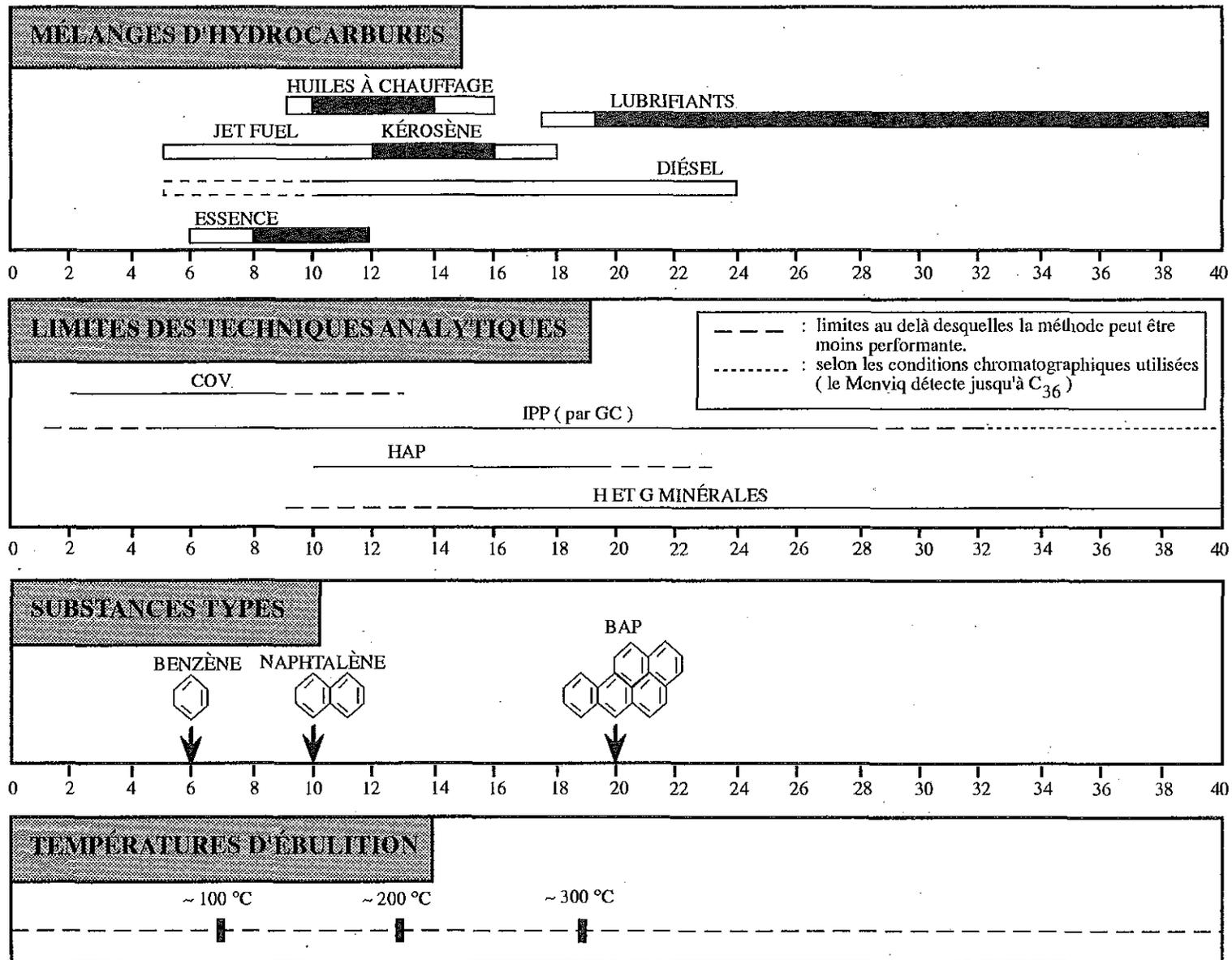
Les huiles à chauffage (mazouts industriel et domestique) peuvent être des mélanges de fractions distillées du pétrole brut, des résidus de raffinage, le pétrole brut lui-même ou une combinaison de deux ou de plusieurs de ces mélanges¹⁴. Le mazout industriel est caractérisé par des hydrocarbures plus lourds que le mazout domestique. Gilbert et Calabrese⁶ rapportent que les huiles à chauffage, certains diesels et l'huile à moteur (non usée) peuvent contenir de 29 à 600 ppm de benzo (a) pyrène (BaP). La présence de certains autres HAP a également été constatée dans le mazout : pyrène, fluoranthène, triphénylène, chrysène, acénaphène, naphthalène et naphthalènes méthylés (annexe B, tableaux B-2 et B-3).

¹⁷ Lawlor, L. Esso, (1991). Communication personnelle

¹⁸ Surette, D. Petro-Canada, (1992). Communication personnelle

Figure 1

CARACTÉRISTIQUES DE CERTAINS MÉLANGES D'HYDROCARBURES
EN FONCTION DE LA LONGUEUR DE LA CHAÎNE CARBONÉE.



COV : composés organiques volatils ;
IPP (par GC) : identification des produits pétroliers (par chromatographic en phase gazeuse) ;
H et G minérales : huiles et graisse minérales (par IR) ;
HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques ;
BAP : benzo (a) pyrène.

3.2.5 Les lubrifiants

Les lubrifiants sont des mélanges d'hydrocarbures lourds pouvant atteindre 40 carbones en termes de longueur de chaîne. Caractérisés par une viscosité élevée, ils permettent de réduire la friction entre deux surfaces en contact. L'huile à moteur usée comme les résidus de brûlage présentent un problème de contamination par les HAP.

3.2.6 L'asphalte et le bitume

L'asphalte et le bitume sont des mélanges amorphes¹⁸. Constitués d'hydrocarbures très lourds, ils sont généralement difficiles à caractériser parce qu'ils ne sont pas chromatographiables.

4.0 CARACTÉRISATION ET QUANTIFICATION DES COMPOSANTES DES MÉLANGES

La caractérisation d'un mélange d'hydrocarbures peut être envisagée principalement selon deux approches : la première préconise l'usage d'un paramètre intégrateur, à l'aide d'une méthode sensible à une gamme de substances, mais non nécessairement sélective pour un contaminant donné; la seconde favorise l'identification et la quantification de chacun (ou de la majorité) des constituants du mélange. Le tableau 3 présente les méthodes généralement utilisées pour la caractérisation des produits de raffinage présents dans les sols et dans l'eau et pour la quantification de l'ampleur de la contamination.

4.1 Dosage des huiles et graisses

La méthode «huiles et graisses totales» quantifie de façon globale les substances extractibles au fréon plutôt que la quantité absolue de chaque constituant spécifique du mélange. Ainsi, l'analyse permet de doser un ensemble de substances présentant une caractéristique physique similaire : leur solubilité commune dans le fréon.

Développée initialement pour l'eau, cette méthode a été modifiée pour s'adapter aux sols. La détection, après extraction, peut être réalisée de deux façons : par mesure gravimétrique ou par spectrophotométrie infrarouge. La technique préconisée (et exigée) par la Direction des laboratoires du Ministère, de même que par plusieurs intervenants dans le domaine, est la procédure spectrophotométrique. L'extrait est dosé en utilisant l'élongation des liaisons C-H de l'échantillon à une longueur d'onde de 2930 cm^{-1} (infrarouge), en comparaison d'une solution standard. La solution standard jusqu'à ce jour utilisée est constituée de substances types caractéristiques de familles chimiques rencontrées généralement dans un mélange d'hydrocarbures soit un aliphatique (hexadécane, $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$), un hydrocarbure branché (isooctane, C_8H_{18}) et un aromatique (benzène, C_6H_6). La concentration de l'échantillon est déterminée par comparaison entre l'absorbance de l'échantillon et celles d'une gamme de solutions étalons préparées à partir de la solution standard.

4.1.1 Huiles et graisses minérales (H et G minérales)

Les huiles et graisses totales incluent les huiles et graisses de nature animales, végétales et minérales. La partie concernée par les cas de contamination par des produits pétroliers est la fraction non polaire, soit les huiles et graisses minérales (H et G min.). Pour quantifier spécifiquement cette fraction, l'extrait est d'abord mélangé à du gel de silice. Le pouvoir adsorbant du gel de silice permet l'enlèvement de la quasi-totalité des substances polaires (acides gras, graisses animales et végétales).

Tableau 3

**MÉTHODES ANALYTIQUES UTILISÉES COURAMMENT
POUR LA CARACTÉRISATION DE PRODUITS PÉTROLIERS**

Appellation	Référence	Caractéristiques
Dosage des huiles et graisses minérales (H et G min.)	TRPH ("total recoverable petroleum hydrocarbons") EPA-418.1; STM* 503 (1985) ou 5520 (1989)	Extraction au fréon**, enlèvement de la fraction polaire par le gel de silice (STM 503E ou STM 5520F), détection par gravimétrie (STM 5520B ou STM 503A) ou par infrarouge (STM 5520C ou STM 503B)
Identification des produits pétroliers (IPP)	TPH («total petroleum hydrocarbons») EPA-8015 <u>modifiée</u> ; MOE*** (1983) <u>modifiée</u>	Extraction à l'hexane ou au pentane, enlèvement de la fraction polaire sur florisol et alumine acidique, séparation en chromatographie en phase gazeuse (GC) et détection à l'aide d'un détecteur à flamme ionisante (FID)
Dosage des composés organiques volatils (COV)	EPA-5030 ou 3810 et EPA-8240 ou 8020	Extraction à l'aide d'un "head space" (EPA-3810) ou d'un "purge and trap" (EPA-5030), séparation par chromatographie en phases gazeuse (GC) et détection par spectrométrie de masse (MS) (EPA-8240) ou à l'aide d'un détecteur à flamme ionisante (FID) ou d'un détecteur à photoionisation (PID) (EPA-8020)
Dosage des composés organiques semi-volatils	EPA-625 (méthodes 3540 ou 3550 et 8270)	Extraction au dichlorométhane (EPA-3540 ou 3550), séparation par chromatographie en phase gazeuse (GC) et détection par spectrométrie de masse (MS) (EPA-8270)
<u>ou</u>		
HAP	EPA-3540 ou 3550 et EPA-3611 ou 3630 ou 3640 et EPA-8270 ou 8100	Extraction au dichlorométhane (EPA-3540 ou 3550), purification sur gel de silice (EPA-3630), ou sur alumine (EPA-3611) ou par perméation sur gel (EPA-3640), séparation par chromatographie en phase gazeuse (GC) et détection par spectrométrie de masse (MS) (EPA-8270) ou à l'aide d'un détecteur à flamme ionisante (FID) (EPA-8100)
<u>et</u>		
composés phénoliques	EPA-3540 ou 3550 et EPA-3640 ou 3650 et EPA-8270 ou 8040	Extraction au dichlorométhane (EPA-3540 ou 3550), purification par perméation sur gel (EPA-3640) ou par nettoyage acide/base (EPA-3650), séparation par chromatographie en phase gazeuse et détection par spectrométrie de masse (MS) (EPA-8270) ou à l'aide d'un détecteur à capture d'électrons (ECD) (EPA-8040)
<u>et</u>		
BPC (spécifiquement pour les cas de contamination par des huiles de transformateur)	EPA-3550 ou 3540 et EPA-3620 ou 3640 ou méthodes MENVIQ**** et EPA-8080	Extraction à l'acétone/hexane ou avec du dichlorométhane (EPA-3550 ou 3540), purification sur alumine activée (MENVIQ, 1985), ou sur florisol (EPA-3620), par perméation sur gel (EPA-3640) ou par cartouche de silice (MENVIQ, 1989) (eau), séparation par chromatographie en phase gazeuse (GC) et détection par un détecteur à capture d'électrons (ECD) (EPA-8080)

* Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA AWWA WPCF. 16^e édition (1985) ou 17^e édition (1989)

** Trichlorotrifluoroéthane (fréon 113)

*** Ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario

**** Guide des méthodes de conservation et d'analyses des échantillons d'eau et de sol. Direction des laboratoires du ministère de l'Environnement (1990)

Le filtrat ou le surnageant récupéré est ensuite dosé par spectrophotométrie infrarouge (IR). Contrairement à d'autres paramètres pour lesquels il existe des méthodes qui permettent de doser sélectivement des constituants du mélange (EPA 8270 par exemple), le paramètre «huiles et graisses minérales» est défini comme toute substance non polaire extractible au fréon et qui possède une bande C-H absorbant à $2\,930\text{ cm}^{-1}$. L'extraction au fréon suivie de la détection par spectrophotométrie infrarouge (IR) présente un avantage pour quantifier les substances à haut point d'ébullition. En effet, cette approche permet de doser des substances non chromatographiables par des techniques couramment disponibles et utilisées en routine dans l'ensemble des laboratoires ($> C_{30}$ ou 40). Il faut cependant se rappeler que toutes substances organiques (autres que les huiles et graisses), pouvant être dissoutes dans le fréon et qui possèdent une bande C-H absorbant dans la région de la longueur d'onde visée, peuvent entraîner une surestimation de la concentration des huiles et graisses (interférences positives).

Il faut savoir aussi que lors du traitement avec le gel de silice, certains composés aromatiques et dérivés d'hydrocarbures chlorés, sulfurés ou azotés peuvent être retenus sur l'adsorbant. Ce fait risque d'entraîner un biais négatif dans les résultats d'huiles et graisses minérales.

De par la nature de la procédure, il est également courant de sous-estimer la teneur réelle en huiles et graisses minérales en raison de la perte d'une partie des composés volatils durant l'extraction.

De plus, aucun solvant connu ne permet de solubiliser sélectivement tous les hydrocarbures de tous types de mélanges. Ainsi, certains résidus pétroliers lourds peuvent contenir une proportion significative de composés plus ou moins extractibles par le solvant sélectionné.

Le problème le plus préoccupant demeure celui généré par l'utilisation du benzène dans la solution standard pour la détection par infrarouge. Si le mélange d'hydrocarbures ne contient pas de substances aromatiques, l'utilisation du benzène dans la solution standard introduit un biais positif dans le résultat. De plus, il existe une différence marquée entre l'absorbance de la solution standard (benzène/isooctane/hexadécane) et celle du mélange d'hydrocarbures à doser. En effet, des aromatiques tel le benzène n'absorbent pas dans la région $2\,930\text{ cm}^{-1}$. Étant donné que le benzène constitue environ 30 % du volume de la solution standard, le biais positif ainsi entraîné peut aller jusqu'à 30 %.

De plus, l'utilisation d'une solution standard partiellement différente du mélange à doser (plus spécifiquement si celui-ci est dégradé) peut présenter un problème en termes de représentativité et, conséquemment, d'exactitude dans la quantification des hydrocarbures. Le tableau 4 résume certains avantages et inconvénients caractéristiques de la méthode «huiles et graisses minérales».

Nyer et Skladany¹⁵ rapportent une variabilité de l'ordre de 25 % pour des résultats d'analyses répliqués. L'expérience du Ministère dans ce domaine montre que pour des sols contaminés, la variabilité de résultats répliqués pourrait excéder 25 %.

Tableau 4

**AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA MÉTHODE DE
DOSAGE DES HUILES ET GRAISSES MINÉRALES* (INFRAROUGE)**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Procédure simple et relativement peu coûteuse • Paramètre intégrateur • Permet de doser des substances dont le point d'ébullition est si élevé qu'il n'est pas possible de les chromatographier actuellement en routine par les techniques courantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne permet pas le dosage de chacun des constituants présents • Peut surestimer la teneur en hydrocarbures (interférences positives) : <ul style="list-style-type: none"> - présence de substances organiques, autres que les H et G minérales, solubles dans le fréon et qui possèdent une bande C-H absorbant à 2930 cm^{-1} - présence de substances non polaires retrouvées de façon naturelle dans l'humus : acides fulvique et humique - utilisation du benzène pour constituer la solution standard • Peut sous-estimer la teneur en hydrocarbures (interférences négatives) : <ul style="list-style-type: none"> - perte des courtes chaînes aliphatiques et des composés organiques volatils (COV) lors de la procédure (si l'on ne travaille pas en vase clos) - adsorption de certains composés aromatiques et d'hydrocarbures chlorés, soufrés ou azotés sur le gel de silice - la longueur d'onde sélectionnée ne vise que les aliphatiques, les aromatiques n'absorbant pas à 2930 cm^{-1}. Aussi, les teneurs en huiles et graisses minérales ne tiennent pas compte de la présence ou de l'absence des substances telles que des HAP - certains hydrocarbures lourds non solubles dans le fréon pourraient ne pas être dosés • L'utilisation de la solution standard hexadécane/isooctane/benzène peut représenter un problème lorsque le mélange à doser contient majoritairement des hydrocarbures lourds ($> C_{30}$ ou 40). La solution standard actuelle ne contient pas de substances types représentatives des hydrocarbures à chaînes plus longues que 16 carbones • Le solvant utilisé actuellement pour l'extraction ne sera plus disponible à partir du 1^{er} janvier 1995. Il faudra donc tenter de le remplacer (voir le chapitre 7)

* EPA-418.1; STM 503 B,E (1985); STM 5520 C,F (1989)

En dépit des inconvénients qui la caractérisent, la méthode de dosage des huiles et graisses minérales est la seule technique (parmi celles du tableau 3) qui permet de quantifier à ce jour en routine les hydrocarbures à chaînes de plus de 30 ou 40 carbones, limite à partir de laquelle les substances ne sont plus chromatographiables par les techniques courantes. Bien qu'une méthode chromatographique ait été développée à cette fin et soit utilisée dans le milieu des compagnies pétrolières, la distillation simulée, il appert que son utilisation n'est pas à ce jour répandue et qu'elle n'est pas utilisée actuellement pour caractériser des terrains contaminés par des hydrocarbures. Son usage serait plutôt restreint à la caractérisation des fractions raffinées (produits purs) par les compagnies pétrolières¹⁸.

4.2 Dosage des produits pétroliers par chromatographie

La chromatographie en phase gazeuse permet d'identifier et de quantifier des constituants d'un mélange à partir de solutions standards appropriées. Dans le contexte d'une contamination par des produits pétroliers, la détermination du profil chromatographique (*fingerprint*) propre à chaque mélange (essence, kérosène, huile à chauffage...) est une approche intéressante³. Ce profil, obtenu en GC-FID, représente les proportions relatives de chacun des constituants sans toutefois fournir une concentration individuelle. Le résultat fourni se présente plutôt comme la concentration en essence, en diesel, en kérosène... L'interprétation des chromatogrammes se fait à partir de l'identification de pics caractéristiques à chaque mélange, par évaluation comparative visuelle ou à l'aide d'un ordinateur (ex. : *cluster analysis*¹⁶). L'utilisation d'une solution standard type pour chaque mélange fait en sorte que bien qu'il soit aisé de doser un mélange pur, il s'avère hasardeux de doser un échantillon dégradé (altéré), principalement en raison de la similarité relative de la solution standard et de l'échantillon. Certains hydrocarbures non solubles dans l'hexane pourraient ne pas être dosés par la méthode «identification des produits pétroliers» (IPP). Le tableau 5 collige des avantages et inconvénients de cette méthode.

La sélection des pics caractéristiques d'un mélange type d'hydrocarbures n'étant pas à ce jour normalisée, la méthode IPP a été considérée comme semi-quantitative. La standardisation de la façon de quantifier permettrait d'uniformiser les procédures et d'assurer la répliquabilité des résultats, pour un même échantillon entre différents laboratoires.

Tableau 5

**AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA MÉTHODE
CHROMATOGRAPHIQUE «IDENTIFICATION DES PRODUITS PÉTROLIERS» (IPP)***

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> . Le FID est un bon détecteur pour les hydrocarbures.** . Permet le dosage sélectif d'un mélange de produits pétroliers en fournissant un profil type par mélange. . Approche intégrative développée spécifiquement pour les cas de fuites de produits pétroliers issues de réservoirs souterrains³. . Moins coûteuse que les dosages des HAP, composés phénoliques, hydrocarbures chlorés, BPC... par chromatographie. 	<ul style="list-style-type: none"> . Limitation en raison de la similarité relative de la solution standard et de l'échantillon à doser. Plus l'échantillon est dégradé, plus la représentativité de la solution standard est limitée. . Ne permet pas de doser des substances contenant plus de 30 ou 40 carbones (poids moléculaires élevés). . Plus coûteuse que la technique H et G minérales. . Certains hydrocarbures non solubles dans l'hexane pourraient ne pas être dosés. . Possibilité de perte de composés organiques volatils (si l'on ne travaille pas en vase clos).

* TPH : EPA-8015 modifiée; MOE, 1983

** Potter, 1993

4.3 Dosage de la fraction aromatique du mélange par chromatographie

En raison de la toxicité attribuée aux composés aromatiques, il est judicieux de détecter leur présence et d'évaluer le niveau de contamination. Les techniques analytiques permettant d'atteindre ces objectifs se retrouvent dans deux grandes catégories : celles des composés aromatiques volatils et celles des composés aromatiques semi-volatils.

Les composés aromatiques volatils sont extraits à l'aide d'un "head space" (ou d'un "purge and trap") avant séparation par chromatographie en phase gazeuse. La détection subséquente est réalisée par spectrométrie de masse, par photoionisation ou ionisation de flamme. Les constituants du mélange sont quantifiés de façon individuelle à l'aide des solutions standards appropriées.

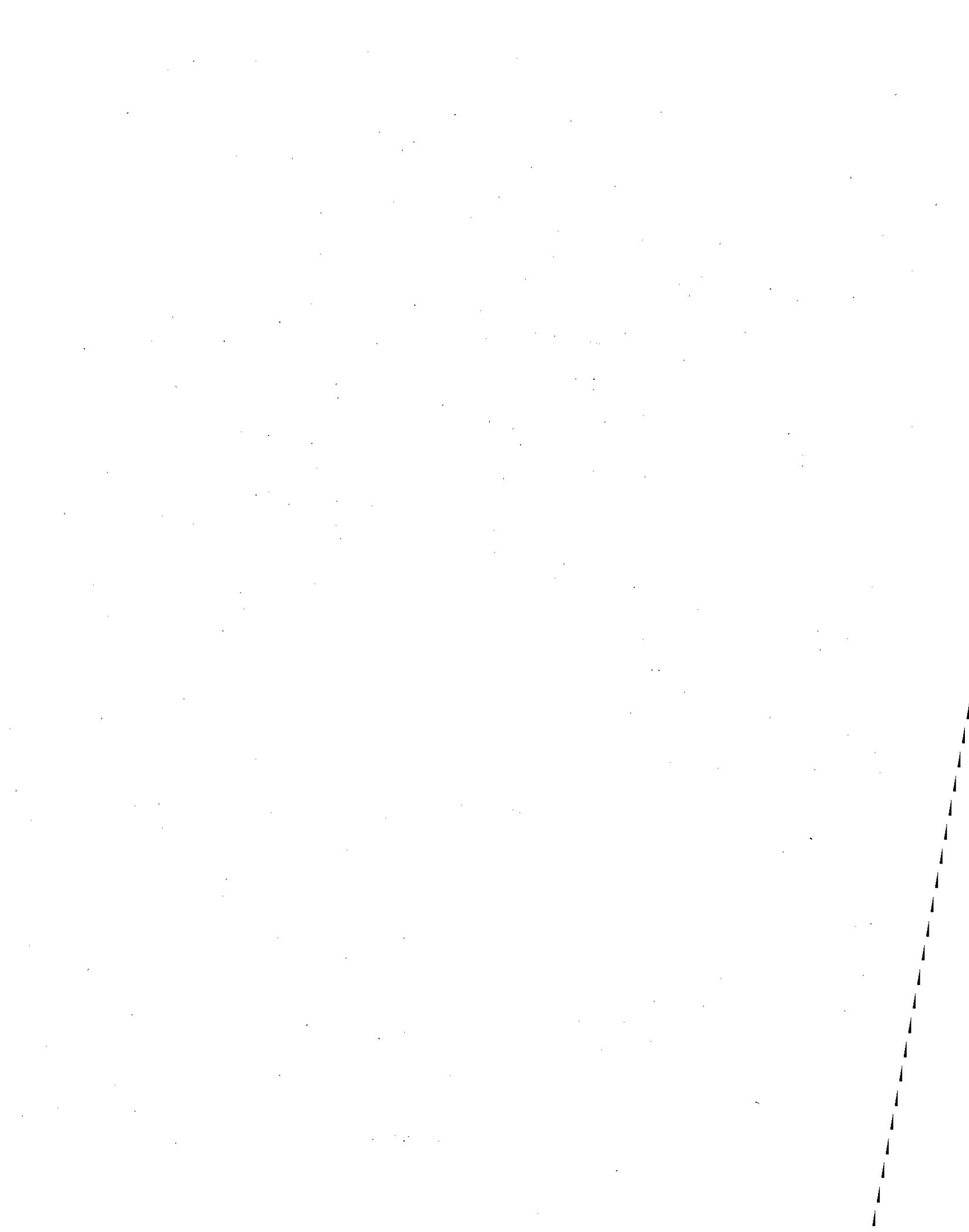
La fraction aromatique semi-volatile des produits pétroliers regroupe principalement des composés aromatiques polycycliques et à l'occasion des composés phénoliques. Les huiles de transformateurs, pour leur part, sont susceptibles de contenir aussi des biphényles polychlorés. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les composés phénoliques sont dosés en chromatographie après extraction au dichlorométhane. Ils peuvent être détectés subséquentement en spectrométrie de masse ou avec un autre détecteur approprié (voir à cet effet le tableau 3). Pour leur part, les biphényles polychlorés nécessitent une

extraction à l'acétone/hexane ou au dichlorométhane et l'utilisation d'un détecteur à capture d'électrons. Bien que plus coûteuses que la méthode des «huiles et graisses minérales», ces méthodes de même que la technique prescrite pour le dosage des volatils présentent des avantages certains de par l'exactitude, la fiabilité et la précision de leurs résultats. Ces techniques permettent de cibler une ou des substances préoccupantes présentes dans le mélange et ce, de façon sélective.

4.4 Approches chromatographiques versus «huiles et graisses minérales» par IR

Il faut cependant garder à l'esprit que les techniques chromatographiques courantes ne permettent pas de doser en routine des composés de plus de 30 ou 40 carbones. Ainsi, les méthodes susmentionnées ne permettent pas de doser des lubrifiants à longues chaînes carbonées et des composés plus lourds ou plus visqueux. L'extraction au fréon suivie de la détection en infrarouge (méthode «huiles et graisses minérales») est la seule avenue actuellement disponible en routine pour bénéficier d'informations quantitatives sur les produits pétroliers lourds.

La Direction des laboratoires du Ministère a réalisé, à la demande du comité, des activités de développement afin de mettre au point et de rédiger une méthode chromatographique révisée et de faire des investigations sur les avantages qu'elle pourrait procurer à titre de méthode alternative à celle des «huiles et graisses minérales».



5.0 UTILISATION POTENTIELLE DE LA MÉTHODE «IDENTIFICATION DES PRODUITS PÉTROLIERS» (IPP) À TITRE D'ALTERNATIVE À LA MÉTHODE «HUILES ET GRAISSES MINÉRALES»

La possibilité d'utiliser une approche chromatographique pour caractériser des sols et de l'eau souterraine contaminés par des mélanges de produits pétroliers a fait l'objet d'investigations plus approfondies dans le contexte du présent exercice. Aussi, différentes procédures disponibles de sélection et de quantification des pics chromatographiques sont exposées ci-après.

5.1 Quantification à partir de pics sélectionnés pour chaque mélange d'hydrocarbures¹⁹

Une première option vise la sélection de pics spécifiques pour chaque mélange et la quantification à partir des pics identifiés. Cette approche est préconisée pour le dosage d'échantillons n'ayant pas subi de dégradation significative, donc pour des sols ou de l'eau souterraine contaminés par un mélange frais d'hydrocarbures, à la suite d'un déversement, par exemple.

La caractérisation des produits pétroliers se fait en deux étapes : l'identification du mélange et sa quantification. L'identification du profil chromatographique par GC-FID permet de déterminer le type de produits pétroliers (diesel, huile à moteur..) et de vérifier s'il s'agit d'une contamination non altérée, évaporée partiellement ou dégradée. À la suite d'un séjour prolongé ou lors d'une «percolation» dans certains types de sols, les mélanges d'hydrocarbures contenant des alcanes subissent des phénomènes de dégradation. L'identification du mélange devient alors difficile par les méthodes chromatographiques actuelles. La dégradation se remarque par une diminution ou une absence des pics principaux (alcanes C_{11} à C_{21}) ainsi qu'une forte prédominance des pics secondaires. Aussi, si le profil chromatographique ne peut être apparié à celui de la solution standard, il faudra recourir à une autre approche pour la quantification.

5.1.1 Présence d'hydrocarbures non altérés ou non dégradés

Lorsque le profil chromatographique de l'échantillon s'apparente à celui d'une des solutions standards, il suffit alors de procéder à l'identification du mélange et de le quantifier ensuite en utilisant l'aire sous les pics caractéristiques des alcanes propres à chaque solution standard (tableau 6).

Si l'approche de quantification par l'entremise de pics sélectionnés s'applique difficilement aux mélanges dégradés, elle devient résolument inapplicable pour les mélanges d'hydrocarbures plus lourds que le mazout domestique et le diesel. En effet, les profils chromatographiques de mélanges d'huiles à moteur ou d'huiles de transformateur, par exemple, se distinguent par la présence d'un agglomérat de pics mal résolus. Cette enveloppe d'hydrocarbures, issue d'un ensemble de pics étroitement fusionnés, ne permet pas d'identifier la présence de pics d'alcanes clairement définis sur lesquels baser une quantification. Dans

19

MENVIQ, Direction des laboratoires, laboratoire de Laval. Conditions chromatographiques : colonne capillaire DB-5 (30 m x 0,25 mm; épaisseur du film : 0,25 micron); volume utilisé pour l'injection : 1 microlitre; mode "splitless"; détection en FID. Programme de température : 45°C pendant 4 minutes, programmation 20°C/minute jusqu'à 300°C, maintien de 300°C pendant 10 minutes.

un tel contexte, des sols ou de l'eau souterraine contaminés par de l'huile à moteur ou par de l'huile de transformateur, par exemple, ne pourraient être analysés que qualitativement si l'approche par pics sélectionnés est utilisée.

Tableau 6

**SÉLECTION DES PICS EN FONCTION
DU MÉLANGE D'HYDROCARBURES¹⁹**

TYPE DE MÉLANGE IDENTIFIÉ	SÉLECTION DES PICS POUR QUANTIFICATION *
Carburant d'avion (<i>jet fuel A</i>)	C ₁₁ à C ₁₄
Kérosène	C ₁₁ à C ₁₅
Mazout domestique # 1	C ₁₃ à C ₁₈ à l'exclusion de C ₁₇ **
Mazout domestique # 2 et diesel	C ₁₃ à C ₂₁ à l'exclusion de C ₁₇ **
Huile à moteur	Présence d'un massif constitué de pics étroitement fusionnés
Huile de transformateur	Présence d'un massif constitué de pics étroitement fusionnés

* Les profils chromatographiques apparaissent aux figures 2 à 6.

** Le pic d'alcane C₁₇ ne peut être utilisé pour la quantification en raison de la présence d'un doublet (figure 6 par exemple).

Figure 2
CHROMATOGRAMME D'UN SOL CONTAMINÉ
PAR DU CARBURANT D'AVION
(JET FUEL A)

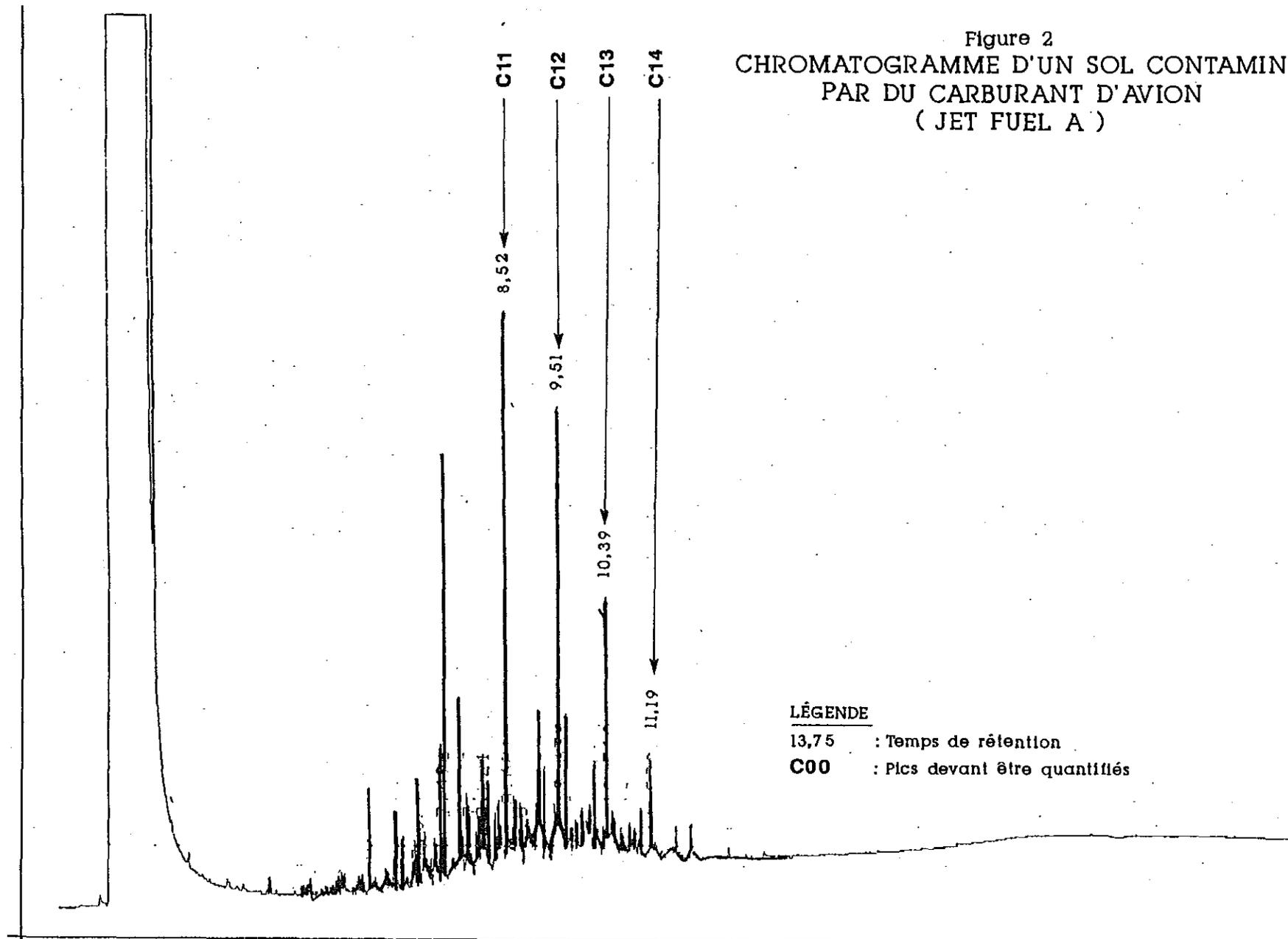


Figure 3
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ
PAR DU KÉROSÈNE

LÉGENDE
13,75 : Temps de rétention
C00 : Pics devant être quantifiés

C15
C14
C13
C12
C11

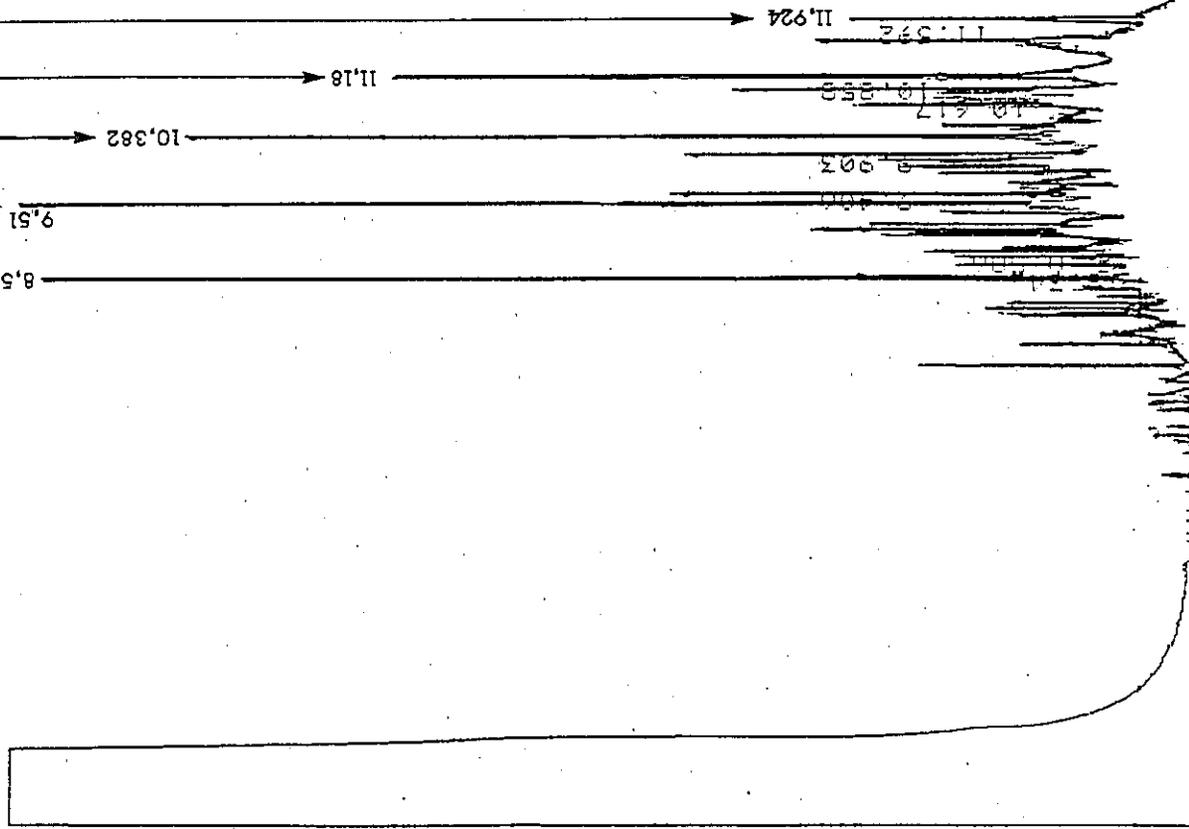
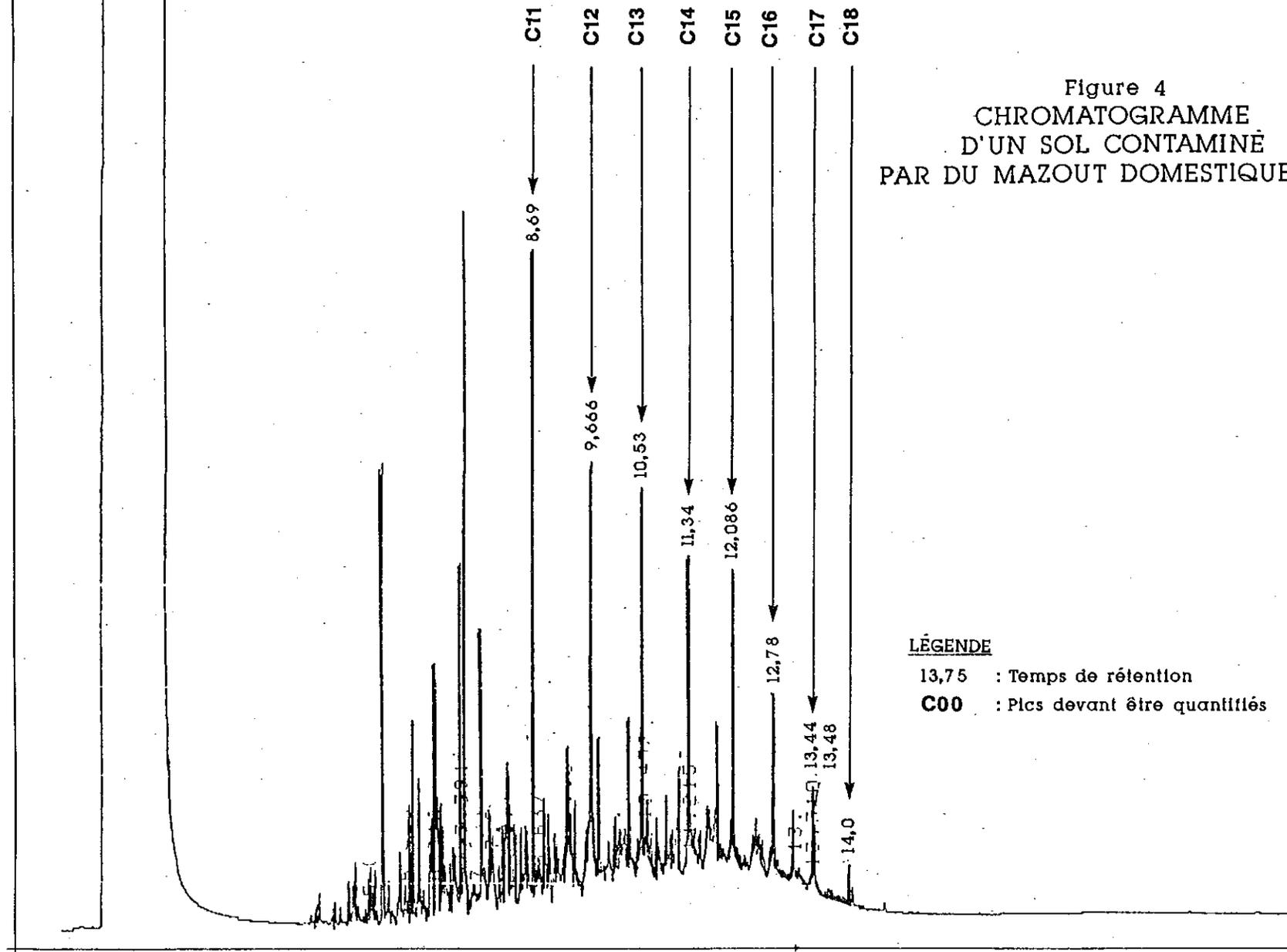


Figure 4
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ
PAR DU MAZOUT DOMESTIQUE #1



LÉGENDE

13,75 : Temps de rétention

C00 : Pics devant être quantifiés

Figure 5
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ
PAR DU
MAZOUT DOMESTIQUE #2

LÉGENDE

13,75 : Temps de rétention

C00 : pics devant être quantifiés

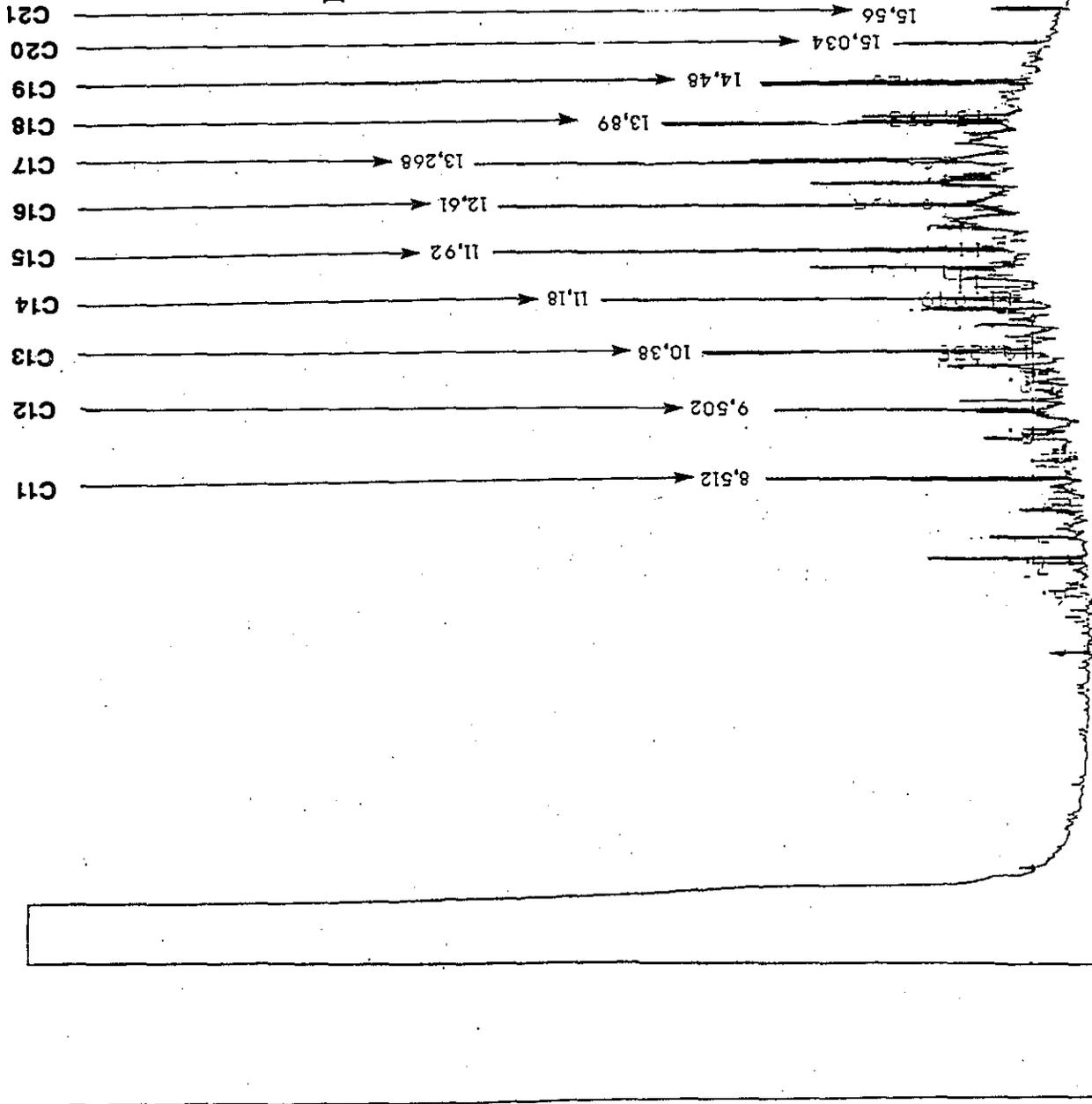
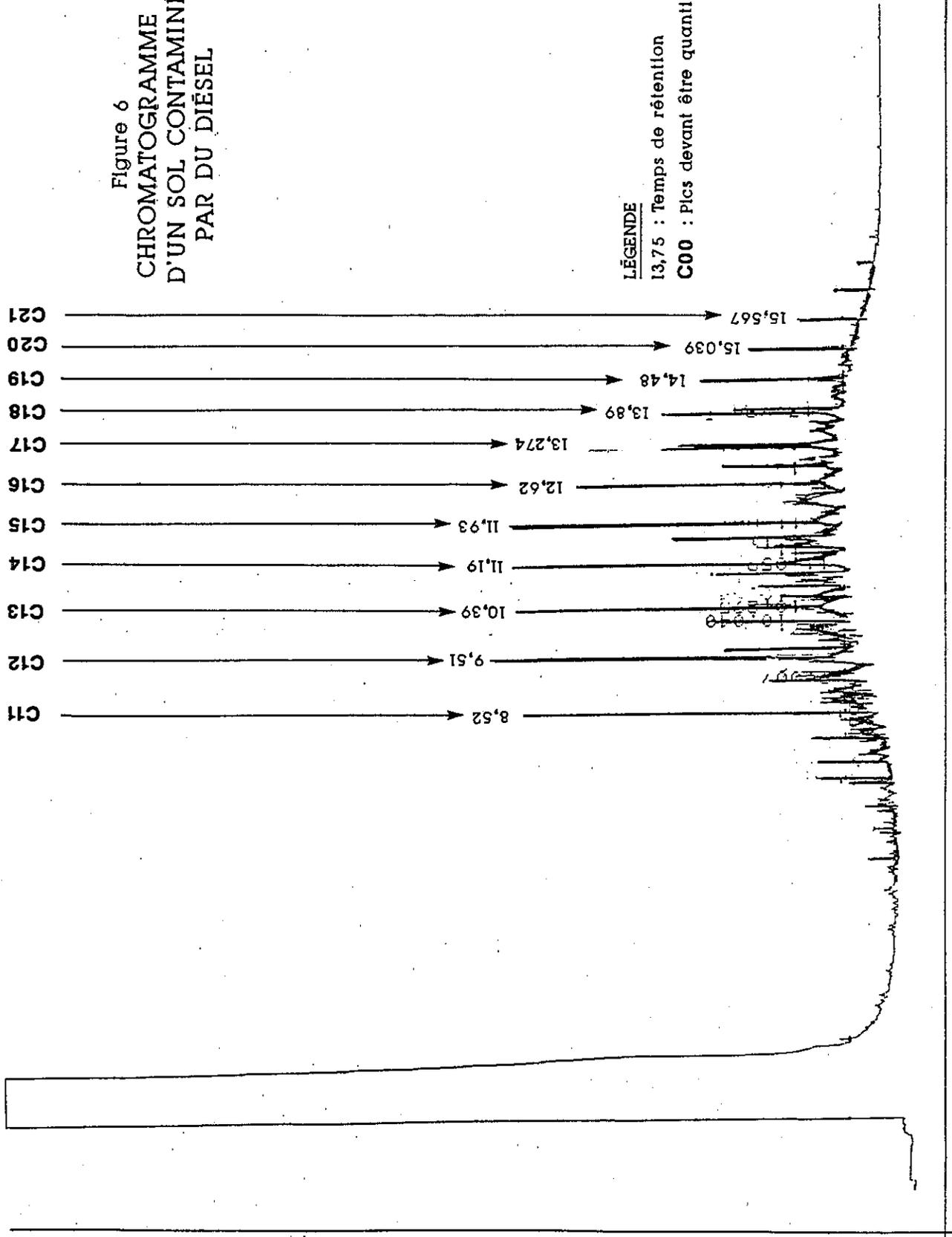


Figure 6
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ
PAR DU DIÉSEL

LÉGENDE

13,75 : Temps de rétention

C00 : Pics devant être quantifiés



5.1.2 Présence d'hydrocarbures partiellement dégradés

Le mélange d'hydrocarbures est considéré partiellement évaporé ou dégradé lorsque :

- 1) Les pics les plus «légers» (inférieurs à C_{14}) sont totalement ou partiellement absents.
- 2) La portion des pics les plus «lourds» (supérieurs ou égaux à C_{14}) est présente et analogue à cette portion du chromatogramme de la solution standard.

L'identification peut s'établir en considérant qu'il y a la présence possible d'une famille d'hydrocarbures (ex. mazout domestique # 2 ou diesel) dont la portion la plus légère est absente (figure 7). La quantification ne pourrait cependant pas être réalisée avec exactitude. Il faut garder à l'esprit qu'en général, la probabilité de trouver des solutions standards parfaitement représentatives de mélanges dégradés est relativement faible.

5.1.3 Présence d'hydrocarbures dégradés

Le mélange d'hydrocarbures est considéré dégradé lorsqu'un ou plusieurs des points suivants s'appliquent :

- 1) L'intensité des pics principaux des alcanes C_{11} à C_{21} est inférieure à 75 % de celle normalement rencontrée dans les solutions standards : il s'agit ici du rapport d'intensité des pics principaux sur les pics secondaires;
- 2) Les pics principaux de quantification C_{11} à C_{21} sont absents;
- 3) La présence majoritaire ou en totalité des pics secondaires des solutions standards visées.

Dans chacun de ces cas, un dosage quantitatif ne pourrait être réalisé par l'approche de pics sélectionnés. Les figures 8 et 9 présentent des profils chromatographiques de sols contaminés par des mélanges dégradés. Ils se caractérisent par la présence d'un agglomérat de pics formant une enveloppe difficilement quantifiable, par rapport aux pics mieux résolus propres à une solution standard.

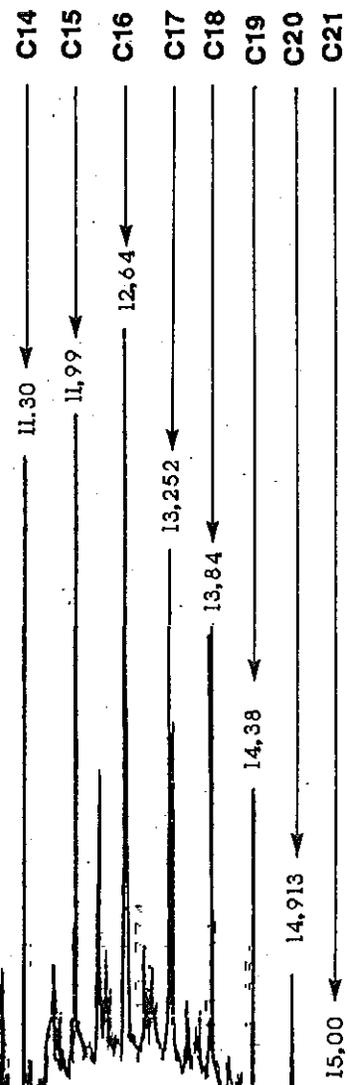
5.2 Quantification par intégration de l'enveloppe complète d'hydrocarbures

Une seconde approche envisagée implique de mesurer la concentration des hydrocarbures pétroliers sur la base de l'aire totale sous tous les pics résolus de même que l'agglomérat de pics («massif») révélés par le chromatogramme. Cette façon de faire est possible puisque les facteurs de réponse (masse injectée/aire sous le pic) d'un détecteur FID sont raisonnablement constants pour les hydrocarbures quand l'injecteur *on column* est utilisé. Ces facteurs de réponse sont pratiquement indépendants de la masse moléculaire ou de la structure des analytes²⁰.

20

Bédard, P. (1993). Lettre à l'attention de Renée Gauthier, datée du 22 juillet 1993. Objet : Document «Caractérisation de sols contaminés par des produits pétroliers».

Figure 7
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ PAR
DU MAZOUT DOMESTIQUE #2
PARTIELLEMENT ÉVAPORÉ

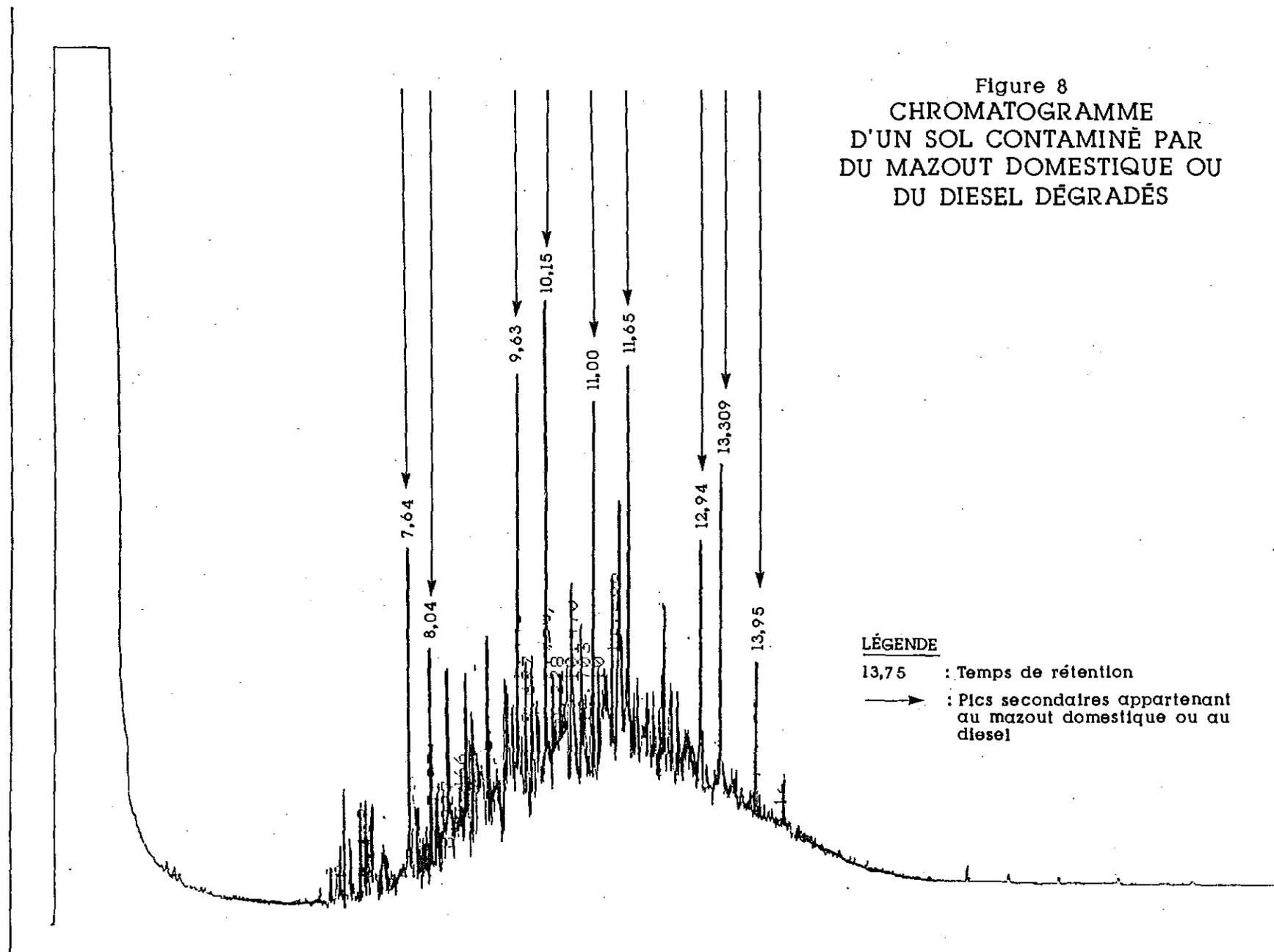


LÉGENDE

13,75 : Temps de rétention

C00 : Pics devant être quantifiés

Figure 8
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ PAR
DU MAZOUT DOMESTIQUE OU
DU DIESEL DÉGRADÉS



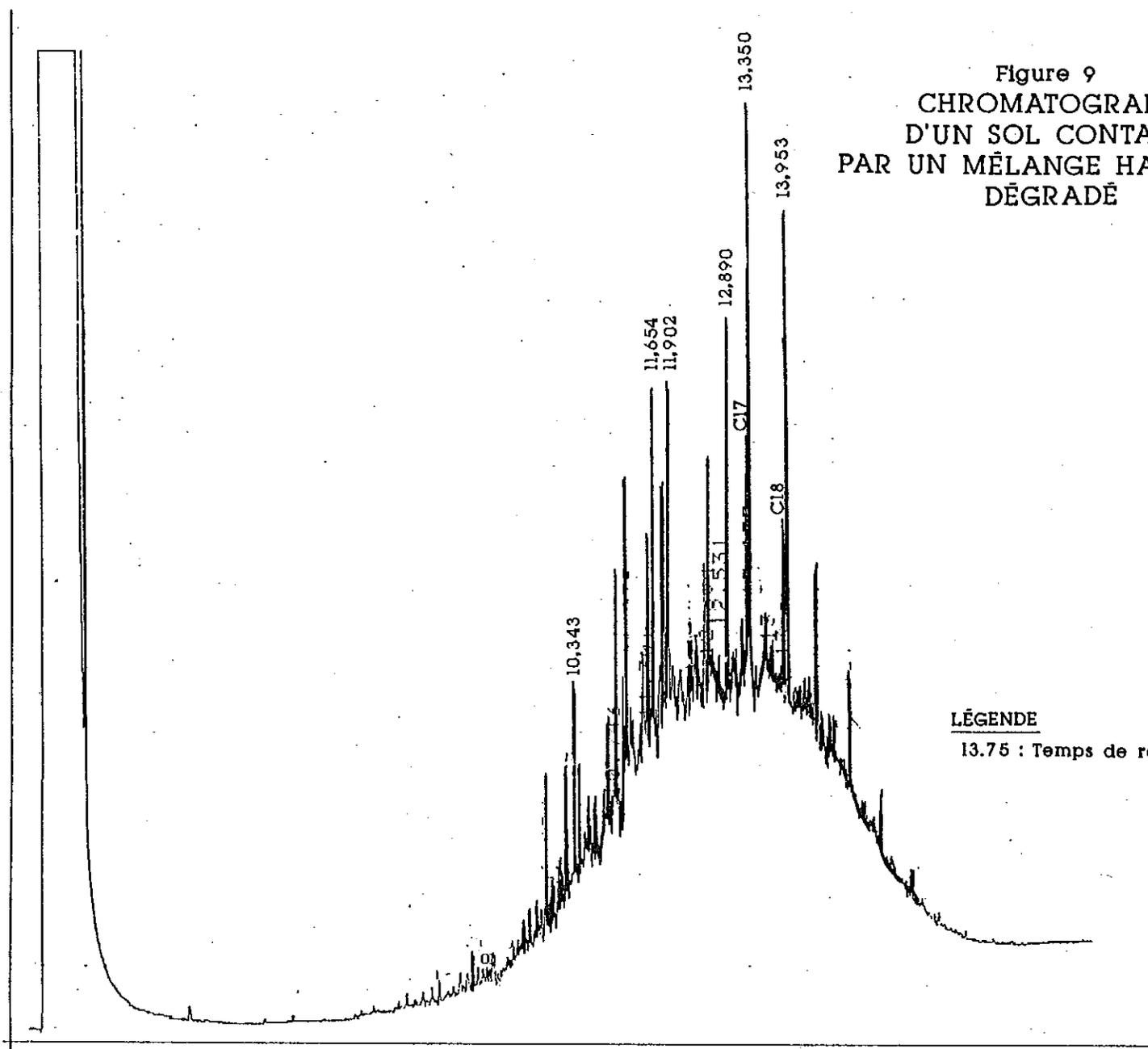
LÉGENDE

13,75 : Temps de rétention

→ : Pics secondaires appartenant
au mazout domestique ou au
diesel

NOTE : absence de pics principaux (C₁₁ à C₂₁)

Figure 9
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ
PAR UN MÉLANGE HAUTEMENT
DÉGRADÉ



LÉGENDE

13.75 : Temps de rétention

NOTE : présence de certains pics secondaires (échantillon dégradé)

Il s'agit d'intégrer l'aire totale entre deux points en abscisse du chromatogramme, sans tenir compte de la présence de pics résolus ou non résolus²⁰. Cette approche a pour avantage de ne pas être dépendante de la présence de pics spécifiques ou du degré de dégradation du mélange.

Des essais ont été réalisés, dans le cadre du présent exercice, afin de vérifier différents aspects inhérents à cette approche.

5.2.1 Impact de la sélection de la solution standard

La Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés a acheminé à la Direction des laboratoires du ministère 26 sols contaminés par du diesel et trois sols issus d'un terrain de raffinerie. Les sols contaminés par du diesel proviennent de deux lieux d'entreposage temporaire de sols dédiés à la biodégradation, l'un à Jonquière, l'autre à l'île-aux-Grues. Les 20 sols provenant de Jonquière sont sablonneux, alors que les six sols de l'île-aux-Grues sont des silts argileux. Pour chaque station, un nombre équivalent de sols bruts et de sols biotraités ont été prélevés et soumis pour analyses. L'objectif visé par l'analyse de sols biotraités est de bénéficier d'informations sur la performance des méthodes H et G minérales par IR et IPP par GC-FID pour doser des sols contenant des hydrocarbures dégradés.

Dans un premier temps, des solutions étalons de diesel, d'huile lubrifiante pour les moulins à coudre et d'huile à moteur 10W30 ont été chromatographiées. Les profils de chacun des chromatogrammes diffèrent principalement par l'existence d'un décalage dans le temps de rétention de l'enveloppe d'hydrocarbures (agglomérat de pics étroitement fusionnés) et des pics résolus, et de variations de la réponse du détecteur pour une même concentration¹⁹ (figures 10, 11 et 12).

Dans un second temps, les 26 sols contaminés par du diesel ont été analysés et les résultats rapportés sur la base de trois solutions standards différentes : le diesel, l'huile de moulin à coudre et l'huile à moteur 10W30. Pour des fins de comparaison, les mêmes sols ont été analysés pour vérifier leurs teneurs en huiles et graisses minérales et en HAP. Ces résultats seront discutés plus loin.

Le tableau 7 présente les résultats¹⁹ et les figures 13 et 14 montrent, à titre d'exemples, les profils chromatographiques obtenus pour deux échantillons, un sol «brut» et un sol ayant subi une dégradation forcée.

Les chromatogrammes obtenus pour les sols sablonneux ayant subi un biotraitement (représentatifs de sols dégradés) présentent un massif (ou une enveloppe d'hydrocarbures) localisé dans la région caractéristique du diesel/huile à chauffage, de même que quelques pics de faible intensité, ne correspondant ni aux pics primaires ni aux pics secondaires des solutions étalons de diesel ou d'huile à chauffage # 2. De plus, le temps de rétention du sommet du massif est décalé²¹.

²¹ Direction des laboratoires (8 juillet 1993). Rapport d'analyses. Numéros de laboratoire, 146 à 165 inclusivement.

Figure 10
CHROMATOGRAMME
D'UNE SOLUTION STANDARD DE DIESEL

Diesel : 0,841 mg/ml

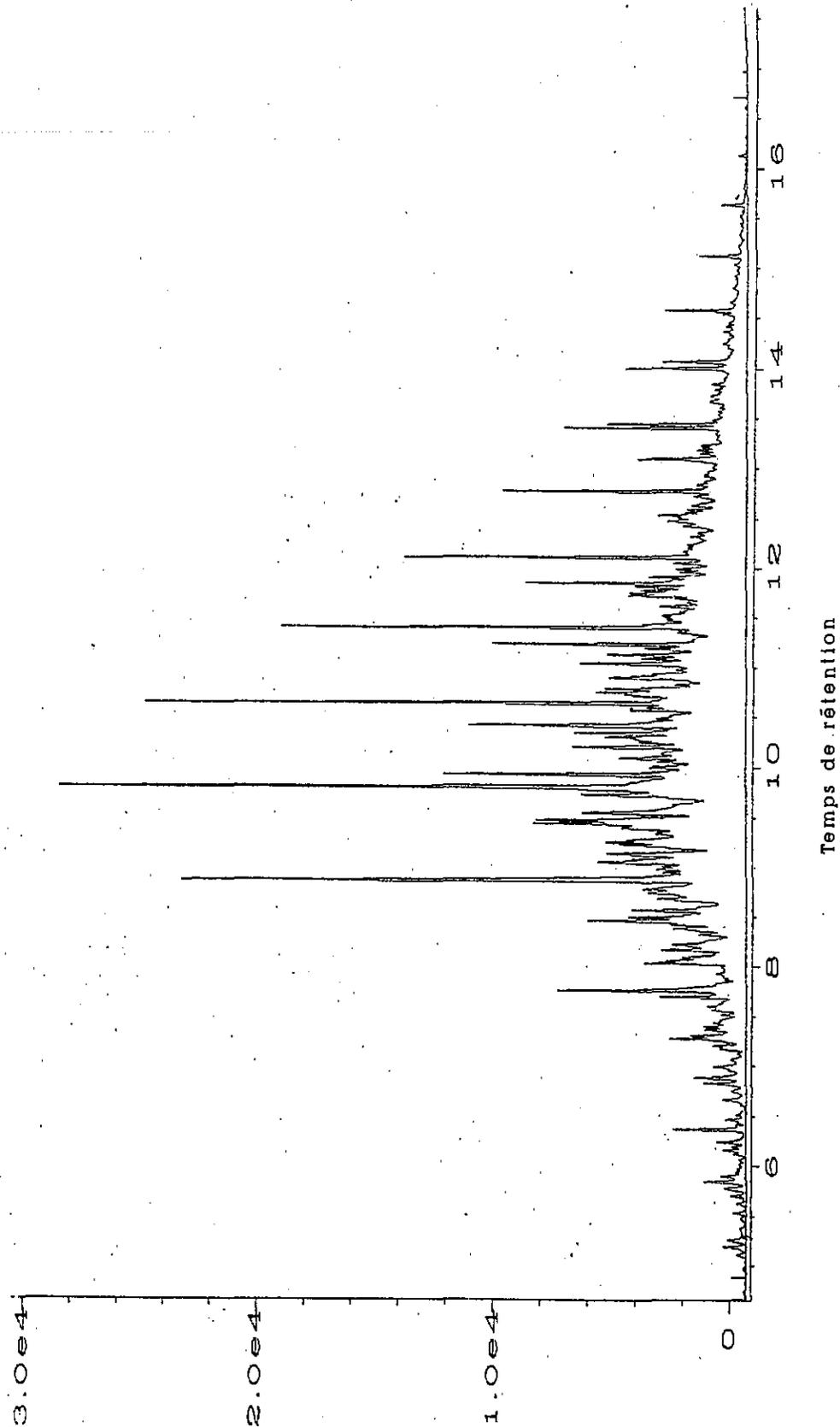


Figure 11
CHROMATOGRAMME
D'UNE SOLUTION STANDARD
D'HUILE À MOULIN À COUDRE

Diesel : 8,5 mg/ml

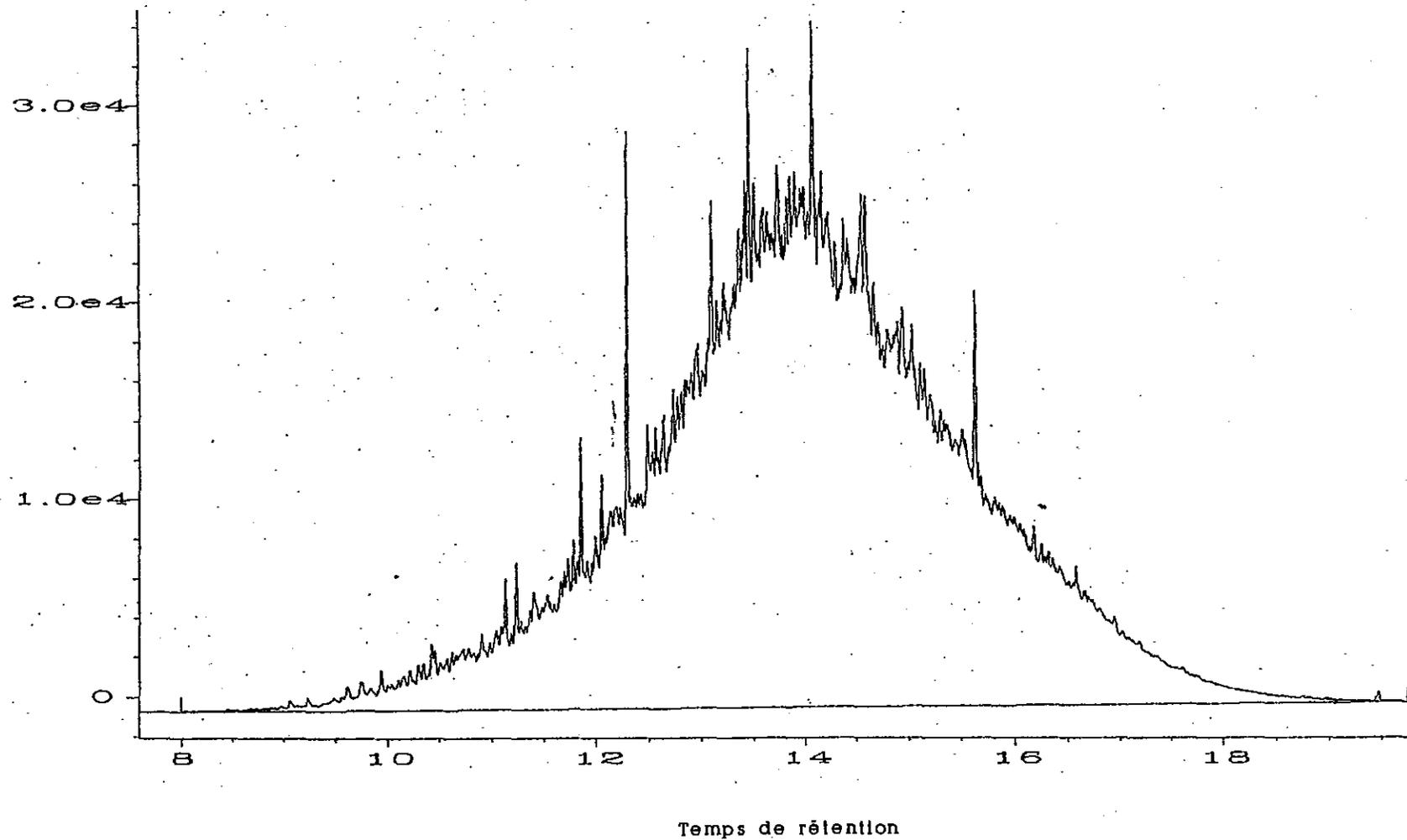


Figure 12
CHROMATOGRAMME
D'UNE SOLUTION STANDARD
D'HUILE À MOTEUR 10W30

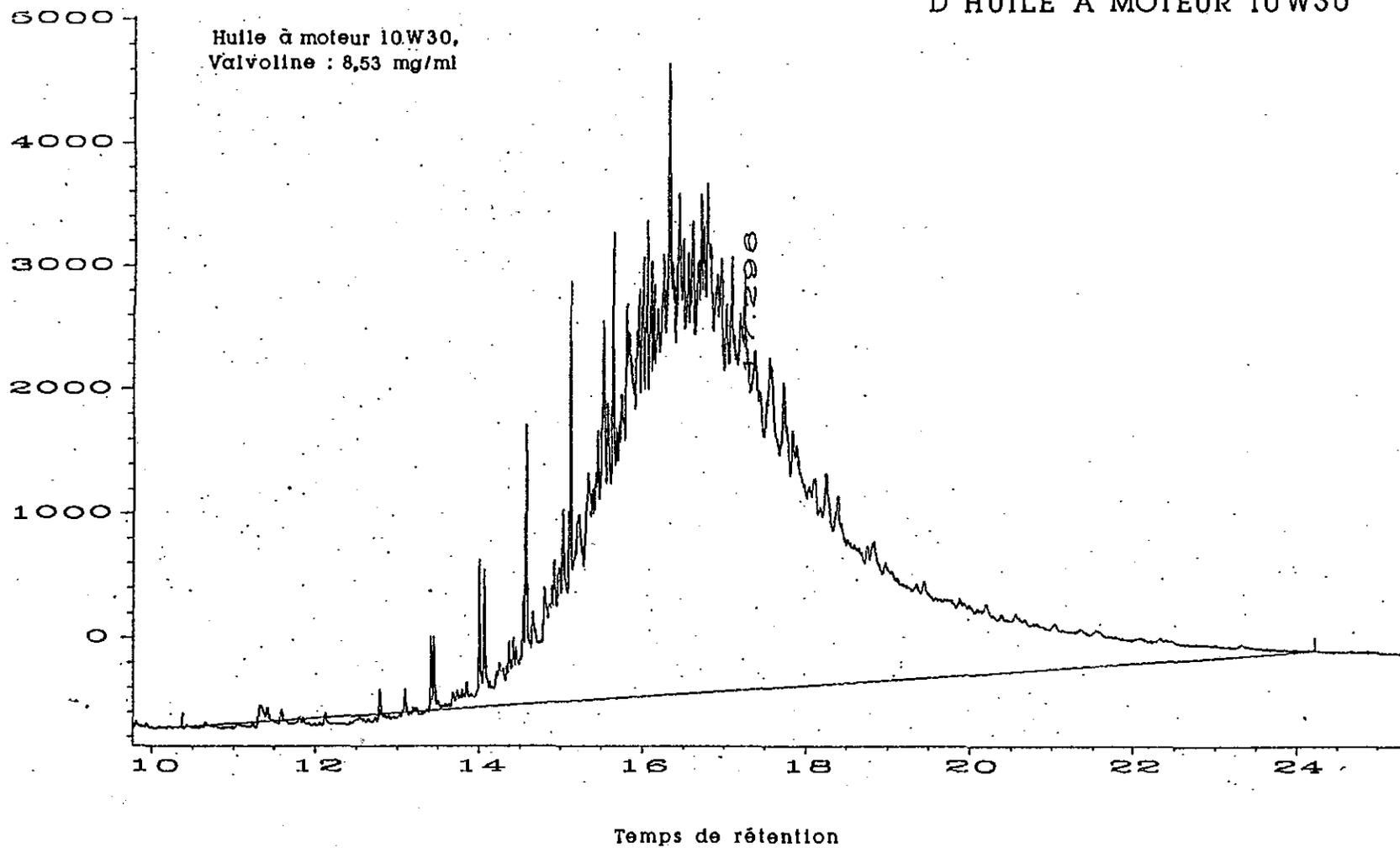


Tableau 7
TENEURS EN HUILES ET GRAISSES MINÉRALES, HAP ET PRODUITS PÉTROLIERS PAR GC-FID (IPP)
DANS DES SOLS CONTAMINÉS AU DIESEL (sols bruts et sols dégradés provenant de lieux d'entreposage temporaire pour des fins de traitement)
ET DANS DES SOLS ISSUS D'UN TERRAIN DE RAFFINERIE

IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON	NUMÉRO DE LABORATOIRE (MENVIQ A LAVAL)	TYPE DE SOL	TRAITEMENT RÉALISÉ SUR LE SOL	TENEUR EN HUILES ET GRAISSES MINÉRALES (ppm)		TENEUR EN PRODUITS PÉTROLIERS (IPP) PAR GC-FID (ppm)			TENEURS EN HAP TOOTAUX (ppm)		% ÉCART ENTRE 1 ET 2 ^a	CONTRIBUTION DES HAP EN TOUT EN 2 ^a (%)	
				BASE SÈCHE	BASE HUMIDE 1	TENEUR CALCULÉE EN DIESEL 2	TENEUR CALCULÉE EN HUILE À MOULIN À COUVER	TENEUR CALCULÉE EN HUILE À MOULIN 10W30	BASE HUMIDE	BASE SÈCHE		1	2
12463	685	ARGILEUX	BIODÉGRADÉ	2300	2000	220	-	-	0,81; (2,4) ^a	0,95; (2,8) ^a	>100	-	-
12464	686	ARGILEUX	BIODÉGRADÉ	2200	1900	250	-	-	0,82; (10,7) ^a	0,83; (10,7) ^a	>100	0,04; (0,56) ^b	0,33; (4,3) ^b
12465	687	ARGILEUX	BIODÉGRADÉ	2400	2100	170	-	-	0,93; (3,1) ^a	1,0; (3,4) ^a	>100	-	-
12466	688	ARGILEUX	AUCUN	6400	5600	4340	11600	93000	1,3; (3,7) ^a	1,5; (4,3) ^a	23	-	-
12467	689	ARGILEUX	AUCUN	7200	6200	3230	8800	70000	2,71; (30,7) ^a	3,06; (34,7) ^a	92	0,04; (0,50) ^b	0,08; (0,95) ^b
12468	690	ARGILEUX	AUCUN	5800	5100	3720	10200	82000	1,5; (4,1) ^a	1,6; (4,5) ^a	37	-	-
B-1	146	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	12000	9600	4860	13600	109000	22,3	28,6	98	0,23	0,46
B-2	147	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	13000	11000	5890	-	-	15,9; (29,9) ^a	18,9; (35,5) ^a	87	0,14; (0,27) ^b	0,27; (0,51) ^b
B-3	148	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	12000	9800	5690	-	-	23,2; (26,2) ^a	29,6; (33,5) ^a	72	0,24; (0,27) ^b	0,40; (0,46) ^b
B-4	149	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	16000	12000	5310	-	-	17,0; (20,1) ^a	22,2; (26,2) ^a	>100	0,14; (0,17) ^b	0,32; (0,38) ^b
B-5	150	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	17000	13000	5650	-	-	18,2; (20,4) ^a	23,9; (26,9) ^a	>100	0,14; (0,16) ^b	0,32; (0,36) ^b
B-6	151	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	14000	12000	4910	-	-	21,9; (23,9) ^a	26,0; (28,4) ^a	>100	0,18; (0,20) ^b	0,45; (0,49) ^b
B-7	152	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	16000	13000	6510	-	-	17,7; (20,9) ^a	21,0; (24,8) ^a	>100	0,14; (0,16) ^b	0,27; (0,32) ^b
B-8	153	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	14000	11000	4250	-	-	46,6; (48,9) ^a	61,3; (64,3) ^a	>100	0,42; (0,44) ^b	1,1; (1,2) ^b
B-9	154	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	14000	11000	3750	-	-	16,4; (19,7) ^a	20,6; (24,8) ^a	>100	0,15; (0,18) ^b	0,44; (0,53) ^b
B-10	155	SABLONNEUX	BIODÉGRADÉ	15000	13000	5190	14300	115000	18,5; (22,6) ^a	21,6; (25,8) ^a	>100	0,14; (0,18) ^b	0,36; (0,44) ^b
N-1	156	SABLONNEUX	AUCUN	50000	43000	37590	103000	821000	52,1; (83,3) ^a	60,3; (96,9) ^a	14	0,12; (0,19) ^b	0,14; (0,22) ^b
N-2	157	SABLONNEUX	AUCUN	73000	65000	79470	-	-	100,2; (152,5) ^a	112,3; (170,9) ^a	18	0,15; (0,23) ^b	0,13; (0,19) ^b
N-3	158	SABLONNEUX	AUCUN	80000	66000	70680	-	-	150,1; (197,0) ^a	181,6; (238,0) ^a	6,6	0,22; (0,30) ^b	0,21; (0,28) ^b
N-4	159	SABLONNEUX	AUCUN	92000	75000	76070	209000	1700000	192,4; (238,5) ^a	236,5; (293,2) ^a	1,4	0,26; (0,32) ^b	0,25; (0,31) ^b
N-5	160	SABLONNEUX	AUCUN	71000	60000	57900	-	-	-	-	3,6	-	-
N-6	161	SABLONNEUX	AUCUN	86000	73000	61840	-	-	-	-	18	-	-
N-7	162	SABLONNEUX	AUCUN	77000	65000	48180	-	-	-	-	35	-	-
N-8	163	SABLONNEUX	AUCUN	71000	60000	50740	-	-	74,4; (134,3) ^a	110; (198,6) ^a	18	0,12; (0,22) ^b	0,15; (0,26) ^b
N-9	164	SABLONNEUX	AUCUN	82000	71000	66250	-	-	479	556	7,2	0,67	0,72
N-10	165	SABLONNEUX	AUCUN	67000	58000	56180	-	-	81,5; (152,4) ^a	94,6; (176,9) ^a	3,2	0,14; (2,6) ^b	0,15; (2,7) ^b
RAFFINERIE-1	875	SILT	AUCUN	5900	5200	**	-	-	3,27	3,51	-	0,06	-
RAFFINERIE-2	876	SILT	AUCUN	11000	10000	**	-	-	3,95	4,48	-	0,04	-
RAFFINERIE-3	877	SILT	AUCUN	6500	5700	**	-	-	2,13	2,27	-	0,04	-

* : % écart = ([IPP] - [huiles et graisses minérales]) X 1 / [IPP] X 100

** : Ces résultats feront l'objet d'une présentation et d'une discussion plus approfondie à la section 5.3;

789 : Dépassement du critère B de la *Politique de réhabilitation des terrains contaminés*, (MENVIQ, 1988);

765 : Dépassement du critère C de la *Politique de réhabilitation des terrains contaminés*, (MENVIQ, 1988);

1 : Teneurs en huiles et graisses minérales (exprimées sur base humide) (ppm);

2 : Teneurs en produits pétroliers (IPP) par GC-FID exprimées en diesel (sur base humide) (ppm);

()^a : Teneur en HAP lorsque les HAP alkylés détectés sont additionnés aux concentrations de HAP identifiés dans la *Politique de réhabilitation des terrains contaminés*, (MENVIQ, 1988);

()^b : Écart calculé lorsque la sommation des HAP inclut les HAP alkylés;

□ : Résultats obtenus à partir d'extraits purifiés avec " cuivre + silice + alumine " et non avec " DMF + cuivre + silice + alumine " comme le reste des échantillons;

- : non disponible

∞ : La quantification a été réalisée en intégrant l'aire sous les pics résolus et sous l'agglomérat de pics étroitement fusionnés 19, 21.

Figure 13
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ PAR DU DIESEL
SOL N-1 (sol non traité)

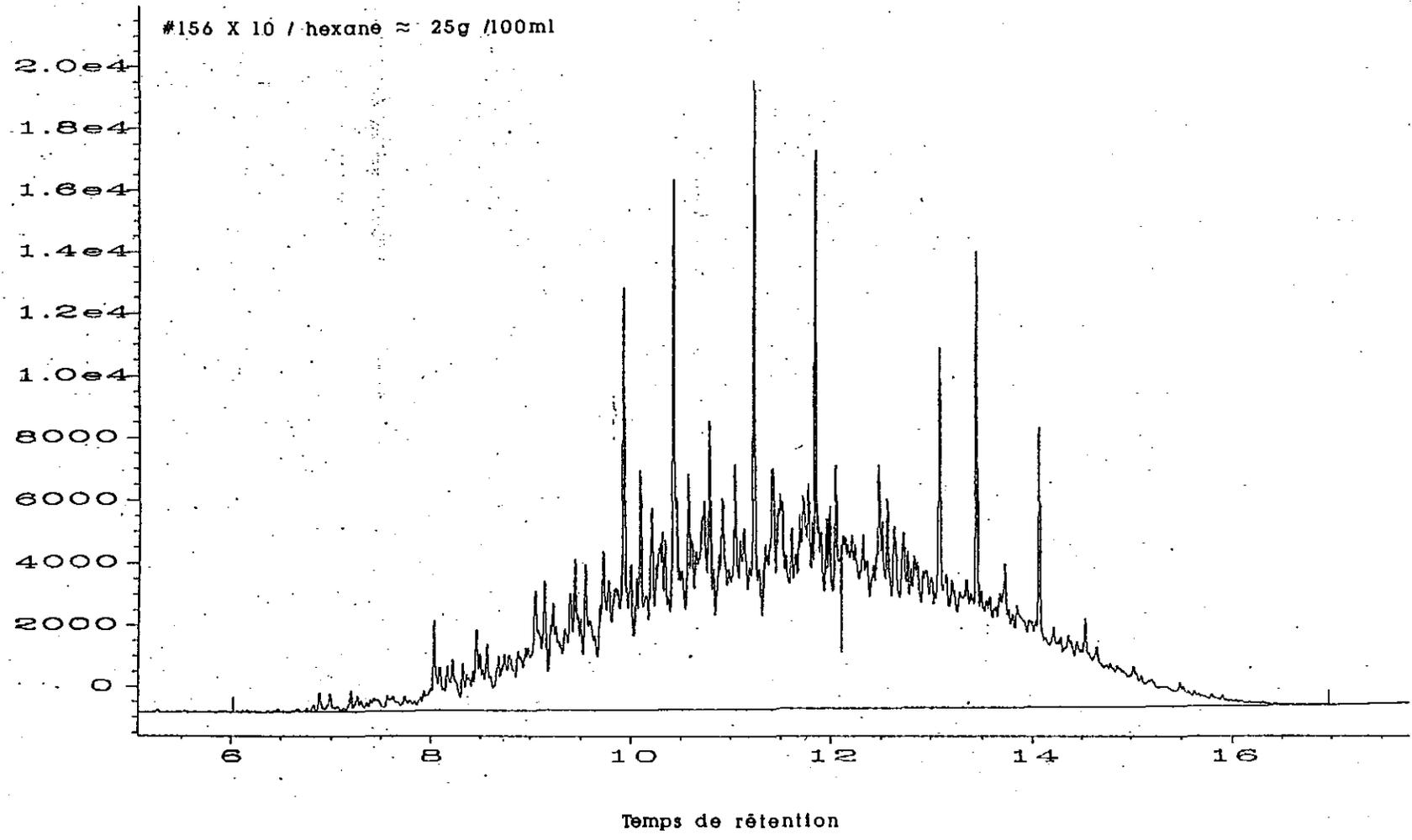
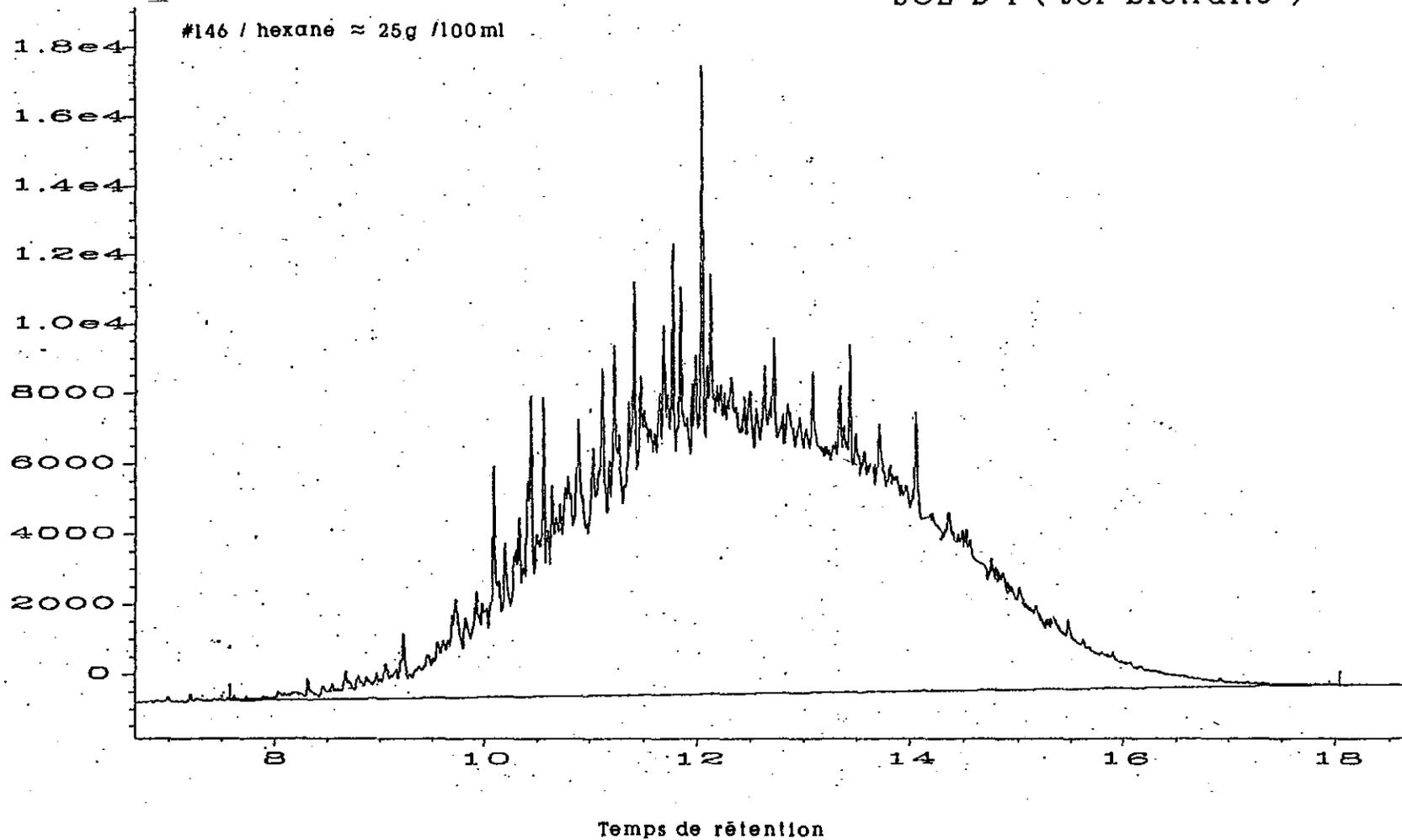


Figure 14
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ PAR DU DIESEL
SOL B-1 (sol biotraité)



Pour leur part, les sols sablonneux non traités (ou «bruts») sont caractérisés par des profils présentant un massif dans la région diesel/huile à chauffage et quelques pics correspondant aux pics secondaires des solutions étalons²¹.

Ainsi, qu'il s'agisse de sols dégradés ou de sols «bruts», les profils chromatographiques ressemblent tout au plus à celui de la solution étalon diesel pour l'enveloppe d'hydrocarbures (limites d'intégration : 8 à 16 minutes^{19, 21}) sans présenter systématiquement les mêmes pics résolus.

Les résultats quantitatifs présentés au tableau 7 permettent de constater à quel point la sélection de la solution standard (ou étalon) est déterminante. À titre d'exemple, les résultats associés à la caractérisation de l'échantillon B1 (sol sablonneux dégradé) vont de 5 100 à 109 000 ppm (sur base humide) en fonction de la solution standard à partir de laquelle l'échantillon est rapporté.

Évidemment, le résultat exprimé en diesel est le plus pertinent, considérant le fait que les sols sont effectivement contaminés par ce mélange.

Certains laboratoires préconisent l'utilisation d'une solution standard constituée de nombreux hydrocarbures paraffiniques linéaires compris, par exemple, entre C_6 et C_{36}^{18} ou entre C_{12} et C_{26}^{20} . La concentration de chaque composante de cette solution standard doit être égale. Cette approche permet de quantifier des mélanges inconnus comme des échantillons dégradés, sans toutefois déterminer la nature du mélange (diesel, huile à moteur...). Elle risque d'entraîner cependant un biais dans le résultat car cette solution standard diffère du mélange rencontré.

5.2.2 Pertinence d'intégrer aussi l'enveloppe d'hydrocarbures ou seulement les pics résolus

La présence d'un agglomérat de pics étroitement fusionnés à titre de profil chromatographique est généralement plus hasardeux à intégrer qu'un profil présentant des pics bien résolus. L'évaluation quantitative à partir de l'intégration de toute l'enveloppe d'hydrocarbures, pour être permise, implique que cette enveloppe est effectivement représentative de la présence d'hydrocarbures.

Afin de vérifier cet aspect, les sols B1 (sol sablonneux, biodégradé) et N-1 (sol sablonneux, non traité) ont été analysés par spectrométrie de masse (GC-MS). Cet exercice a permis d'identifier les ions fragmentaires caractéristiques aux alcanes (43, 57, 71, 85, 99 et 113 u.m.a.), aux alcènes (41, 55, 69, 83, 97 et 111 u.m.a.) et aux alcynes (53, 67, 81, 95 et 109 u.m.a.) (annexe C). Le profil de ces fragments est similaire à celui de l'enveloppe de pics étroitement fusionnés obtenue par les chromatogrammes ioniques totaux correspondants²². Aussi, le massif ou l'enveloppe de pics étroitement fusionnés est bien représentatif de la présence d'hydrocarbures et, en ce sens, il doit être considéré dans le calcul de l'aire sous les pics, de concert avec les pics résolus présents.

²²

Messier, F. (1993). Direction des laboratoires, MENVIQ. Note à l'attention de Renée Gauthier, datée du 3 août 1993. Objet : Compilation des résultats présentés par F. Messier lors de la réunion du 29 juillet 1993. (30 pages)

Dans cette optique, les résultats colligés au tableau 7 ont été obtenus par l'intégration des pics résolus et du massif.

Le tableau 8 présente les concentrations, calculées sous forme de diesel, de quatre échantillons de sols contaminés où l'intégration (calcul de l'aire sous les pics) a été effectuée en prenant en considération seulement les pics résolus sélectionnés d'une part, et les pics résolus plus le massif d'autre part.

Tableau 8

**TENEUR EN PRODUITS PÉTROLIERS SELON
DEUX MÉTHODES D'INTÉGRATION (MÉTHODE IPP)^{23,19}**

Identification de l'échantillon	Teneurs en produits pétroliers exprimés en diesel (mg/kg)		% d'écart entre (PS) et (P + M)
	Intégration des pics résolus sélectionnés seulement (PS)	Intégration des pics résolus <u>et</u> du massif (P + M)	
B-1 (biodégradé)	1 160	4 860	76
N-1 («brut»)	18 100	37 590	52
12 463 (biodégradé)	120	220	45
12 466 («brut»)	2 580	4 340	41

$$\% \text{ écart} = \frac{(P + M) - (PS)}{(P + M)} \times 100$$

L'exclusion du massif ou de l'enveloppe de pics étroitement fusionnés du calcul de l'aire sous le profil chromatographique entraîne une sous-évaluation de la teneur en produits pétroliers.

5.2.3 Comparaison des résultats issus de la méthode chromatographique IPP par GC-FID et des huiles et graisses minérales par IR

Le tableau 7 montre que des écarts allant de 1,4 à > 100 % sont observés entre les résultats d'huiles et graisses minérales par IR (en utilisant la solution standard habituelle²⁴) et les produits pétroliers par IPP exprimés en diesel, pour les 26 sols contaminés au diesel. Ce fait n'est pas vraiment surprenant, considérant qu'il s'agit de deux approches différentes. Cependant, connaissant

²³ Boisvert, L. (1993). Note à l'attention de Renée Gauthier, datée du 25 août 1993. Objet : Caractérisation de sols contaminés par des produits pétroliers (6 pages)

²⁴ Isooctane/hexadécane/benzène

l'impact de la nature de la solution standard sur le résultat d'huiles et graisses minérales en IR, il s'est avéré nécessaire de réaliser des investigations plus approfondies avant d'affirmer l'absence d'une corrélation avec les résultats issus de la méthode IPP par GC-FID.

Aussi, considérant que la nature de la solution standard servant à étalonner le spectrophotomètre infrarouge (IR) influence le résultat de la teneur en huiles et graisses minérales, l'exercice de sélectionner une solution standard plus adéquate a été entamé. Dans cette perspective, six solutions standards ont été évaluées : une huile de paraffines lourdes, un diesel d'été, une huile à moteur 10W30, un mélange isooctane/huile de paraffines lourdes 1:1, le *gas oil*²⁵ et le mélange habituel isooctane/hexadécane/benzène. La figure 15 montre l'absorbance en IR de chaque solution standard en fonction de la concentration en huiles et graisses minérales.

Il est à noter que pour le mélange 1:1, le maximum du pic principal est décalé ($2\ 965\ \text{cm}^{-1}$) comparativement aux autres solutions standards ($2\ 920 - 2\ 930\ \text{cm}^{-1}$)²³. Ce fait s'explique par la présence d'une proportion importante d'hydrocarbures aliphatiques ramifiés (isooctane). Le mélange 1:1 a un comportement analogue à celui de la solution standard habituellement utilisée pour le dosage (isooctane/hexadécane/benzène). L'absorbance la plus élevée est observée pour le diesel, suivi de l'huile de paraffines lourdes, de l'huile à moteur 10W30, du mélange "gas oil", du mélange isooctane/hexadécane/benzène et du mélange isooctane/huile de paraffines 1:1²³.

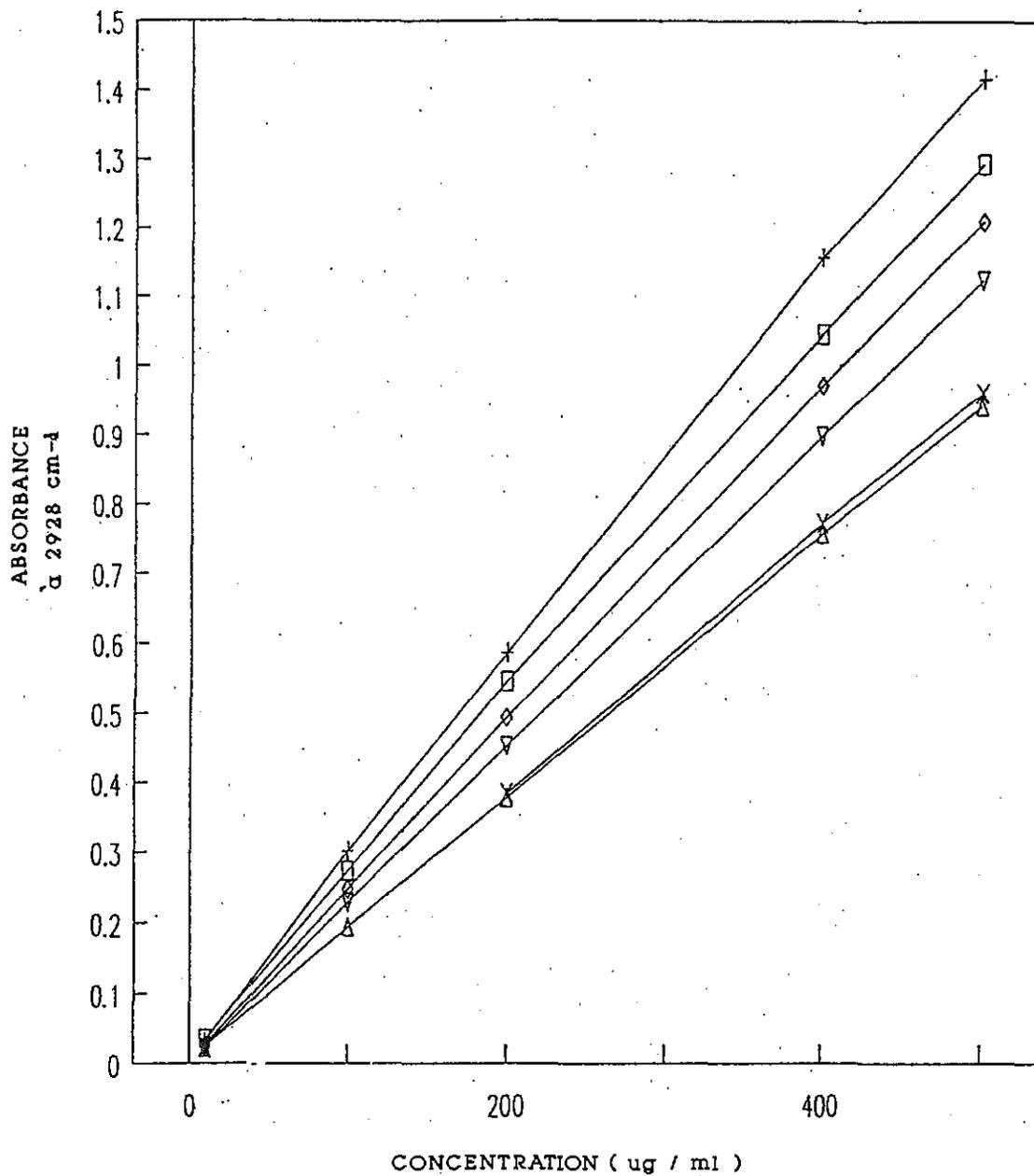
Les sols «bruts» et dégradés, contaminés par du diesel, ont été quantifiés avec chacune des solutions standards étudiées. Le tableau 9 présente les résultats obtenus. Le tableau 10 collige les écarts observés entre les résultats issus du dosage IR et ceux obtenus à la suite de la quantification en chromatographie à partir de la solution standard diesel.

Bien que les diverses solutions standards (en IR) mènent à des concentrations différentes pour un même échantillon, et ce en raison de l'absorbance de chaque solution, il demeure que les résultats sont du même ordre de grandeur (tableau 9). Les résultats obtenus par IR s'avèrent toutefois systématiquement plus élevés que ceux issus de la quantification par chromatographie (IPP), tels qu'ils sont présentés au tableau 10. Selon les conditions chromatographiques utilisées¹⁹ et les limites d'intégration identifiées (en considérant l'intégration des pics résolus et du massif de pics étroitement fusionnés), la moyenne arithmétique des résultats des échantillons B (1 à 10) est de 5,2 g/kg et de 61 g/kg pour les échantillons N (1 à 10), alors que selon le dosage par IR, la moyenne des résultats des échantillons B (1 à 10) et N (1 à 10) va respectivement de 8 à 12 g/kg et de 48 à 66 g/kg selon la solution standard. Les solutions standards qui génèrent en IR les résultats les plus proches des résultats de la méthode IPP sont le diesel et l'huile de paraffines lourdes : 14 résultats sur 26 présentent des écarts inférieurs à 30 % entre les données issues de l'IR et du GC-FID (IPP).

25

"Gas oil" : le mélange utilisé contenait principalement des hydrocarbures de C_{16} à C_{22} ($T_{\text{éb.}}$: 250 à 500°C)

Figure 15
 ABSORBANCE
 DES DIFFÉRENTES SOLUTIONS STANDARDS ÉTUDIÉES,
 EN FONCTION DE LA CONCENTRATION
 EN HUILES ET GRAISSES MINÉRALES²³



□ : huile paraffines lourdes

◇ : huile moteur 10W30

× : STD habituel

+ : diesel

△ : mélange 1:1

▽ : "gas oil"

Tableau 9

**CONCENTRATION EN HUILES ET GRAISSES MINÉRALES ET TOTALES
DE 26 ÉCHANTILLONS DE SOLS CONTAMINÉS PAR DU DIESEL SELON LES DIVERSES SOLUTIONS STANDARDS ÉTUDIÉES (g/kg)²³**

	Paraffines lourdes	Paraffines lourdes	Diesel d'été	Huile à Moteur 10W30	Mélange 1:1	Standard habituel	Gas oil
	1)	1)	2)	3)	4)	5)	6)
m	0,002564	0,002588	0,002831	0,002411	0,001877	0,001921	0,002240
b	0,017615	0,006574	0,012883	0,005961	0,004642	0,001650	0,002713
Coefficient de corrélation	0,999672	0,999904	0,999635	0,999937	0,999987	0,999988	0,999975
B-1 TOT	6,32	7,11	6,06	7,69	10,02	10,00	8,56
B-2 TOT	7,15	7,93	6,81	8,56	11,13	11,14	9,50
B-3 TOT	7,45	7,81	6,91	8,40	10,87	10,49	9,19
B-4 TOT	9,07	9,41	8,38	10,12	13,08	12,57	11,04
B-5 TOT	9,92	10,26	9,15	11,03	14,25	13,70	12,02
B-6 TOT	9,04	9,37	8,35	10,08	13,03	12,55	11,00
B-7 TOT	9,63	9,96	8,89	10,72	13,84	13,28	11,68
B-8 TOT	8,50	8,85	7,87	9,52	12,31	11,87	10,40
B-9 TOT	8,13	8,48	7,53	9,13	11,80	11,35	9,97
B-10 TOT	10,19	10,53	9,40	11,32	14,62	14,05	12,33
N-1 TOT	32,50	33,05	29,76	35,51	45,77	43,64	38,52
N-2 TOT	49,96	50,35	45,57	54,08	69,62	66,39	58,50
N-3 TOT	50,08	50,48	45,69	54,22	69,81	65,61	58,66
N-4 TOT	57,37	57,69	52,29	61,96	79,76	76,34	66,99
N-5 TOT	46,12	46,56	42,11	50,02	64,41	61,78	54,13
N-6 TOT	55,93	56,27	50,98	60,44	77,79	74,45	65,35

	Paraffines lourdes	Paraffines lourdes	Diesel d'été	Huile à Moteur 10W30	Mélange 1:1	Standard habituel	Gas oil
	1)	1)	2)	3)	4)	5)	6)
N-7 TOT	48,89	49,28	44,60	52,94	68,16	65,27	57,27
N-8 TOT	44,23	44,68	40,39	48,00	61,82	59,26	51,96
N-9 TOT	54,26	54,60	49,47	58,65	75,49	72,32	63,41
N-10 TOT	44,14	44,59	40,31	47,91	61,69	59,15	51,86
12 463 TOT	1,65	1,72	1,52	1,85	2,39	2,33	2,02
12 464 TOT	1,80	1,87	1,66	2,01	2,59	2,53	2,19
12 465 TOT	1,72	1,79	1,59	1,92	2,48	2,43	2,10
12 466 TOT	4,37	4,42	3,99	4,74	6,11	5,89	5,14
12 467 TOT	4,87	4,91	4,45	5,28	6,79	6,54	5,71
12 468 TOT	3,88	3,93	3,55	4,22	5,44	5,22	4,57
B-1 MIN	5,93	6,73	5,71	7,27	9,49	9,58	8,12
B-2 MIN	6,77	7,55	6,46	8,15	10,61	10,60	9,06
B-3 MIN	6,91	7,27	6,43	7,83	10,13	9,80	8,57
B-4 MIN	8,49	8,84	7,86	9,51	12,29	11,90	10,38
B-5 MIN	9,26	9,60	8,55	10,33	13,34	12,80	11,26
B-6 MIN	8,39	8,73	7,76	9,39	12,14	11,70	10,25
B-7 MIN	9,13	9,47	8,43	10,18	13,16	12,70	11,11
B-8 MIN	8,08	8,43	7,48	9,07	11,72	11,30	9,91
B-9 MIN	7,81	8,17	7,24	8,79	11,37	11,00	9,61
B-10 MIN	9,61	9,95	8,87	10,70	13,82	13,29	11,66
N-1 MIN	32,12	32,67	29,42	35,11	45,25	43,20	38,08
N-2 MIN	48,89	49,28	44,60	52,94	68,16	65,20	57,27
N-3 MIN	50,00	50,40	45,62	54,14	69,70	65,50	58,57

	Paraffines lourdes	Paraffines lourdes	Diesel d'été	Huile à Moteur 10W30	Mélange 1:1	Standard habituel	Gas oil
	1)	1)	2)	3)	4)	5)	6)
N-4 MIN	56,13	56,47	51,17	60,65	78,07	74,70	65,58
N-5 MIN	44,87	45,32	40,98	48,69	62,70	60,10	52,70
N-6 MIN	54,84	55,19	50,00	59,28	76,31	73,00	64,10
N-7 MIN	48,51	48,91	44,26	52,53	67,64	64,80	56,83
N-8 MIN	44,46	44,91	40,60	48,25	62,13	60,20	52,23
N-9 MIN	53,04	53,39	48,36	57,39	73,83	70,70	62,02
N-10 MIN	43,52	43,98	39,75	47,25	60,84	58,30	51,15
12 463 MIN	1,43	1,50	1,33	1,61	2,09	2,04	1,77
12 464 MIN	1,34	1,42	1,25	1,53	1,98	1,94	1,67
12 465 MIN	1,44	1,52	1,34	1,63	2,11	2,07	1,78
12 466 MIN	4,12	4,16	3,76	4,47	5,76	5,56	4,85
12 467 MIN	4,59	4,64	4,19	4,98	6,41	6,18	5,39
12 468 MIN	3,77	3,82	3,45	4,11	5,29	5,08	4,45

Résultats exprimés sur base humide

TOT : teneur en huiles et graisses totales

MIN : teneur en huiles et graisses minérales

m : pente (calculée à partir de cinq points à l'exception de la courbe du standard habituel pour laquelle quatre points ont été utilisés)

b : ordonnée à l'origine (calculée à partir de cinq points à l'exception de la courbe du standard habituel pour laquelle quatre points ont été utilisés)

1 : Fisher Scientific. Résultats de 2 séries d'essais

2 : Petro-Canada

3 : Valvoline

4 : isooctane/huile de paraffines lourdes, 1:1 (poids/poids). Maximum du pic principal à 2965 cm^{-1} plutôt qu'à 2930 cm^{-1}

5 : isooctane/hexadécane/benzène

6 : le mélange utilisé contenait principalement des hydrocarbures de C_{16} à C_{22} ($T_{\text{éb.}}$: 250 à 500°C)

Tableau 10
**ÉCARTS OBSERVÉS ENTRE LES RÉSULTATS
ISSUS DES DOSAGES PAR INFRA-ROUGE (huiles et graisses minérales)
ET PAR GC-FID (IPP)**

NUMÉRO DE L'ÉCHANTILLON	GC-FID TENEURS EN PRODUITS PÉTROLIERS EXPRIMÉS EN DIESEL (en ppm)	TENEURS EN HUILES ET GRAISSES MINÉRALES ET POURCENTAGES D'ÉCART ENTRE LES RÉSULTATS PAR GC-FID (RAPPORTÉS EN DIESEL) ET LES RÉSULTATS PAR IR					
		PARAFFINES LOURDES (1)	DIESEL D'ÉTÉ	HUILE À MOTEUR 10W40	MÉLANGE 1:1	STANDARD HABITUEL	STANDARD DE PÉTRO-CANADA
12463	220	1430 ; 1500	1330	1610	2090	2040	1770
		> 100 ; > 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
12464	250	1340 ; 1420	1250	1530	1980	1940	1670
		> 100 ; > 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
12465	170	1440 ; 1520	1340	1630	2110	2070	1780
		> 100 ; > 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
12466	4340	4120 ; 4160	3760	4470	5760	5560	4850
		5.1 ; 4.1	13	3.0	33	28	12
12467	3230	4590 ; 4640	4190	4980	6410	6180	5390
		42 ; 44	30	54	98	91	67
12468	3720	3770 ; 3820	3450	4110	5290	5080	4450
		1.3 ; 2.7	7.3	10	42	37	20
B-1	4860	5930 ; 6730	5710	7270	9490	9580	8120
		22 ; 38	17	50	95	97	67
B-2	5890	6770 ; 7550	6460	8150	10610	10600	9060
		15 ; 28	9.7	38	80	80	54
B-3	5690	6910 ; 7270	6430	7830	10130	9800	8570
		21 ; 28	13	38	78	72	51
B-4	5310	8490 ; 8840	7860	9510	12290	11900	10380
		60 ; 66	48	79	> 100	> 100	95
B-5	5650	9260 ; 9600	8550	10330	13340	12800	11260
		64 ; 70	51	83	> 100	> 100	99
B-6	4910	8390 ; 8730	7760	9390	12140	11700	10250
		71 ; 78	58	91	> 100	> 100	> 100
B-7	6510	9130 ; 9470	8430	10180	13160	12700	11110
		40 ; 45	29	56	> 100	95	83
B-8	4250	8080 ; 8430	7480	9070	11720	11300	9910
		90 ; 98	76	> 100	> 100	> 100	> 100
B-9	3750	7810 ; 8170	7240	8790	11370	11000	9610
		> 100 ; > 100	93	> 100	> 100	> 100	> 100
B-10	5190	9610 ; 9950	8870	10700	13820	13300	11660
		85 ; 92	71	> 100	> 100	> 100	> 100
N-1	37590	32120 ; 32670	29420	35110	45250	43200	38080
		15 ; 15	22	6.6	20	15	1.3
N-2	79470	48890 ; 49280	44600	52940	68160	65200	57270
		38 ; 38	44	33	14	18	28
N-3	70680	50000 ; 50400	45620	54140	69700	65500	58570
		29 ; 29	35	23	1.4	7.3	17
N-4	76070	56130 ; 56470	51170	60650	78070	74700	65580
		26 ; 26	33	20	2.6	1.8	14
N-5	57900	44870 ; 45320	40980	48690	62700	60100	52700
		23 ; 22	29	16	8.3	3.8	9.0
N-6	61840	54840 ; 55190	50000	59280	76310	73000	64100
		13 ; 11	19	4.1	23	18	3.7
N-7	48180	48510 ; 48910	44260	52530	67640	64800	56830
		0.7 ; 1.5	8.1	9.0	40	34	18
N-8	50740	44460 ; 44910	40600	48250	62130	60200	52230
		12 ; 12	20	4.9	22	19	2.9
N-9	66250	53040 ; 53390	48360	57350	73830	70700	62020
		20 ; 19	27	13	11	6.7	6.4
N-10	56180	43520 ; 43980	39750	47250	60840	58300	51150
		23 ; 22	29	16	8.3	3.8	9.0

1. Résultats de 2 séries d'essais

51150	Teneur en ppm
9.0	Écart en pourcentage

Dans les 26 cas observés dans le cadre du présent exercice, une corrélation existe entre les huiles et graisses minérales par IR et les produits pétroliers par IPP, selon les conditions chromatographiques¹⁹ et d'intégration utilisées. Les coefficients de corrélation des régressions linéaires réalisées à partir de l'ensemble des teneurs en huiles et graisses minérales selon chacune des solutions standards et des teneurs en produits pétroliers (IPP, exprimés en diesel) sont de 0,9802 à 0,9823. Les solutions standards diesel et les huiles de paraffines lourdes présentent les meilleures corrélations (annexe E).

5.3 Analyses de mélanges très dégradés de produits pétroliers à partir de la méthode IPP : sols d'un terrain de raffinerie

L'investigation de la performance des méthodes IPP et Huiles et Graisses minérales par IR pour l'analyse de sols dégradés a été entamée par le dosage d'une dizaine de sols biodégradés. En dépit de la dégradation subie par ces sols, leur profil chromatographique respectif a permis tout de même une identification du mélange et une quantification relativement fiables, lorsque l'intégration de tous les pics résolus et du massif est considérée. Cependant, la caractérisation de terrains contaminés place souvent l'analyste devant un défi potentiellement plus complexe : celui d'analyser des eaux ou des sols contaminés pendant de nombreuses années par diverses activités pétrolières allant du raffinage à la pétrochimie. Généralement, les terrains de raffinerie présentent des sources de contamination plus diversifiées que des cas de déversements accidentels ou de fuites de réservoirs souterrains. Aussi, pour compléter l'information disponible sur la caractérisation de sols dégradés, trois sols issus d'un empilement homogénéisé constitué de sols d'un terrain de raffinerie ont été soumis pour analyses.

L'analyse des trois sols par GC-FID révèle des profils chromatographiques comparables dont un exemple est présenté à la figure 16. Cet exemple permet de constater que bien que le profil chromatographique soit caractérisé par la présence d'un massif de pics étroitement fusionnés comparable à ceux observés pour les sols étudiés antérieurement, on peut voir que le profil ne rejoint pas la ligne de base après ce massif et ce, même après 20 minutes d'intégration. Cette traînée présente un problème d'importance puisqu'elle laisse beaucoup de latitude à l'analyste pour le choix des limites d'intégration.

Des cas comme celui-ci entraînent une variabilité potentielle importante dans les résultats rapportés. Afin de démontrer la véracité de cette hypothèse, deux laboratoires ont injecté dans leur chromatographe respectif les trois mêmes extraits obtenus à partir des trois sols du terrain de raffinerie.

Le premier laboratoire a sélectionné trois points en abscisse du chromatogramme à titre de limites finales d'intégration. Le premier point se situe directement après le massif (conc. 1), le second à mi-chemin entre la fin du massif et la fin du chromatogramme (conc. 2) et le dernier, à la fin du chromatogramme (conc. 3). Le second laboratoire, sans avoir conféré avec le premier, a limité son intégration à la fin du massif (conc. 4).

Les résultats apparaissent au tableau 11.

Figure 16
CHROMATOGRAMME
D'UN SOL CONTAMINÉ
PAR DES ACTIVITÉS PÉTROLIÈRES
(terrain de raffinerie)

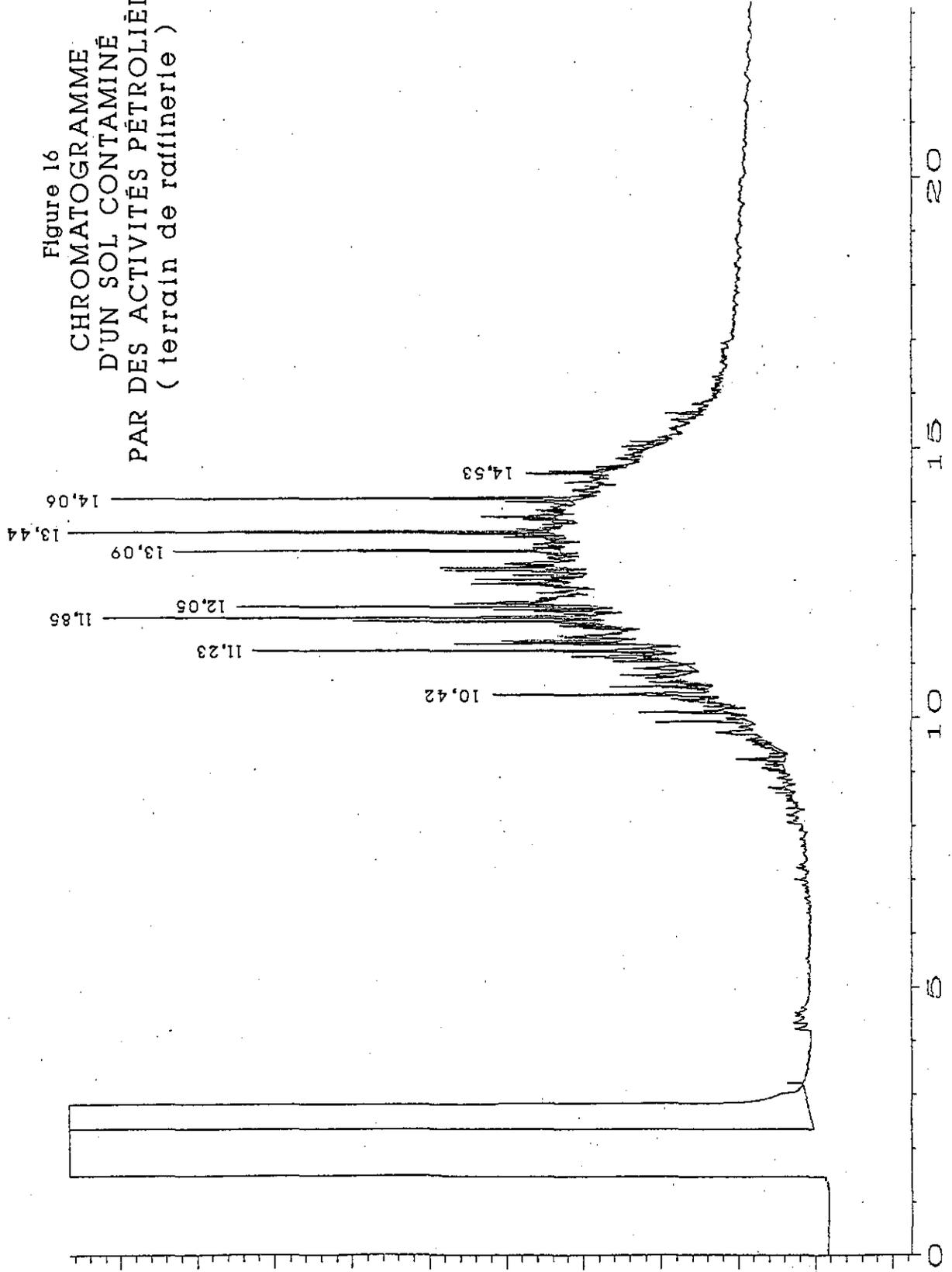


Tableau 11

**CONCENTRATION EN PRODUITS PÉTROLIERS
OBTENUS PAR GC-FID DANS TROIS SOLS
ISSUS D'UN TERRAIN DE RAFFINERIE***

Identification de l'échantillon	Teneur en produits pétroliers en mg/kg (base humide)			
	conc. 1**	conc. 2 **	conc. 3 **	conc. 4 ***
Raffinerie-1 (# 875)	495	638	804	31
Raffinerie-2 (# 876)	330	441	530	22
Raffinerie-3 (# 877)	401	457	519	23

* L'intégration tient compte des pics résolus et du massif.

** Boisvert, L. (1993). Direction des laboratoires, MENVIQ. Note à l'attention de Renée Gauthier, datée du 3 septembre 1993. Objet : Quantification des produits pétroliers dans les sols contaminés.

Conc. 1, 2 et 3 : il s'agit de trois séries de résultats obtenus par trois intégrations différentes du même chromatogramme. Solution standard : diesel.

*** Laboratoire indépendant. Le mélange contient des hydrocarbures de C₁₂ à C₃₆. Conditions chromatographiques différentes de celles utilisées pour générer les résultats conc. 1, 2 et 3. Mode "on column".

Le tableau 11 montre que des variations appréciables peuvent être observées dans les résultats issus d'un même laboratoire, utilisant la même solution standard pour le dosage, en appliquant des limites différentes pour l'intégration du massif chromatographique et ce, pour la même injection. L'intégration d'un massif chromatographique présente une situation où la subjectivité devient importante et le choix des limites d'intégration devient aléatoire.

D'autre part, le tableau 11 montre que des variations encore plus appréciables sont observées dans les résultats issus de deux laboratoires différents : ceci est surtout dû à l'utilisation de conditions chromatographiques différentes (techniques d'injection, d'intégration...) et à l'utilisation de différentes solutions standards pour le dosage.

Il s'est ainsi révélé évident que la méthode IPP, même en intégrant à la fois le massif et les pics résolus, peut générer des variations appréciables dans les teneurs en hydrocarbures rapportées pour des mélanges très dégradés, principalement en raison de problèmes liés à la détermination des limites d'intégration et du choix de la solution standard lors du dosage.

Le présent exercice a permis de faire ressortir les observations suivantes :

1. L'approche de quantification par pics sélectionnés s'applique à la caractérisation d'eau ou de sols contaminés par des mélanges frais de produits pétroliers. Elle s'applique plus difficilement aux mélanges partiellement dégradés pour lesquels elle ne génère que des données semi-quantitatives.

Elle ne s'applique généralement pas aux mélanges dégradés ni aux mélanges plus lourds que le mazout domestique.

2. L'approche par intégration de l'enveloppe complète (massif) d'hydrocarbures permet de quantifier des mélanges dégradés et des mélanges plus lourds que le mazout domestique.
3. La représentativité de la solution standard est déterminante pour la qualité du résultat. La sélection d'une solution standard inadéquate entraîne des biais dans les résultats. De plus, le choix de la solution standard est en partie responsable de la variabilité inter-laboratoires dans les résultats obtenus.
4. Le massif ou l'enveloppe d'hydrocarbures est bien représentatif de la présence de produits d'origine pétrolière et doit être inclus dans l'intégration.
5. Dans le cadre du présent projet (sols contaminés par du diesel), une corrélation existe (coefficient de corrélation 0,98) dans les cas étudiés entre les huiles et graisses minérales par IR et les produits pétroliers par IPP (exprimés en diesel), selon les conditions chromatographiques¹⁹ et d'intégration utilisées.
6. L'utilisation de la méthode IPP entraîne une variabilité intra-laboratoire dans les résultats pour des mélanges très dégradés, en raison du problème engendré par la sélection aléatoire des limites d'intégration. Ce problème se manifeste lorsque le profil chromatographique ne rejoint pas la ligne de base après l'apparition du massif.

Ainsi, la méthode IPP par GC-FID peut constituer une alternative à la méthode des huiles et graisses minérales pour la caractérisation d'échantillons contaminés par des mélanges frais. Elle peut être applicable aux cas de mélanges dégradés en intégrant toute l'enveloppe d'hydrocarbures incluant les pics résolus. Cependant, cette méthode doit d'abord être développée pour le choix de la solution standard, la détermination des conditions chromatographiques et la sélection du protocole et des limites d'intégration, puis normalisée. Il serait à démontrer si cette méthode normalisée s'appliquerait à des mélanges très dégradés où le profil chromatographique ne revient pas à la ligne de base.

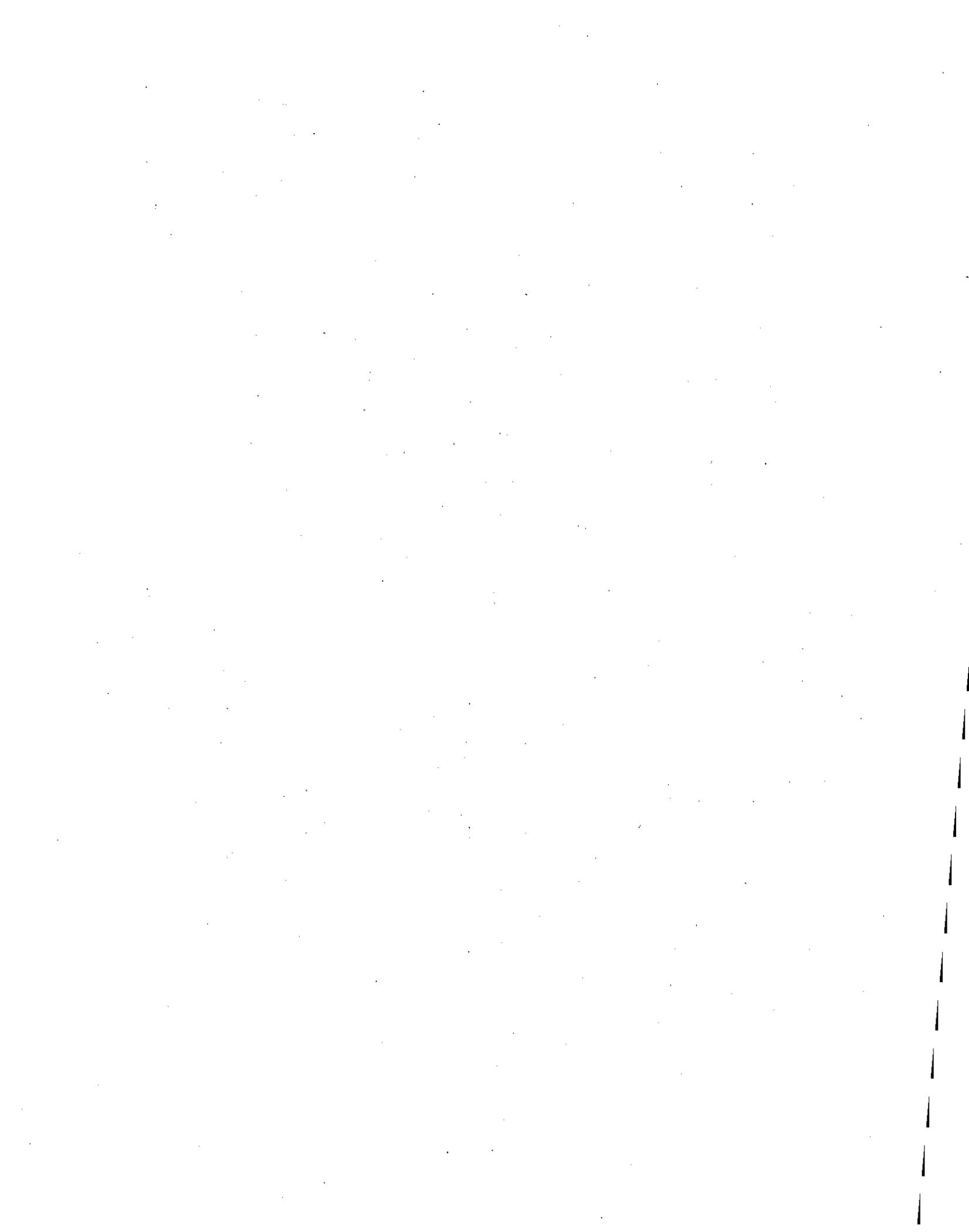
6.0 PERTINENCE DE DOSER LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP) LORSQUE DES MÉLANGES DE PRODUITS PÉTROLIERS CONTAMINENT DES SOLS OU DE L'EAU SOUTERRAINE

La présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les mélanges de produits pétroliers est connue et se manifeste même dans des carburants relativement légers. En effet, la littérature rapporte que certains produits pétroliers frais tels le diesel, le mazout domestique, de même que des mélanges plus lourds comme l'huile à moteur peuvent contenir jusqu'à 600 ppm de benzo (a) pyrène⁶. La présence d'autres HAP tels le naphthalène et les naphthalènes méthylés est également observée dans l'essence^{16,18}, le diesel et des mélanges plus lourds⁸.

Les sols contaminés par du diesel et les trois sols issus d'un terrain de raffinerie ont été analysés pour vérifier leur contenu en HAP. Les résultats figurent au tableau 7. Les six premiers échantillons analysés (12464, 12467, B-1, B-2, N-9 et N-10) ont été extraits puis purifiés selon la méthode habituellement préconisée par le Ministère pour les sols, soit l'extraction au dichlorométhane et purification subséquente sur gel de silice, alumine et cuivre activé. Les extraits étant considérablement chargés en hydrocarbures, une étape de purification supplémentaire impliquant le diméthylformamide (DMF)²⁶ a été utilisée pour le dosage des autres sols.

Les rapports d'analyses montrent la présence de la majorité des HAP identifiés par la *Politique de réhabilitation des terrains contaminés* (MENVIQ, 1988) de même que des teneurs souvent plus élevées de naphthalènes alkylés (méthyl-naphthalène, diméthyl-naphthalènes, triméthyl-naphthalènes). Les sols «bruts» N-8, N-9 et N-10 présentent des teneurs en HAP totaux, incluant les HAP alkylés, allant de 52,1 à 1 769 ppm (sur base sèche). Les sols raffinerie-1, 2 et 3 contiennent, pour leur part, de 2,27 à 4,48 ppm (sur base sèche) de HAP^{totaux}. Les teneurs obtenues pour les sols contenant du diesel et ayant subi une biodégradation vont de 20,6 à 64,3 ppm (sur base sèche). Les sols 12463 à 12468 contiennent de 2,8 à 34,7 ppm de HAP^{totaux} (sur base sèche). De façon générale, la contribution des HAP aux résultats de produits pétroliers (IPP de l'ordre de 170 à 79 470 ppm) n'excède pas 1%. Toutefois, des critères C pour des HAP spécifiques sont souvent dépassés (exemples : N-8, N-9, N-10).

Sur la base des investigations réalisées, les sols contaminés par du diesel, de même que ceux issus d'un terrain de raffinerie sont susceptibles de contenir des teneurs appréciables de HAP. La capacité des sols à retenir et ainsi à cumuler les HAP en raison de la présence d'acides organiques, conjuguée aux caractéristiques physico-chimiques des HAP (solubilité limitée), fait en sorte que les teneurs détectées dans des sols contaminés peuvent excéder les concentrations de HAP mesurées dans un mélange pur. Aussi, l'analyse des HAP s'avère pertinente lorsque des sols sont contaminés par des produits pétroliers même s'il s'agit de carburants relativement légers. Pour les cas de caractérisation d'eau souterraine, il est logique de ne considérer l'analyse des HAP que lorsque leur présence est confirmée dans les sols contaminés.



7.0 SÉLECTION DU PARAMÈTRE LE PLUS ADÉQUAT EN FONCTION DU TYPE DE CONTAMINATION PAR DES PRODUITS PÉTROLIERS

Le présent exercice a permis au comité de faire les observations suivantes :

1. La méthode des huiles et graisses a fourni, dans 14 cas sur 26, des résultats relativement similaires à ceux générés par la méthode IPP (section 5.2.3);
2. La méthode IPP par GC-FID peut constituer une alternative à la méthode des huiles et graisses minérales pour la caractérisation d'échantillons contaminés par des mélanges frais. Elle peut être applicable aux échantillons contaminés par des mélanges dégradés en autant que la méthode IPP soit développée puis normalisée pour établir les conditions analytiques adéquates : choix de la solution standard, des conditions chromatographiques, du protocole et des limites d'intégration. L'applicabilité de cette méthode à certains échantillons très dégradés comme les sols issus de terrain de raffinerie, par exemple, reste à déterminer;
3. Le dosage des HAP s'avère pertinent lorsque des sols ou de l'eau sont contaminés par des produits pétroliers, même par des mélanges relativement légers.

Sur la base de ces observations, et considérant la complexité liée à l'établissement d'une approche de caractérisation fiable et judicieuse, cinq options ont été identifiées :

OPTION 1 : Conserver la méthode huiles et graisses minérales par IR (après sa révision) avec la solution standard habituelle (benzène/isooctane/hexadécane)	
AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
<ul style="list-style-type: none"> . consistant avec les résultats antérieurs (résultats comparables); . paramètre intégrateur peu coûteux; . permet de doser les hydrocarbures > C₃₀ ou 40; . permet de doser des sols «bruts» et des sols contaminés par des hydrocarbures dégradés. 	<ul style="list-style-type: none"> . variabilité inter-laboratoires à prévoir si un moyen n'est pas identifié pour la contrer; . biais positif engendré par la présence de benzène dans la solution standard; . les aromatiques n'absorbent pas à 2 930 cm⁻¹. Il faudra les doser par une autre méthode; . ne permet pas l'identification des produits pétroliers (diesel, huile lubrifiante...); . <u>extraction de tout ce qui est soluble</u> dans le fréon et non retenu sur le gel de silice; . nécessité de changer le solvant à partir de 1995 en raison du problème qu'il représente pour la couche d'ozone.

OPTION 2 : Conserver le test «huiles et graisses minérales» par IR (après sa révision) et sélectionner une nouvelle solution standard	
AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
<ul style="list-style-type: none"> . paramètre intégrateur peu coûteux; . dans le cadre du présent exercice, cette méthode a fourni dans 14 cas sur 26 des résultats relativement similaires à ceux générés par la méthode IPP et ce, à moindre coût*; . permet de doser les hydrocarbures > C₃₀ ou 40; . permet de doser des sols «bruts» et des sols contaminés par des hydrocarbures dégradés. 	<ul style="list-style-type: none"> . les résultats fournis ne seront pas comparables avec les données générées <u>avant</u> le changement de la solution standard; . une question se pose : les nouveaux résultats pourront-ils logiquement être comparés au même critère d'huiles et graisses minérales? . variabilité inter-laboratoires à prévoir si un moyen n'est pas identifié pour la contrer; . les aromatiques n'absorbent pas à 2 930 cm⁻¹. Il faudra les doser par une autre méthode; . ne permet pas l'identification des produits pétroliers (diesel, huile lubrifiante...); . extraction de <u>tout ce qui est soluble</u> dans le fréon et non absorbé sur le gel de silice. . nécessité de changer le solvant à partir de 1995 en raison du problème qu'il représente pour la couche d'ozone.

* Attention : il se peut que la corrélation relative diffère pour d'autres cas de contamination que par du diesel. Voir les données statistiques liées aux distributions (annexe E).

OPTION 3 : Utiliser la méthode IPP par GC-FID pour les hydrocarbures de C_9 à C_{30} ou 40 (et «huiles et graisses minérales» si $> C_{30}$ ou 40) avec une solution standard couvrant toute la plage des n-alcane, en intégrant les pics résolus et le massif de pics étroitement fusionnés. Limites d'intégration : C_9 à C_{30}

AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
<ul style="list-style-type: none"> . permet l'identification et le dosage sélectif d'un mélange d'hydrocarbures en fournissant un profil type par mélange; . usage d'une solution standard unique représentative d'une gamme d'alcane habituellement présents dans des mélanges de produits pétroliers; . indépendant de la sélection de pics résolus, donc permet le dosage de sols contaminés par des hydrocarbures dégradés; . le FID est un bon détecteur pour les hydrocarbures (aliphatiques comme aromatiques). 	<ul style="list-style-type: none"> . limité au dosage des C_6 à C_{30} ou 40, donc exclut les hydrocarbures lourds ($> C_{30}$ ou 40); . similitude relative de la solution standard et de l'échantillon à doser; . plus coûteux que H et G minérales; . problème dû à la nécessité d'utiliser deux méthodes : C_9 à C_{30} ou 40 = IPP, $> C_{30}$ ou 40 = H et G minérales (et ainsi deux critères); . nécessite de sélectionner des conditions chromatographiques et des limites d'intégration pré-établies. Comment justifier scientifiquement le choix des limites fixées? . (reproductibilité inter-laboratoires des résultats non vérifiée)*.

* Ce problème est susceptible de survenir en raison de la latitude liée à la sélection des limites d'intégration.

OPTION 4 : Utiliser la méthode IPP par GC-FID pour les hydrocarbures de C_9 à C_{30} ou 40 (et «huiles et graisses minérales» si $> C_{30}$ ou 40) avec la solution standard appropriée à chaque mélange rencontré. Intégrer le massif de pics étroitement fusionnés et les pics résolus. Limites d'intégration : propres à chaque mélange rencontré

AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
<ul style="list-style-type: none"> . permet l'identification et le dosage sélectif d'un mélange d'hydrocarbures en fournissant un profil type par mélange; . usage d'une solution standard appropriée pour chaque mélange, donc meilleure représentativité de la solution standard; . permet le dosage de sols contaminés par des hydrocarbures dégradés; . le FID est un bon détecteur pour les hydrocarbures (aliphatiques comme <u>aromatiques</u>). 	<ul style="list-style-type: none"> . variabilité des résultats d'un laboratoire à un autre en raison des limites d'intégration utilisées (nécessite d'établir des limites d'intégration pour chaque solution standard); . les limites d'intégration peuvent être difficiles à établir si l'échantillon est très dégradé; . ne permet pas de doser au-delà de C_{30} ou 40; . plus coûteux que H et G minérales; . problème dû à la nécessité d'utiliser deux méthodes, donc deux critères; . difficulté de trouver une solution standard appropriée et représentative des mélanges variés de produits pétroliers rencontrés dans les échantillons; . (reproductibilité inter-laboratoires des résultats non vérifiée)*.

* Ce problème est susceptible de survenir en raison de la latitude liée à la sélection des limites d'intégration.

OPTION 5 : Utiliser la méthode IPP par GC-FID pour les hydrocarbures de C_9 à C_{30} ou 40 (et «huiles et graisses minérales» si $> C_{30}$ ou 40) avec la solution standard appropriée à chaque mélange rencontré. Quantifier à partir de pics sélectionnés

AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
<ul style="list-style-type: none"> . permet l'identification et le dosage sélectif d'un mélange d'hydrocarbures en fournissant un profil type par mélange; . usage d'une solution standard appropriée pour chaque mélange, donc, meilleure représentativité de la solution standard; . le FID est un bon détecteur pour les hydrocarbures (aliphatiques comme <u>aromatiques</u>). 	<ul style="list-style-type: none"> . ne permet pas le dosage de sols contaminés par des hydrocarbures dégradés. Le résultat dépend de la présence de pics résolus sélectionnés; . les profils chromatographiques des mélanges plus lourds que l'huile à chauffage ne permettent pas d'identifier des pics résolus sur lesquels baser une quantification (tableau 6); . plus coûteux que H et G minérales; . problème dû à la nécessité d'utiliser deux méthodes, donc deux critères; . variabilité des résultats d'un laboratoire à un autre en raison des limites d'intégration utilisées (nécessité d'établir des limites d'intégration pour chaque solution standard); . difficulté de trouver une solution standard appropriée et représentative des mélanges variés de produits pétroliers rencontrés dans les échantillons; . (reproductibilité inter-laboratoires non vérifiée)*.

* Ce problème est susceptible de survenir en raison de la latitude liée à la sélection des limites d'intégration.

Parce qu'elle ne permet pas de doser des sols contaminés par des hydrocarbures dégradés ni les mélanges plus lourds que l'huile à chauffage, l'option 5 a rapidement été écartée.

Les options 3 et 4 apparaissent nettement plus intéressantes, principalement parce que la quantification tient compte à la fois des pics résolus et du massif d'hydrocarbures plutôt que de considérer uniquement les pics sélectionnés. Aussi, qu'il s'agisse d'une solution standard unique représentative d'une gamme d'alcane linéaires ou d'une solution standard appropriée pour chaque mélange, les options 3 et 4 permettent de quantifier des échantillons partiellement dégradés. De plus, les résultats générés par la méthode IPP englobent les composés aromatiques, ce que la méthode des huiles et graisses minérales par IR ne fait pas (les composés aromatiques n'absorbent pas à $2\ 930\ \text{cm}^{-1}$). À la limite, en opérant en vase clos, la méthode IPP pourrait même permettre de tenir compte des composés volatils.

Cependant, dans les conditions actuelles, la chromatographie ne permet pas la quantification des hydrocarbures de plus d'une trentaine ou d'une quarantaine de carbones, contrairement à la méthode des huiles et graisses minérales qui dose tout ce qui est extractible par le fréon, peu importe la longueur de la chaîne carbonée. De plus, la sélection de la solution standard demeure déterminante pour la représentativité des résultats.

Le plus grand défi à relever avec l'approche chromatographique est de contourner le problème potentiel associé à la sélection des limites d'intégration en fonction de chaque profil chromatographique.

Le comité s'est particulièrement penché sur le problème généré par la sélection des limites d'intégration en GC-FID. Pour uniformiser l'approche et limiter dans la mesure du possible la variabilité inter-laboratoires, le type de colonne, les conditions chromatographiques et les approches de quantification doivent être normalisées. Les limites d'intégration sont généralement établies en fonction de chaque profil chromatographique auquel l'analyste est confronté. Une normalisation de ces limites pourrait ne pas s'avérer pertinente pour tous les cas. Les limites pourraient même occasionnellement être difficilement justifiables d'un point de vue scientifique. Cependant, si les laboratoires identifient, cas par cas, les limites d'intégration à préconiser, il est possible que la méthode IPP génère des problèmes de variabilité inter-laboratoires comparables à ceux identifiés pour la méthode des huiles et graisses minérales. Afin de vérifier cette hypothèse, des données issues d'une étude inter-laboratoires sont nécessaires. Des démarches en ce sens sont actuellement en cours (voir, à cet effet, la section «Activités de développement»).

N'ayant pu, à la lumière des informations actuelles, atteindre un consensus sur l'établissement de limites d'intégration normalisées ou même sur la pertinence d'en établir, le comité ne peut recommander, pour le moment, d'utiliser la méthode IPP à la place des huiles et graisses minérales pour générer des résultats quantitatifs. Cependant, le comité recommande l'utilisation de la méthode IPP pour l'identification des mélanges et leur caractérisation semi-quantitative. Dans ce contexte, les options 3 et 4, en dépit de l'intérêt qu'elles représentent, sont temporairement écartées.

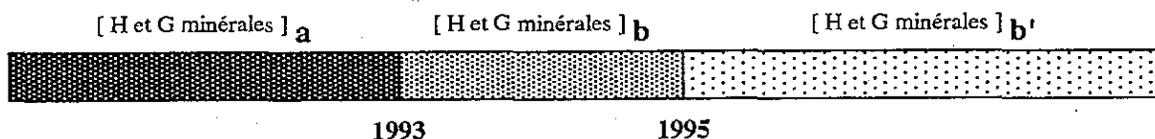
Les options 1 et 2 sont ainsi actuellement identifiées comme les seules avenues à court terme. Ces options proposent de poursuivre l'utilisation de la méthode des huiles et graisses minérales par IR. Il faut toutefois optimiser la méthode dans la mesure du possible (voir, à cet effet, le chapitre 9). Les améliorations apportées ne permettront toutefois pas l'identification du mélange (diesel, huile lubrifiante...) ni de tenir compte du contenu en aromatiques du mélange de produits pétroliers.

La différence entre les options 1 et 2 réside dans le choix de la solution standard. Les sections 4.1.1 et 5.2.3 font état des problèmes engendrés par la présence du benzène dans la solution standard et des essais réalisés pour sélectionner une solution standard plus adéquate d'un point de vue scientifique. Sur la base des essais réalisés, l'huile de paraffines lourdes et le diesel semblent présenter des avantages à titre de solutions standards. En effet, pour les cas étudiés, l'utilisation de ces mélanges pour la quantification par IR permet d'obtenir la meilleure corrélation avec les résultats générés par la chromatographie. Aussi, d'un point de vue strictement scientifique, l'option 2 serait favorisée. Toutefois, le changement de la solution standard entraînerait qu'une nouvelle série de résultats, non comparables avec ceux produits lors des études de caractérisation antérieures, seraient générées. Ces nouvelles données seraient généralement 30 % moins élevées que la génération précédente.

Un point supplémentaire doit être pris en considération avant de recommander le changement de la solution standard.

Le 1^{er} janvier 1995, la communauté internationale, en vertu du Protocole de Montréal, entend bannir l'utilisation du fréon (le solvant actuellement préconisé pour l'extraction des huiles et graisses minérales) en raison du risque qu'il représente pour la couche d'ozone. Des manufacturiers annoncent qu'ils entendent cesser la fabrication du fréon actuel en janvier 1994. Bien qu'il semble que l'utilisation du fréon dans un contexte analytique par des laboratoires bénéficierait d'une dérogation, il demeure qu'une alternative pour l'extraction devra alors être proposée. Aussi, la façon d'extraire les huiles et graisses minérales devra être modifiée à partir de 1995 (par exemple : utilisation de nouvelles méthodes tels l'extraction par fluide super critique, l'utilisation d'un soxtec plutôt que d'un soxhlet pour réduire le volume de fréon utilisé, le remplacement du fréon par un autre solvant d'extraction...). Toute modification de l'approche pourrait générer une série de résultats différents de ceux obtenus par la méthode actuelle. Dans le contexte, il n'apparaît pas judicieux de proposer, en 1993, des changements de solution standard à la méthode actuelle puisque, de toute façon, elle devra être revue pour 1995.

La solution standard, de même que la technique d'extraction, pourra être modifiée en 1995, plutôt que de créer trois générations de données plus ou moins comparables d'une série à l'autre.



$$[\text{H et G minérales}]_a \cdot 0,77 = [\text{H et G minérales}]_b \stackrel{?}{\cong} [\text{H et G minérales}]_{b'}$$

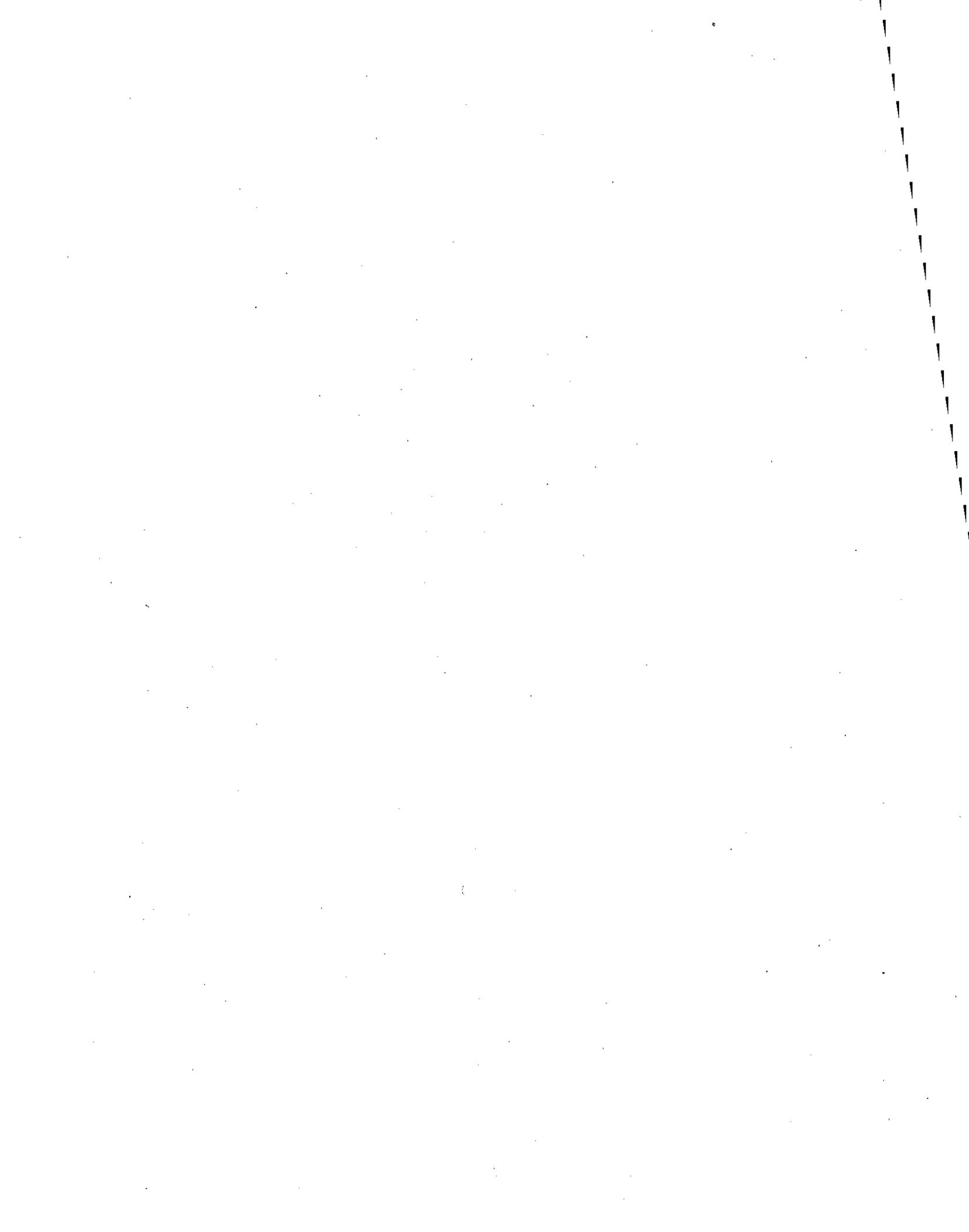
Où :

- a : résultats < 1993
- b : résultats 1993 - 1995
- b' : résultats > 1995

D.P.G.D.L.C.
Novembre 1993

En 1995, il sera cependant important de se positionner sur la sélection de la solution standard, de même que de vérifier la pertinence ou la nécessité de modifier les critères B et C en conséquence. Ces considérations seront étudiées davantage.

Dans le présent contexte, le comité ne peut que recommander d'utiliser l'option 1. Cependant, il juge essentiel de revoir et de normaliser la méthode des huiles et graisses minérales (voir le chapitre 9), de proposer l'application d'un programme d'assurance qualité rigoureux (voir la section 9.3), de préciser la façon d'exprimer les résultats des échantillons de routine et d'assurance qualité et le respect de critères de performance sans quoi les résultats pourront être refusés (voir la section 9.3). De plus, d'autres méthodes devront être identifiées afin de vérifier le contenu du mélange en composés aromatiques (ex. : COV et HAP).



8.0 APPROCHES DE GESTION POUR DES SOLS ET DE L'EAU SOUTERRAINE CONTAMINÉS PAR DES PRODUITS PÉTROLIERS

Au Québec, les cas types de contamination par des produits pétroliers se répartissent principalement en deux catégories :

- 1) Les cas de déversement et de fuite de réservoirs souterrains;
- 2) Les cas de contamination par des activités pétrolières (raffinage, pétrochimie...).

La contamination des sols par déversements accidentels et par fuites de réservoirs souterrains (ex. : stations-services) représente un nombre très appréciable de cas que le Ministère doit gérer. Ils nécessitent l'établissement d'une approche de caractérisation relativement simple et rapide, considérant le court laps de temps entre l'enlèvement et le remplacement d'un réservoir souterrain par exemple, mais sans en sacrifier la fiabilité. Les coûts doivent également être pris en considération.

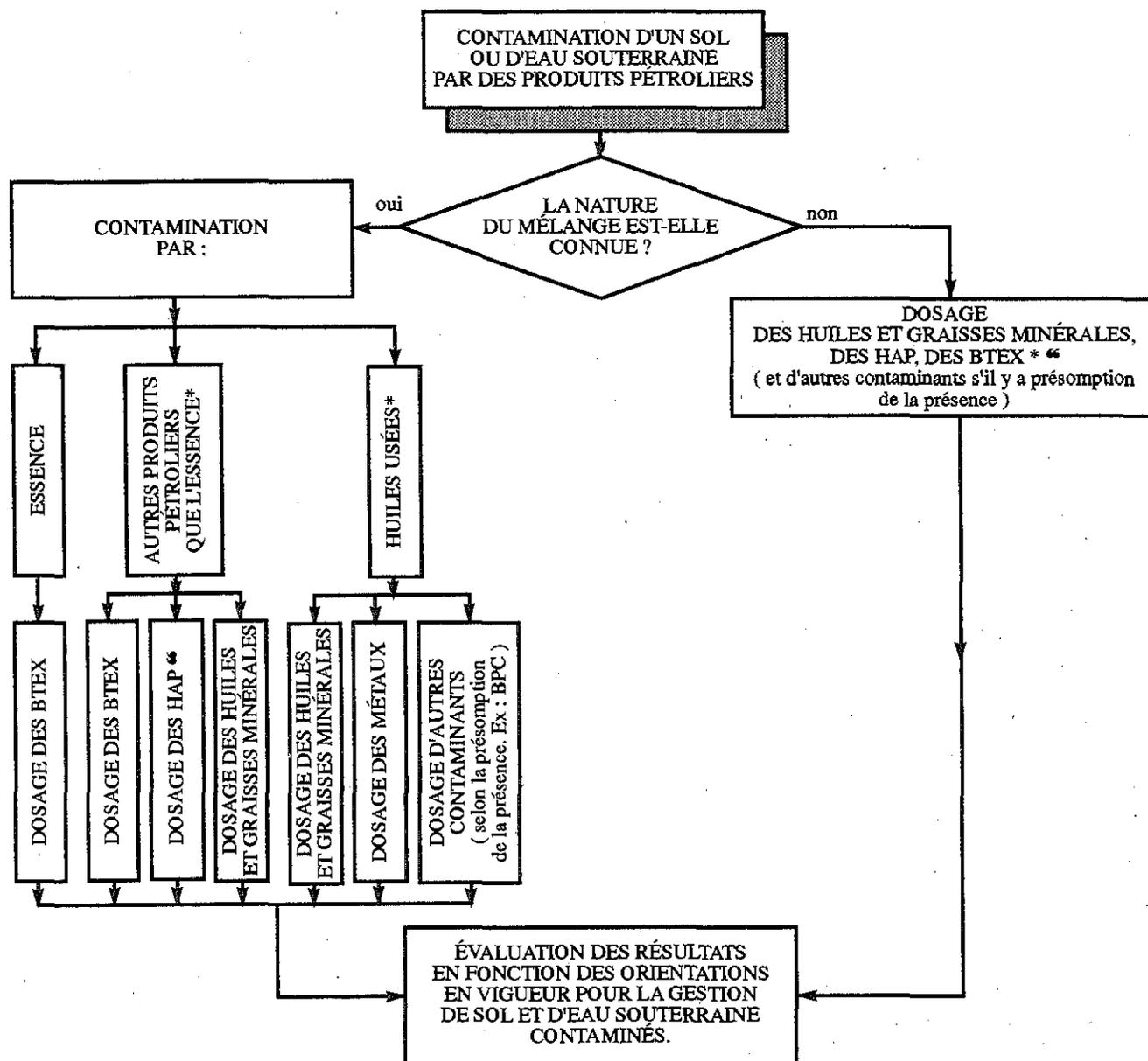
Les cas de contamination par des activités pétrolières, pour leur part, sous-entendent une autre problématique. Généralement, le terrain visé est nettement plus grand et la source de la contamination plus diversifiée. Il n'est pas toujours facile d'identifier par l'historique des activités ayant eu lieu sur les différentes parties du terrain, quel(s) mélange(s) précis est (sont) susceptible(s) d'avoir contaminé les sols. De plus, les activités pétrolières ayant pu avoir lieu durant de nombreuses années, les mélanges de produits pétroliers peuvent avoir subi des phénomènes de dégradation.

Pour caractériser adéquatement d'anciens terrains où des activités pétrolières ont eu lieu, il est important de vérifier l'historique de ces activités, entre autres, dans le but de cerner les zones soupçonnées contaminées, d'identifier les sources de contamination possibles... L'approche de caractérisation de tels sites est discutée au chapitre 7 du *Guide d'échantillonnage pour analyses environnementales*²⁷. Considérant l'ampleur d'un site et le niveau ou la quantité d'informations disponibles sur l'historique des activités industrielles, une caractérisation préliminaire sur des échantillons représentatifs du terrain ou de sections de ce terrain est généralement nécessaire. L'obtention d'un minimum d'informations utilisables pour orienter un éventuel programme de caractérisation exhaustive requiert au minimum la réalisation de trois forages placés en triangle. De ces trois forages seront issus deux échantillons représentatifs de deux horizons de sols différents, dans la mesure du possible. L'installation de piézomètres dans les trois forages permettra de caractériser l'eau souterraine et de bénéficier d'informations tels son sens et sa vitesse d'écoulement.

De par leur dissimilitude, les cas de déversements, de fuites de réservoirs souterrains et de terrains de raffinerie doivent être considérés de façon différente. Aussi, l'approche proposée se présente en deux volets schématisés aux figures 17 et 18.

²⁷ MENVIQ, (1992). *Guide d'échantillonnage pour analyses environnementales*. Chapitre 7. Direction des laboratoires. Version préliminaire (novembre 1992)

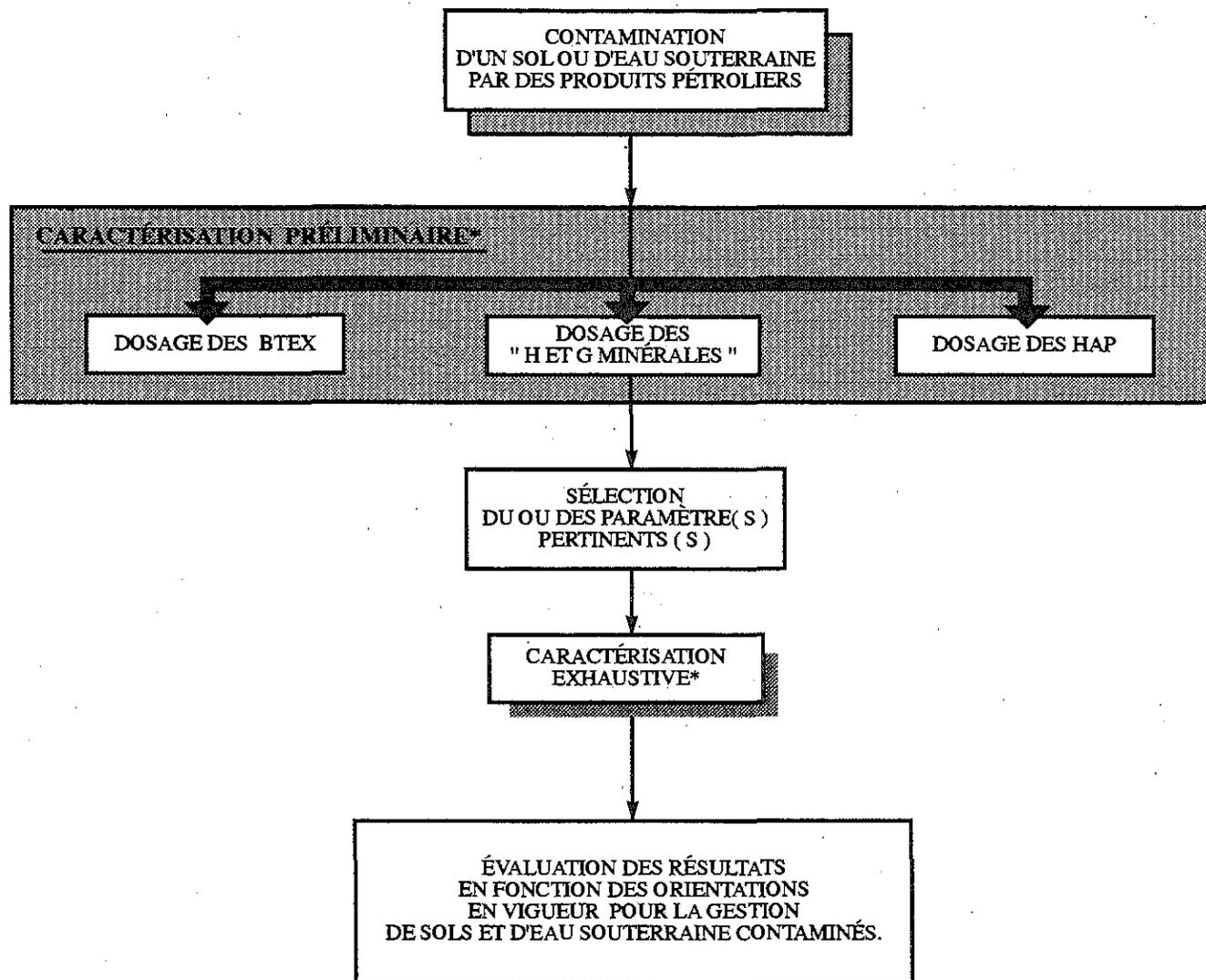
Figure 17
 APPROCHE DE GESTION ET SÉLECTION DU(DES) PARAMÈTRE(S) ANALYTIQUE(S)
 LE(S) PLUS ADÉQUAT(S) EN FONCTION DU TYPE DE CONTAMINATION EN PRODUITS PÉTROLIERS
**CAS DE DÉVERSEMENTS ET
 DE FUITES DE RÉSERVOIRS SOUTERRAINS**



* : Au besoin, la méthode IPP par GC-FID est recommandée pour caractériser qualitativement le mélange de produits pétroliers;

** : Si la teneur en huiles et graisses minérales est supérieure au critère d'usage du terrain, il n'est pas essentiel de vérifier la teneur en HAP.

Figure 18
APPROCHE DE GESTION ET SÉLECTION
DU(DES) PARAMÈTRE(S) ANALYTIQUE(S) LE(S) PLUS ADÉQUAT(S)
EN FONCTION DU TYPE DE CONTAMINATION EN PRODUITS PÉTROLIERS
TERRAINS DE RAFFINERIE



* : Au besoin, la méthode IPP par GC-FID est recommandée pour caractériser qualitativement le mélange de produits pétroliers.

Sur la base des informations colligées aux chapitres précédents, l'utilisation du paramètre huiles et graisses minérales est conservée. Pour tenir compte du contenu en composés aromatiques (et considérant la présence confirmée de HAP dans des sols contaminés par du diesel, par exemple) le dosage des HAP et des composés organiques volatils (dont les paramètres indicateurs sont les BTEX) est préconisé.

Considérant le contrôle et le suivi en matière de qualité auxquels sont soumis les laboratoires accrédités (contrôles de performance bi-annuels, auditions...), le comité recommande que seuls les résultats issus de laboratoires accrédités pour l'analyse des «huiles et graisses minérales» dans les sols et dans l'eau soient acceptés.

8.1 Critères organoleptiques

L'importance des concentrations détectées sur un terrain n'est pas le seul facteur susceptible d'influencer sa réutilisation ou d'orienter sa restauration. En effet, la présence d'odeurs persistantes d'essence, par exemple, ou la présence visible d'hydrocarbures ont été dans certains cas des facteurs déterminants dans le choix des objectifs de décontamination. Aussi, qu'il s'agisse de cas de déversements accidentels, de fuites de réservoirs souterrains ou d'anciens terrains où des activités pétrolières ont eu lieu, une intervention pourra s'avérer nécessaire si des odeurs d'hydrocarbures persistent ou si la présence d'hydrocarbures est visible.

8.2 Activités de développement

Les figures 17 et 18 sont des outils préparés dans le but de faciliter et d'uniformiser la gestion et de normaliser les approches de caractérisation de sols contaminés par des produits pétroliers. Il faut garder à l'esprit que ces outils sont donc enclins à évoluer au fur et à mesure que les activités de développement mettent à notre disposition des méthodes analytiques plus performantes. Aussi, le Ministère entend actualiser le présent document pour 1995. D'ici là, des activités de développement vont être réalisées :

1. La méthode IPP par GC-FID sera développée davantage dans le but potentiel de la normaliser. Elle sera étudiée pour le choix de la solution standard, la détermination des conditions chromatographiques et la sélection du protocole et des limites d'intégration. L'approche de quantification par l'intégration du massif et des pics résolus sera testée par l'analyse d'échantillons synthétiques et réels. L'analyse de sols dégradés fera l'objet d'investigations afin de vérifier l'applicabilité de l'approche de quantification par intégration du massif total d'hydrocarbures. Des données de performance seront obtenues par l'entremise d'une étude inter-laboratoires.
2. La méthode des huiles et graisses minérales proposée au chapitre suivant, le programme d'assurance qualité qui l'accompagne, de même que les exigences en matière de performance, seront évalués par une étude inter-laboratoires.

3. Des alternatives en matière d'extraction seront investiguées afin de limiter les volumes de fréon nécessaires pour solubiliser les huiles et graisses. À cette fin, la technique d'extraction par soxtec, plus efficace que celle du soxhlet, permet l'extraction des contaminants, en moins de temps, à partir des sols en utilisant des quantités de solvant nettement moindres.

De plus, la possibilité de remplacer le fréon actuel par un solvant compatible avec l'IR, mais moins ou pas dommageable pour la couche d'ozone, sera considérée. À cet effet, il semble qu'un autre chlorofluorocarbone, à tension de vapeur plus faible que le fréon actuel, pourrait être disponible.

Enfin, l'exploitation de nouvelles méthodes telle l'extraction par fluide super critique (SFE) pourrait être évaluée pour éliminer l'utilisation de solvant tel le fréon.

4. La possibilité de sélectionner une autre solution standard pour le test des huiles et graisses minérales sera étudiée davantage.

9.0 MÉTHODE DE DOSAGE DES HUILES ET GRAISSES MINÉRALES

9.1 Données de performance

Les huiles et graisses minérales étant un paramètre largement analysé dans les sols et dans l'eau, de nombreuses données de performance sont disponibles. Le tableau 12 présente les résultats de l'analyse d'échantillons de contrôle pour les huiles et graisses minérales dans les sols. De l'huile minérale telle l'huile de paraffine ou le Nujol est utilisée pour les échantillons de contrôle interne, tandis qu'un mélange d'huiles végétale et minérale (comme le Nujol) est utilisé pour les échantillons de contrôle insérés dans les contrats externes.

L'ensemble des données colligées montrent des écarts variant de 6 à 45 % pour les échantillons de contrôle insérés par le MENVIQ dans les contrats externes et un coefficient de variation de l'ordre de 8 % pour les données «historiques» sur le dosage des échantillons de contrôle interne.

Le Bureau d'accréditation du MENVIQ considère comme acceptables pour les échantillons de contrôle interne des écarts de l'ordre de ± 25 % dans les pourcentages de récupération.

Selon le laboratoire a, le pourcentage moyen de récupération calculé à partir de 28 résultats d'échantillons de contrôle interne est de 142 ± 9 % (tableau 12). En considérant comme acceptable un écart de l'ordre de ± 26 % (trois écarts types), la marge acceptable est de 116 à 168 %.

En plus des données sur les échantillons de contrôle interne présentées au tableau 12, le laboratoire c calcule un coefficient de variation moyen de 17 % pour 70 analyses en duplicata dont les teneurs sont supérieures à 100 mg/kg en huiles et graisses minérales. Pour les ajouts dosés aux environs de 1 000 mg/kg en huiles et graisses minérales, la récupération moyenne est 104 % (résultats corrigés) pour 130 analyses avec un coefficient de variation de ± 11 %.

9.2 Méthode révisée

La méthode de dosage des huiles et graisses minérales dans les sols a fait l'objet d'une validation dans le but de proposer une méthode plus précise et dont les points importants sont clairement explicités, dans un but de normalisation.

Pour sa part, la méthode de dosage des huiles et graisses minérales dans les eaux (MENVIQ. 90.07/403 - H.G. 1.1) n'a pas fait l'objet de révision.

Les méthodes susmentionnées apparaîtront dans la version révisée du *Guide des méthodes de conservation et d'analyses des échantillons d'eau et de sol* (prévue pour avril 1994).

Les sections qui suivent visent spécifiquement le dosage des huiles et graisses minérales dans les sols.

Tableau 12
**DONNÉES DE PERFORMANCE LIÉES À LA MÉTHODE DE DOSAGE
 DES HUILES ET GRAISSES MINÉRALES PAR IR.**

PROCÉDURE DE CONTRÔLE	TENEURS EN HUILES ET GRAISSES MINÉRALES (ppm)			% ECART ENTRE 1 ET 2			
	VALEUR ATTENDUE 1	VALEUR OBTENUE 2		LABORATOIRE a	LABORATOIRE b	LABORATOIRE c	
		LABORATOIRE a*	LABORATOIRE b**				LABORATOIRE c**
ÉCHANTILLONS-CONTRÔLES INSÉRÉS PAR LE BUREAU D'ACCREDITATION DANS LES CONTRATS EXTERNES	500	392	720	-	-22	+44	-
	500	530	600	-	+6	+20	-
	1000	1100	840	-	+10	-16	-
	1000	-	1300	-	-	+30	-
	1000	-	1100	-	-	+10	-
	2000	2200	2400	-	+10	+20	-
	2000	2100	2700	-	+5	+35	-
	2000	2300	2900	-	+15	+45	-
	2000	2300	2700	-	+15	+35	-
	2000	2400	-	-	+20	-	-
DONNÉES " HISTORIQUES " SUR LES ÉCHANTILLONS DE CONTRÔLE INTERNE (Période novembre 92 - novembre 93)	200	246	-	-	+23	-	-
	300	456	-	-	+52	-	-
	500	774	-	-	+55	-	-
	600	880	-	-	+47	-	-
	636	-	-	640	-	-	+0.2
	700	1030	-	-	+47	-	-
	700	1000	-	-	+43	-	-
	700	1050	-	-	+50	-	-
	800	1100	-	-	+38	-	-
	890	-	-	875	-	-	-2
	900	1300	-	-	+44	-	-
	1000	1400	-	-	+40	-	-
	1268	-	-	1307	-	-	+3
	1300	1890	-	-	+45	-	-
	1460	-	-	1280	-	-	+12
	1500	2300	-	-	+53	-	-
	1500	2200	-	-	+47	-	-
	1500	2200	-	-	+47	-	-
	1536	-	-	1034	-	-	+33
	1691	-	-	1643	-	-	-3
	1800	2600	-	-	+44	-	-
	1900	2800	-	-	+47	-	-
	2000	2890	-	-	+45	-	-
	2000	2800	-	-	+40	-	-
	2000	-	-	1952	-	-	-2
	2000	-	-	1982	-	-	-1
	2000	-	-	1939	-	-	-3
	2000	-	-	2070	-	-	+4
	2000	-	-	1983	-	-	-1
	2000	-	-	1710	-	-	-15
	2000	-	-	1955	-	-	-2
	2000	-	-	1950	-	-	-4
	2000	-	-	1931	-	-	-4
	2000	-	-	1920	-	-	-4
	2000	-	-	1775	-	-	-11
	2000	-	-	1924	-	-	-4
	2000	-	-	1952	-	-	-2
	2000	-	-	1889	-	-	-6
	2000	-	-	2008	-	-	+0.4
	2000	-	-	1950	-	-	-3
	2000	-	-	1900	-	-	-5
	2000	-	-	1975	-	-	-1
	2000	-	-	2125	-	-	+6
	2000	-	-	2131	-	-	+7
	2000	-	-	2000	-	-	0
	2000	-	-	2028	-	-	+1
	2000	-	-	1816	-	-	-9
	2000	-	-	2216	-	-	+11
	2000	-	-	2250	-	-	+13
	2000	-	-	2050	-	-	+3
2000	-	-	1930	-	-	-4	
2000	-	-	2100	-	-	+5	
2000	-	-	2250	-	-	+13	
2000	-	-	2251	-	-	+13	
2000	-	-	2300	-	-	+15	
2000	-	-	2400	-	-	+20	
2000	-	-	2334	-	-	+17	
2000	-	-	2394	-	-	-20	
2000	-	-	1750	-	-	-13	
2000	-	-	2500	-	-	+25	
2000	-	-	2912	-	-	+46	
2000	-	-	2383	-	-	+19	
2200	2600	-	-	+18	-	-	
2300	3300	-	-	+43	-	-	
2300	3300	-	-	+43	-	-	
2300	3200	-	-	+39	-	-	
2600	3700	-	-	+43	-	-	
2688	-	-	2930	-	-	-	
2800	4000	-	-	+43	-	-	
3076	-	-	2793	-	-	-9	
3076	-	-	2576	-	-	-16	
3076	-	-	2850	-	-	-7	
3076	-	-	2963	-	-	-4	
3076	-	-	2213	-	-	-28	
3076	-	-	2723	-	-	-11	
3076	-	-	2826	-	-	-8	
3076	-	-	2652	-	-	-14	
3076	-	-	2765	-	-	-10	
3076	-	-	2936	-	-	-5	
3076	-	-	2872	-	-	-7	
3076	-	-	2757	-	-	-10	
3076	-	-	2928	-	-	-5	
3076	-	-	998	-	-	-68	
3076	-	-	2941	-	-	-4	
3076	-	-	2300	-	-	-25	
3076	-	-	1167	-	-	-62	
3076	-	-	2994	-	-	-3	
3076	-	-	2902	-	-	-6	
3076	-	-	1665	-	-	-46	
3076	-	-	3055	-	-	-0.7	
3076	-	-	2824	-	-	-8	
3200	4700	-	-	+47	-	-	
3288	-	-	3400	-	-	+3	
3500	4900	-	-	+40	-	-	
3900	5700	-	-	+45	-	-	
4000	5800	-	-	+45	-	-	

* : Résultats **NON CORRIGÉS** en fonction du pourcentage de récupération des étalons de référence
 ** : Résultats **CORRIGÉS** en fonction du pourcentage de récupération des étalons de référence
 1 : Teneurs en Huiles et Graisses minérales : valeur attendue
 2 : Teneurs en Huiles et Graisses minérales : valeur obtenue

9.2.1 Domaine d'application²⁸

Cette méthode s'applique à la détermination des huiles et graisses totales et minérales contenues dans les sols.

Le domaine de linéarité se situe entre 10 µg et 400 (microgramme) µg d'huiles et graisses totales ou minérales par millilitre (mL) de fréon.

9.2.2 Principe et théorie²⁸

Dans une première étape, le sol est déshydraté avec du sulfate de magnésium anhydre. Les huiles et les graisses contenues dans le sol sont extraites à l'aide d'un solvant organique ne possédant aucune liaison «C-H». L'extraction est réalisée à l'aide d'un extracteur de type «Soxhlet», puis la quantification des huiles et graisses totales est effectuée sur la phase organique par spectrophotométrie infrarouge (IR). À la suite du dosage des huiles et graisses totales, une portion de l'extrait d'échantillon est mélangée avec du gel de silice. Le pouvoir adsorbant du gel de silice est utilisé pour enlever la presque totalité des substances polaires (acides gras, graisses animale et végétale). Le filtrat ainsi traité permet de doser les huiles et graisses minérales par spectrophotométrie infrarouge. La concentration de l'échantillon est déterminée par comparaison entre l'absorbance de l'échantillon et les absorbances d'une gamme de solutions étalons mesurées dans la région se situant à $2\ 930\ \text{cm}^{-1} \pm 3\ \text{cm}^{-1}$.

9.2.3 Fiabilité²⁸

9.2.3.1 Interférences

Toutes substances organiques, autres que les huiles et graisses, solubles dans le fréon (trichlorotrifluoroéthane) et qui possèdent une liaison «C-H» absorbant dans la région de $2\ 930\ \text{cm}^{-1}$ peuvent entraîner une surestimation de la concentration des huiles et graisses. Lors du traitement avec le gel de silice, certains composés aromatiques et dérivés d'hydrocarbures contenant du chlore, du soufre et de l'azote peuvent être adsorbés, ce qui cause une sous-estimation de la concentration des huiles et graisses minérales. De plus, il est également possible qu'il y ait une sous-estimation de la concentration des huiles et graisses due à la perte de composés volatils.

9.2.3.2 Limite de détection²⁹

La limite de détection est de 55 mg d'huiles et graisses totales ou minérales par kilogramme d'échantillon (55 mg/kg). Cette limite a été déterminée à partir d'un échantillon de sol inorganique auquel sont ajoutés 500 mg d'huile de paraffine par kilogramme de sol.

²⁸ Sol - Détermination des huiles et graisses totales et minérales. Extraction au Soxhlet et dosage par spectrophotométrie infrarouge. MENVIQ. 88.01/410 - H.G. 1.1

²⁹ Calculée ou évaluée selon : Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en physicochimie. Accréditation et privatisation. MENVIQ. '93.09/000 - MATH. 1.2

9.2.3.3 Limite de quantification²⁹

La limite de quantification est de 185 mg d'huiles et graisses totales ou minérales par kilogramme d'échantillon (185 mg/kg). Cette limite a été déterminée à partir d'un échantillon de sol inorganique auquel sont ajoutés 500 mg d'huile de paraffine par kilogramme de sol.

9.2.3.4 Sensibilité

La sensibilité dépend du spectrophotomètre ainsi que de la longueur de la cellule utilisée.

9.2.3.5 Fidélité²⁹

Répliquabilité

La répliquabilité d'une série de mesures (N = 10) est de ± 13 mg d'huiles et graisses minérales par kilogramme d'échantillon (± 13 mg/kg) à une concentration déterminée de 752 mg d'huiles et graisses minérales par kilogramme d'échantillon (752 mg/kg).

La répliquabilité a été déterminée à partir d'un échantillon de sol inorganique auquel sont ajoutés 500 mg d'huile de paraffine par kilogramme de sol.

9.2.3.6 Justesse²⁹

Lors d'essais (N = 10), l'erreur relative observée est de 50 % à une concentration de 500 mg d'huiles et graisses minérales par kilogramme d'échantillon (500 mg/kg).

La justesse a été déterminée à partir d'un échantillon de sol inorganique auquel sont ajoutés 500 mg d'huile de paraffine par kilogramme de sol.

9.2.3.7 Récupération²⁹

Lors d'essais (N = 10), le pourcentage de récupération des huiles et graisses minérales a été de 150 ± 3 % pour une concentration de 500 mg d'huiles et graisses minérales par kilogramme d'échantillon (500 mg/kg).

9.2.4 Prélèvement et conservation²⁸

Prélever un échantillon représentatif dans un contenant de verre exempt de contaminant.

Conserver l'échantillon à environ 4°C. Le délai de conservation entre le prélèvement et l'analyse ne doit pas excéder six mois.

9.2.5 Appareillage²⁸

- Un spectrophotomètre infrarouge à double faisceau ou à transformée de Fourier;
- Cellules en quartz appariées dont le trajet optique est de 1,0 cm pour infrarouge à double faisceau, une cellule en quartz pour infrarouge à transformée de Fourier;
- Un système pour extraction de type «Soxhlet»;
- Une plaque magnétique agitatrice;
- Une centrifugeuse permettant d'obtenir une vitesse de rotation de 3 200 rpm;
- Un évaporateur rotatif;
- Une balance analytique dont la sensibilité est de 1 mg.

9.2.6 Réactifs et étalons²⁸

Tous les solvants utilisés sont de qualité pesticide ou l'équivalent. Les réactifs commerciaux utilisés sont de qualité A.C.S., à moins d'indication contraire.

- Sulfate de magnésium anhydre, $MgSO_4$;
- Gel de silice (60-200 mesh), SiO_2 ;
- Trichlorotrifluoroéthane (fréon), CCl_3CF_3 ;
- Isooctane, C_8H_{18} ;
- Hexadécane, $C_{16}H_{34}$;
- Benzène, C_6H_6 ;
- Gel de silice :

Traiter le gel de silice en le chauffant à 110°C pendant une nuit; laisser refroidir et conserver au dessiccateur;

- Sulfate de magnésium anhydre :

S'assurer que le sulfate de magnésium est anhydre avant son utilisation, si nécessaire le chauffer durant une nuit à 180°C;

- Solution étalon mère d'isooctane, d'hexadécane et de benzène :

Préparer une solution étalon mère d'isooctane, d'hexadécane et de benzène dans un rapport 1,5:1,5:1,0 par volume.

Conserver à environ -10°C. Cette solution est conservée pour une période maximale de deux mois;

- Solution étalon d'isooctane, d'hexadécane et de benzène de 10 mg/mL :

Peser 1,00 g de la solution étalon mère d'isooctane, d'hexadécane et de benzène et diluer dans une fiole jaugée de 100 mL.

Conserver à environ -10°C. Cette solution est conservée pour une période maximale d'un mois;

- Solution étalon d'isooctane, d'hexadécane et de benzène de 400 µg/mL :

Dans une fiole jaugée de volume connu, introduire la quantité nécessaire de la solution étalon d'isooctane, d'hexadécane et de benzène de 10 mg/mL et diluer avec du fréon afin d'obtenir une concentration de 400 µg/mL.

Conserver à environ -10°C. Cette solution est conservée pour une période maximale de deux semaines;

- Solution étalon d'isooctane, d'hexadécane et de benzène de 200 µg/mL :

Dans une fiole jaugée de volume connu, introduire la quantité nécessaire de la solution étalon d'isooctane, d'hexadécane et de benzène de 10 mg/mL et diluer avec du fréon afin d'obtenir une concentration de 200 µg/mL.

Conserver à environ -10°C. Cette solution est conservée pour une période maximale de deux semaines;

- Solution étalon d'isooctane, d'hexadécane et de benzène de 10 µg/mL :

Dans une fiole jaugée de volume connu, introduire la quantité nécessaire de la solution étalon d'isooctane, d'hexadécane et de benzène de 200 µg/mL et diluer avec du fréon afin d'obtenir une concentration de 10 µg/mL.

Conserver à environ -10°C. Cette solution est conservée pour une période maximale de deux semaines.

9.2.7 Protocole analytique²⁸

9.2.7.1 Préparation de la verrerie

La décontamination initiale du matériel utilisé est indispensable.

9.2.7.2 Préparation des échantillons

- Homogénéiser et triturer tout l'échantillon à l'aide d'une spatule ou cuillère dans un contenant approprié, éliminer le matériel solide (roche, bois...) visible supérieur à environ 5 mm. Il est recommandé d'utiliser du matériel jetable. S'assurer que si l'analyse des composés volatils est demandée, qu'un sous-échantillon soit prélevé avant de procéder à cette étape d'homogénéisation;

- Peser précisément une quantité entre 10 et 15 g d'échantillon sur une base humide. Ajouter la même quantité de $MgSO_4$ (rapport 1:1 poids:poids) et mélanger jusqu'à l'obtention d'un matériel sec.

Un témoin, constitué d'une même quantité de $MgSO_4$, suit les mêmes étapes d'extraction qu'une série d'échantillons;

- Transférer tout l'échantillon ainsi traité dans une cartouche pour extracteur de type «Soxhlet»;
- Ajouter le volume approprié de fréon dans le ballon de l'extracteur et effectuer le montage du «Soxhlet»;
- Chauffer pendant quatre heures à un rythme d'environ 10 à 15 cycles/heure;
- Laisser refroidir et transférer tout le fréon contenu dans le siphon ainsi que celui restant dans la cartouche dans le ballon de l'extracteur;
- Rincer l'extracteur avec du fréon et transférer le matériel de rinçage dans le ballon de l'extracteur;
- Ajuster le volume si nécessaire à l'aide de l'évaporateur rotatif;
- Transférer le contenu du ballon dans une fiole jaugée de volume connu. Rincer le ballon avec du fréon et compléter au trait de jauge avec du fréon;
- Doser les huiles et les graisses totales, selon la procédure décrite à la section 9.2.7.3. Diluer, s'il y a lieu, l'échantillon de façon à obtenir une concentration en huiles et graisses totales inférieure à $400 \mu\text{g/mL}$ de fréon;
- Ajouter un minimum de 3 g de gel de silice pour une concentration maximale de $400 \mu\text{g/ml}$ d'huiles et graisses totales. Agiter vigoureusement pendant un minimum de cinq minutes³⁰;
- Laisser le gel de silice se déposer, centrifuger ou filtrer si nécessaire;
- Doser les huiles et graisses minérales.

9.2.7.3 Dosage

- Fixer les conditions de lecture :
 - Balayage de la région du spectre se situant entre $4\ 000 \text{ cm}^{-1}$ et $2\ 500 \text{ cm}^{-1}$,
 - Intervalle de lecture : 1 cm^{-1} ,
 - Lecture de la bande «C-H» dans la région se situant à $2\ 930 \text{ cm}^{-1} \pm 3 \text{ cm}^{-1}$;

³⁰

La capacité d'adsorption maximale est de 100 mg de composés polaires pour 3 g de gel de silice.

- Vérifier le positionnement des longueurs d'onde à l'aide d'un film de polystyrène;
- Vérifier si nécessaire l'étalonnage du spectrophotomètre à l'aide de la solution étalon d'isooctane, d'hexadécane et de benzène de 200 µg/mL;
- Vérifier les limites supérieure et inférieure du spectrophotomètre infrarouge (IR) (400 µg/mL et 10 µg/mL);
- Doser les échantillons.

9.2.8 Calcul et expression des résultats²⁸

Les résultats finaux sont exprimés en mg/kg de matière sèche.

Déterminer la concentration d'huiles et graisses totales et minérales à l'aide des équations suivantes :

$$C_T = \frac{A_T \times B}{D} \times F \quad \text{et} \quad C_M = \frac{A_M \times B}{D} \times F$$

où :

- C = Concentration d'huiles et graisses totales (C_T) ou minérales (C_M) dans le sol (µg/g) correspondant à (mg/kg) sur base sèche;
- A = Concentration d'huiles et graisses totales (A_T) ou minérales (A_M) dans la solution dosée (µg/mL);
- B = Volume final de la solution dosée (mL);
- D = Poids d'échantillon utilisé (g sur base sèche);
- F = Facteur de dilution si nécessaire.

Exprimer les résultats en mg/kg de matière sèche, en tenant compte du pourcentage de poids sec de l'échantillon.

9.2.9 Bibliographie

- American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 18th Edition, 1992.
- Environnement Canada, Références sur la qualité des eaux, Guide des paramètres de la qualité des eaux, Ottawa 1980.

9.3 Programme de contrôle de qualité pour l'analyse des huiles et graisses minérales contenues dans les sols

Le chapitre 7 recommande d'utiliser une méthode normalisée pour le dosage des huiles et graisses minérales, de même que l'application d'un programme d'assurance qualité rigoureux et le respect de critères de performance, sans quoi les résultats pourront être refusés. En ce sens, les procédures de contrôle de la qualité présentées ci-après devront être réalisées et les résultats fournis avec ceux des échantillons issus du terrain.

De plus, pour chacune des stations d'échantillonnage, lorsque possible, un duplicata de l'échantillon soumis pour analyse devra être prélevé et conservé à 4°C et à l'abri de la lumière, pour référence ultérieure. Ce duplicata pourra être analysé si des problèmes se sont présentés lors de l'analyse du premier échantillon ou pour confirmer les résultats obtenus.

9.3.1 Contrôle interne au laboratoire

Un blanc de procédure doit être analysé pour chaque série d'échantillons issus du terrain. De plus, le laboratoire doit réaliser des dosages d'échantillons de terrain en duplicata. La fréquence doit correspondre à 5 % du nombre total d'échantillons à analyser.

Le laboratoire doit également analyser des échantillons de contrôle préparés à l'interne, à une fréquence minimum de 5 % du nombre total d'échantillons. La concentration en huiles et graisses minérales contenue dans les échantillons de contrôle pour les sols doit se situer entre 1 000 et 8 000 mg/kg. Cet échantillon de contrôle doit être constitué à partir d'un sol inorganique (exemple : sable) dont la fraction granulométrique est inférieure à 5 mm. L'huile minérale utilisée pour fortifier ce sol inorganique doit être non volatile, telle que l'huile de paraffine communément appelée Nujol.

Pour chaque nouveau lot d'huile de paraffine, son absorbance ainsi que celle de la solution standard sont mesurées pour une même concentration donnée. Elles sont comparées et un facteur de correspondance de l'absorbance est calculé. Le facteur ainsi déterminé doit être colligé dans un registre interne et être fourni avec les résultats des échantillons issus du terrain, de concert avec les résultats des échantillons de contrôle de qualité.

Les résultats des échantillons de terrain, de même que ceux issus du contrôle de la qualité, ne doivent en aucun cas être corrigés pour compenser pour la présence du benzène dans la solution standard ou pour le rendement de l'extraction...

Le comité recommande que les laboratoires complètent leur programme d'assurance qualité par une contre-expertise externe. Les laboratoires accrédités participent régulièrement aux études inter-laboratoires parrainées par le Bureau d'accréditation du ministère.

9.3.2 Objectifs de performance

La concentration en huiles et graisses minérales dans le blanc de procédure doit être inférieure à la limite de détection de la méthode dont les principaux points apparaissent à la section 9.2.

La variation entre des résultats dupliqués pour un même échantillon doit être inférieure à 30 % pour une concentration supérieure à 1 000 mg d'huiles et graisses minérales par kilogramme d'échantillon.

La variation du pourcentage de récupération des échantillons de contrôle préparés à l'interne ne doit pas excéder 25 % de la concentration moyenne obtenue. Cet écart correspond à trois fois l'écart type de la moyenne.

10.0 CRITÈRES D'INTERVENTION POUR LES SOLS ET L'EAU SOUTERRAINE

Bien que l'Agence américaine de protection de l'environnement, la Californie et l'armée américaine déterminent généralement les niveaux de décontamination de leurs terrains à partir d'analyses de risque, le New Jersey, l'État de New York et celui de Washington préconisent davantage l'usage de critères génériques préétablis, vision partagée par les européens. Le modèle néerlandais, duquel l'approche du Québec, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande s'inspirent, compte de nombreux adeptes. Le gouvernement canadien est également en faveur de cette approche qui préconise l'usage de critères préétablis, avec des niveaux de décontamination liés avec l'utilisation future du terrain.

La littérature rapporte de nombreux critères pour les produits pétroliers dans les sols (tableau 13). Les problèmes associés aux multiples critères véhiculés en Amérique comme en Europe sont principalement que :

- 1) la logique ou l'argumentation à la base de ces critères n'est généralement pas disponible;
- 2) les approches pour établir ces critères, lorsque présentées, varient d'un organisme normatif à un autre. Aux États-Unis, par exemple, les critères peuvent varier considérablement d'un État à un autre, rendant davantage non uniforme la gestion de sols et de l'eau souterraine contaminés par des produits pétroliers;
- 3) les critères sont généralement établis de façon subjective et ne sont ainsi pas basés sur une approche scientifique rigoureuse.

Tableau 13

CRITÈRES VÉHICULÉS PAR LA LITTÉRATURE POUR LA GESTION DE SOLS CONTAMINÉS PAR DES PRODUITS PÉTROLIERS

PARAMÈTRES	CONCENTRATIONS mg/kg
Huiles et graisses minérales	10 à 10 000 ^{31,32}
Diesel	100 à 10 000 ^{5,31}
Essence	10 à 1 000 ^{5,31}
BTEX total	1 à 100 ³¹

³¹ Paustenbach, D.J., Kalmes, R., et al. (1993). A Proposed Approach to Regulating Contaminated Soil: Identify Safe Concentrations for Seven of the most Frequently Encountered Exposure Scenarios. Principles and Practices for Petroleum Contaminated Soils. Chapitre 23. Lewis Publishers

³² Bell, C.E., Kostecki, P.T. et Calabrese, E.J. (1991). Review of State Cleanup Levels for Hydrocarbon Contamination. Hydrocarbon Contaminated Soils and Groundwater. pp. 77-89. Lewis Publishers

10.1 Critères applicables à des sols et de l'eau souterraine contaminés par de l'essence

L'essence est un mélange qui contient majoritairement des composés organiques volatils (COV). Aussi, les critères associés à ces composantes doivent être utilisés pour gérer les sols et de l'eau souterraine. La *Politique de réhabilitation des terrains contaminés* prévoit des critères pour neuf hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM), identifiés à titre de substances indicatrices de composés organiques volatils (COV). Il s'agit de :

Tableau 14

CRITÈRES PRESCRITS POUR LES COV³³

	CRITÈRES POUR LE SOL (mg/kg matière sèche)			CRITÈRES POUR L'EAU SOUTERRAINE (ug/L)		
	A	B	C	A	B	C
Benzène	<0,1	0,5	5	<0,5	1	5
Éthylbenzène	<0,1	5	50	<0,5	50	150
Toluène	<0,1	3	30	<0,5	50	100
Chlorobenzène	<0,1	1	10	<0,1	2	5
Dichloro-1,2 benzène	<0,1	1	10	<0,1	2	5
Dichloro-1,3 benzène	<0,1	1	10	<0,1	2	5
Dichloro-1,4 benzène	<0,1	1	10	<0,1	2	5
Xylène	<0,1	5	50	<0,5	20	60
Styrène	<0,1	5	50	<0,5	40	120

10.2 Critères applicables à des sols et de l'eau souterraine contaminés par tout autre mélange d'hydrocarbures que de l'essence

Tel qu'il a été discuté au chapitre 8, les paramètres «huiles et graisses minérales», «HAP» et «BTEX» sont identifiés pour gérer les sols et l'eau souterraine contaminés par tout mélange d'hydrocarbures autre que l'essence.

La *Politique de réhabilitation des terrains contaminés* préconise actuellement le suivi de 23 HAP dont les 16 identifiés par l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA). Il s'agit de :

33

Depuis 1990-91, la Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés (DPGDLC) réalise la validation (volet santé) des critères ABC par l'entremise d'une approche d'analyse de risque modulée en fonction de différents usages des sols. Elle participe également aux travaux du CCME sur l'élaboration d'un protocole national sur l'élaboration de critères. Les critères cités sont donc des valeurs susceptibles d'être modifiées après leur validation éventuelle.

Tableau 15
CRITÈRES PRESCRITS POUR LES HAP³³

	SOLS (mg/kg de matière sèche)			EAUX SOUTERRAINES (ug/L)		
	A	B	C	A	B	C
Benzo (a) anthracène	<0,1	1	10	<0,1	0,5	2
Diméthyl-7,2 benzanthracène-1,2	<0,1	1	10	<0,1	0,2	1
Dibenzo (a,h) anthracène	<0,1	1	10	<0,1	0,2	1
Chrysène	<0,1	1	10	<0,1	1	5
Méthyl-3 cholanthrène	<0,1	1	10	<0,1	0,2	1
Benzo (b) fluoranthène	<0,1	1	10	<0,1	0,2	1
Benzo (j) fluoranthène	<0,1	1	10	<0,1	0,2	1
Benzo (k) fluoranthène	<0,1	1	10	<0,1	0,2	1
Benzo (g,h,i) pérylène	<0,1	1	10	<0,1	0,2	1
Benzo (c) phénanthrène	<0,1	1	10	<0,1	0,5	2
Pyrène	<0,1	10	100	<0,2	7	30
Benzo (a) pyrène	<0,1	1	10	<0,1	0,2	1
Dibenzo (a,h) pyrène	<0,1	1	10	<0,1	1	5
Dibenzo (a,i) pyrène	<0,1	1	10	<0,1	1	5
Dibenzo (a,l) pyrène	<0,1	1	10	<0,1	1	5
Indéno (1,2,3,c,d) pyrène	<0,1	1	10	<0,1	1	5
Acénaphène	<0,1	10	100	<0,5	20	30
Acénaphylène	<0,1	10	100	<0,5	10	20
Anthracène	<0,1	10	100	<0,2	7	20
Fluoranthène	<0,1	10	100	<0,1	2	10
Fluorène	<0,1	10	100	<0,1	2	10
Naphtalène	<0,1	5	50	<0,2	10	30
Phénanthrène	<0,1	5	50	<0,1	1	5
HAP (somme)	1	20	200	0,2	10	50

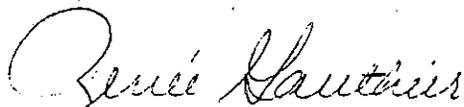
La *Politique* véhicule également, depuis 1988, des critères pour le paramètre «huiles et graisses minérales». Bien que l'on conçoive qu'il est difficile d'établir une base scientifique rigoureuse pour de tels critères, particulièrement en raison du caractère intégrateur de l'outil analytique et de la diversité et de la complexité des mélanges auxquels on fait face, il demeure que l'on s'entend sur la nécessité de bénéficier de tels critères.

De plus, les vérifications réalisées par la Direction des laboratoires sur des sols contaminés par du diesel montrent une certaine corrélation entre ce que la méthode «huiles et graisses» par infra-rouge (IR) permet d'obtenir et ce qu'on peut détecter par chromatographie pour une contamination par du diesel. Dans ce contexte, les critères d'«huiles et graisses minérales» présentés ci-après demeurent préconisés pour gérer les sols et l'eau souterraine contaminés par des mélanges d'hydrocarbures autres que l'essence.

Tableau 16

CRITÈRES PRESCRITS POUR LES HUILES ET GRAISSES MINÉRALES³³

	SOLS (mg/kg matière sèche)			EAU SOUTERRAINE (ug/L)		
	A	B	C	A	B	C
Huiles et graisses minérales	< 100	1 000	5 000	< 100	1 000	5 000



Renée Gauthier*
Chimiste M.Sc.
Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés
MENVIQ



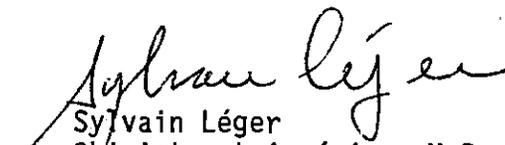
Aviva Battat
Chimiste
Direction des laboratoires
MENVIQ



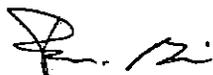
Pierre Bédard
Chimiste Ph.D.
Consultant



Jacques Boulerice
Technicien
Direction des laboratoires
MENVIQ



Sylvain Léger
Chimiste et ingénieur M.Sc.A
Monenco Agra (Montréal)



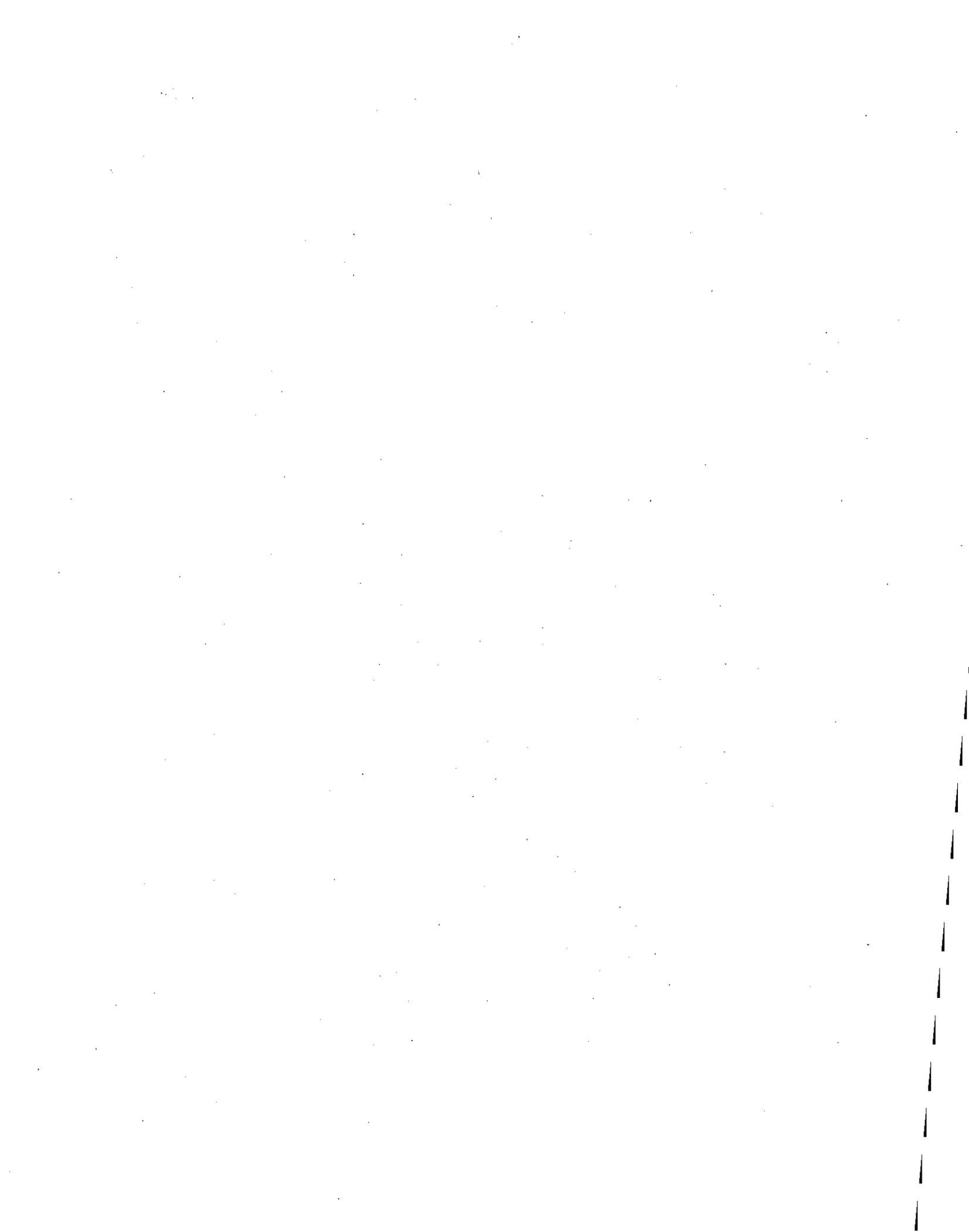
François Messier
Chimiste Ph.D.
Direction des laboratoires
MENVIQ



Richard Northon
Chimiste M.Sc.
Laboratoire Envirolab
(Roche ltée)

Novembre 1993

* À qui toute correspondance devrait être acheminée.



BIBLIOGRAPHIE

- APHA, AWWA, WPCF (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater
- CCME (1991). Total petroleum hydrocarbon. Summary of task group responses to request for TPH criteria/rationales (by jurisdiction)
- Contaminated soil (1986). J. W. Assink, W. J. van den Brink éd., Martinus Nijhoff Publishers
- Contaminated soil '88 (1988). Volumes 1 et 2. K. Wolf, W.J. van den Brink, F. J. Colon éd., Kluwer Academic Publishers
- Contaminated soil '90 (1990). Volumes 1 et 2. F. Arendt, M. Hinsenveld, W. J. van den Brink éd., Kluwer Academic Publishers
- Contaminated soil '93 (1993). Volume 1. F. Arendt, G. J. Annokée, R. Bosman, W. J. van den Brink éd., Kluwer Academic Publishers
- Dragun, J. (1988). The soil chemistry of hazardous materials. Ed. The hazardous materials control research institute. ISBN : 0-944989-79-9
- EPA, Test methods for evaluating solid waste - Physical/Chemical methods (1986). SW-846
- Gauthier, R., décembre 1993. Approches de validation et d'élaboration de critères d'intervention pour les sols contaminés. Texte de conférence présentée au congrès Vision-Sciences. Ministère de l'Environnement du Québec
- Hydrocarbon contaminated soils (1991). Volume 1. E. J. Calabrese et P. T. Kostecky éd., Lewis Publishers
- Marencik, J. (1991). State-by-state summary of clean-up standards. Soils, 15, novembre - décembre 1991
- MENVIQ (1988). Politique de réhabilitation des terrains contaminés. ISBN 2-550-18576-5. Envirodoq 880081, SD-5
- MENVIQ (1990). Guide des méthodes de conservation et d'analyses des échantillons d'eau et de sol. ISBN 2-550-20923-0. Envirodoq EN900080, QEN/SD/14/1
- MENVIQ (1992). Validation des critères de la Politique de réhabilitation des terrains contaminés - Volet santé humaine. Rapport du projet pilote. DPGDLC 5124-07-05
- MENVIQ (1993). Lignes directrices d'intervention lors de l'enlèvement de réservoirs souterrains ayant contenu des produits pétroliers. Préliminaire

- Noble, D., EPA. Here today, gone tomorrow. Halogenated Solvents in analytical chemistry. Analytical chemistry, volume 65, 15, août 1993. Pages 693A-695A
- Petroleum contaminated soils (1989). Volume 2. E. J. Calabrese et P. T. Kostecki éd., Lewis Publishers
- Petroleum contaminated soils (1990). Volume 3. E. J. Calabrese et P. T. Kostecki éd., Lewis Publishers
- Principles and practices for petroleum contaminated soils (1993). E. J. Calabrese et P. T. Kostecki éd., Lewis Publishers
- Trépanier, J. P., décembre 1993. Texte de conférence présentée au congrès Vision-Sciences. Ministère de l'Environnement du Québec

SIGNIFICATION DES ACRONYMES

BaP : benzo (a) pyrène

BPC : biphényles polychlorés

BTEX : benzène/toluène/éthylbenzène/xylènes

C : carbone

COV : composés organiques volatils

DMF : diméthylformamide

DPGDLG : Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés

EPA : *Environmental Protection Agency*

GC-ECD : chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électron

GC-FID : chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à flamme ionisante

GC-MS : chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse

GC-PID : chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à photoionisation

H : hydrogène

H et G minérales : huiles et graisses minérales
(ou H et G min.)

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques

IPP : identification de produits pétroliers par GC-FID

IR : infrarouge (détection par spectrophotométrie...)

MENVIQ : ministère de l'Environnement du Québec

MOE : ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario

MTBE : methyl terbutyl ether

o + m + p : ortho + méta + para

SBEC : Santé et Bien-être Canada

SFE : *supercritical fluid extraction*

STM : "*Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*"

T_{eb.} : température d'ébullition

TPH : *total petroleum hydrocarbons*

TRPH : *total recoverable petroleum hydrocarbons*

u.m.a. : unité de masse atomique

ANNEXE A

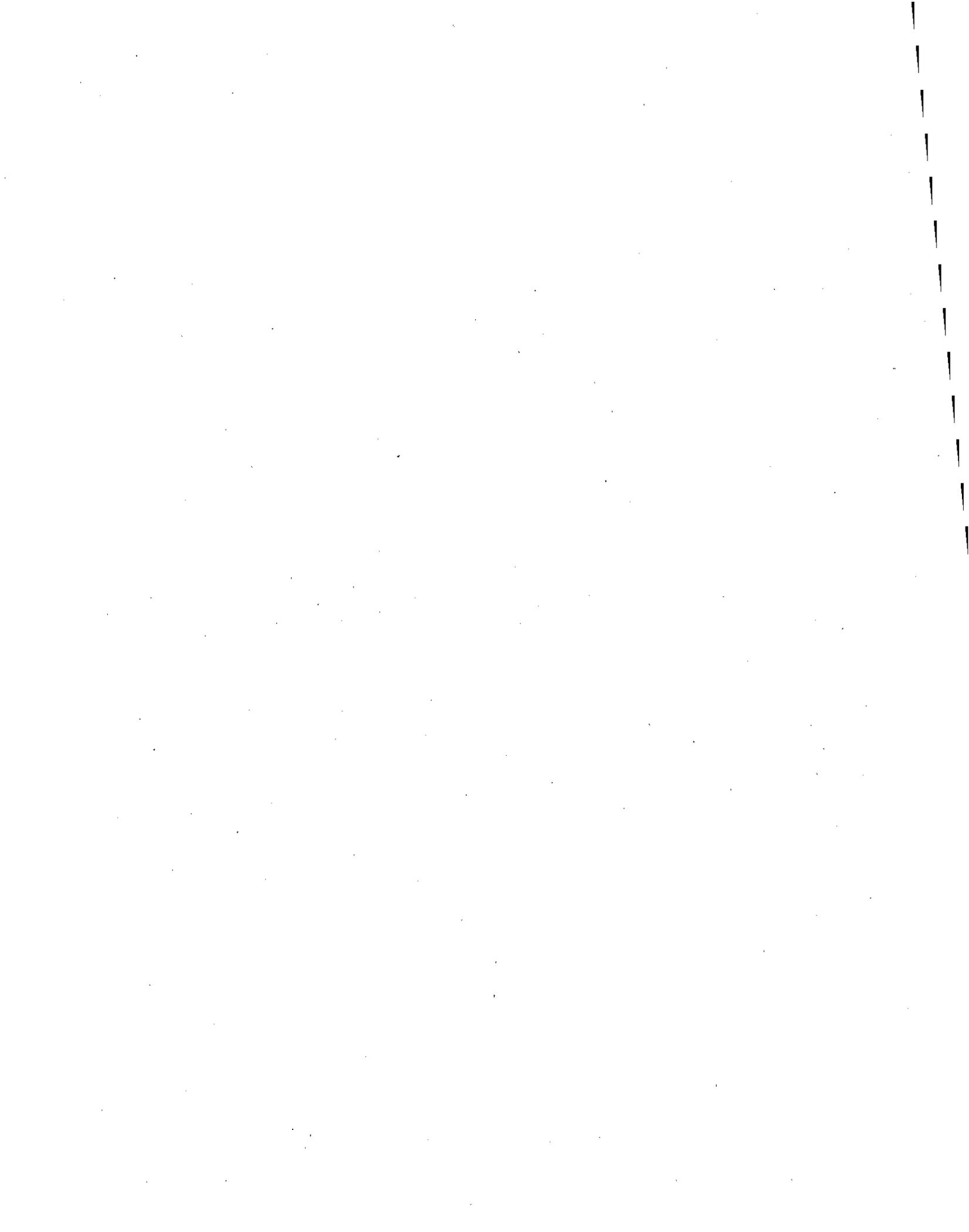


TABLEAU A-1

SUBSTANCES ORGANIQUES IDENTIFIÉES
DANS DIVERS MÉLANGES D'HYDROCARBURES¹²

Substances	Source ^a	Substances	Source ^a
acenaphthalenes	fo	cyclopentaneacetic acid	co
acenaphthenes	fo	cyclopentanecarboxylic acid	co
acetic acid	co	cyclopentanethiol	co
adamantane	co	cyclopentene	g
alkanes	fo	3-cyclopentylpyridine	co
aniline	fo	4-cyclopentylpyridine	co
anthracene	fo	m-cymene	fo, g
benzene	co, fo, g, hog, ug	o-cymene	fo, g
1,2-benzofluorene	co	p-cymene	fo, g
benzoic acid	fo	trans-decahydronaphthalene	co
benzothiophenes	fo	n-decane	co, g, k
bicyclic sesquiterpanes	co	decanoic acid	fo
bicyclo-[3.22.1] octane	co	1-decene	g
cis-bicyclo-[3.3.0]-octane	co	cis-2-decene	g
biphenyl	co, fo, k	trans-2-decene	g
1,3-butadiene	g	decylthiophane	co
n-butane	co, g, hog, ug	diasteranes	co
1-butanethiol	co	1,2-dibromoethane	g
2-butanethiol	co	1,2-dichloroethane	g
butanoic acid	co	1,2-diethylbenzene	co, fo, g
trans-2-butene	g, hog	1,3-diethylbenzene	g
1-butene	g	1,4-diethylbenzene	co, g
cis-2-butene	g	diethylphenol	co
trans-2-butene	g	2,6-dimethylantracene	co
t-butyl alcohol	g	2,7-dimethylantracene	co
n-butylbenzene	co, g	2,3-dimethylbenzo-[h]-quinoline	co
sec-butylbenzene	co, g	2,4-dimethylbenzo-[h]-quinoline	co
urw11t-butylbenzene	co, g	2,2-dimethylbutane	co, g, hog
sec-butylcyclohexane	g	2,3-dimethylbutane	co, g, hog, ug
t-butylcyclohexane	g	2,3-dimethyl-1-butene	g
d1-2-sec-butyl-4,5-dimethylpyridine	co	2,3-dimethyl-2-butene	g
butylthiophane	co	3,3-dimethyl-1-butene	g
carbazole	co	2,3-dimethyl-2-butenedioic acid	co
m-cresol	co	1,3-dimethyl-5-t-butylbenzene	g
o-cresol	co	2,4-dimethyl-8-sec-butylquinoline	co
p-cresol	co	1,1-dimethylcyclohexane	co, g
cycloalkanes	fo	cis-1,2-dimethylcyclohexane	co, g, hog
cyclobutane	co	cis-1,3-dimethylcyclohexane	co, hog
cycloheptane	co, g	cis-1,4-dimethylcyclohexane	co, hog
cyclohexane	co, g, hog	trans-1,2-dimethylcyclohexane	co, g, hog
cyclohexanecarboxylic acid	co	trans-1,3-dimethylcyclohexane	co, hog
cyclohexanethiol	co	trans-1,4-dimethylcyclohexane	co, hog
cyclohexene	g	1,1-dimethylcyclopentane	co, g, hog
cyclopentane	co, g	cis-1,2-dimethylcyclopentane	co, g
		trans-1,2-dimethylcyclopentane	co, g
		cis-1,3-dimethylcyclopentane	co, g, hog, ug
		trans-1,3-dimethylcyclopentane	co, g, hog, ug

a : co = pétrole brut
fo = huile à chauffage
g = essence
hog = essence à indice d'octane élevé
ug = essence sans plomb
k = kérosène

TABLEAU A-1 (suite)

SUBSTANCES ORGANIQUES IDENTIFIÉES
DANS DIVERS MÉLANGES D'HYDROCARBURES¹²

Substances	Source ^a	Substances	Source ^a
2,2-dimethylcyclopentanecarboxylic acid	co	1,4-dimethylnaphthalene	fo
2,3-dimethylcyclopentylacetic acid	co	1,6-dimethylnaphthalene	co, k
dimethylcyclopropane	g	1,7-dimethylnaphthalene	fo
1,8-dimethyldibenzothiophene	co	2,6-dimethylnaphthalene	co, fo, k
2,3-dimethyl-4-8-diethylquinoline	co	2,6-dimethyloctane	g
1,2-dimethyl-3-ethylbenzene	co, g, k	2,2-dimethylpentane	co, g, hog
1,2-dimethyl-4-ethylbenzene	co, fo, g, k	2,3-dimethylpentane	co, g, hog, ug
1,3-dimethyl-2-ethylbenzene	co, g, k	2,4-dimethylpentane	co, g, hog, ug
1,3-dimethyl-4-ethylbenzene	co, g, k	3,3-dimethylpentane	co, g, hog
1,3-dimethyl-5-ethylbenzene	co, fo, g, k	2,3-dimethyl-1-pentene	g
1,4-dimethyl-2-ethylbenzene	co, g	2,3-dimethyl-2-pentene	g
2,2-dimethyl-3-ethylpentane	g	2,4-dimethyl-1-pentene	g
2,4-dimethyl-3-ethylpentane	g	2,4-dimethyl-2-pentene	g
2,3-dimethyl-4-ethyl-8-n-propylquinoline	co	3,3-dimethyl-1-pentene	g
2,3-dimethyl-8-ethylquinoline	co	cis-3,4-dimethyl-2-pentene	g
2,4-dimethyl-8-ethylquinoline	co	trans-3,4-dimethyl-2-pentene	g
2,3-dimethyl-4-ethylthiophene	co	4,4-dimethyl-1-pentene	g
2,4-dimethyl-3-ethylthiophene	co	cis-4,4-dimethyl-2-pentene	g
3,4-dimethyl-2-ethylthiophene	co	trans-4,4-dimethyl-2-pentene	g
2,2-dimethylheptane	g, hog	1,8-dimethylphenanthrene	co
2,3-dimethylheptane	co, g	2,6-dimethylphenol	fo
2,4-dimethylheptane	g	2,2-dimethylpropane	co, g
2,5-dimethylheptane	g	2,2-dimethyl-1-propanethiol	co
2,6-dimethylheptane	co, g	1,2-dimethyl-3-propylbenzene	g
3,3-dimethylheptane	g	1,2-dimethyl-4-propylbenzene	co, g, k
3,4-dimethylheptane	g	1,3-dimethyl-4-propylbenzene	co, g, k
3,5-dimethylheptane	g	1,3-dimethyl-5-n-propylbenzene	g
2,2-dimethylhexane	co, g, hog	1,4-dimethyl-2-n-propylbenzene	g
2,3-dimethylhexane	co, g, hog	2,3-dimethyl-8-n-propylquinoline	co
2,4-dimethylhexane	co, g, hog	2,4-dimethyl-8-n-propylquinoline	co
2,5-dimethylhexane	co, g, hog	2,3-dimethylpyridine	co
3,3-dimethylhexane	co, g	2,3-dimethylquinoline	co
3,4-dimethylhexane	co, g, hog	2,4-dimethylquinoline	co
2,2-dimethyl-trans-3-hexene	g	2,8-dimethylquinoline	co
2,3-dimethyl-1-hexene	g	2,6-dimethylstyrene	g
2,3-dimethyl-2-hexene	g	3,3-dimethyl-2-thiabutane	co
2,3-dimethyl-trans-3-hexene	g	2,3-dimethylthiacyclopentane	co
2,5-dimethyl-trans-3-hexene	g	2,4-dimethylthiacyclopentane	co
1,2-dimethyl-4-hydroxybenzene	fo	cis-2,5-dimethylthiacyclopentane	co
1,3-dimethyl-5-hydroxybenzene	fo	trans-2,5-dimethylthiacyclopentane	co
2,4-dimethyl-1-hydroxybenzene	fo	2,6-dimethyl-4-thiaheptane	co
1,1-dimethylindan	g	2,2-dimethyl-3-thiapentane	co
1,6-dimethylindan	g	2,4-dimethyl-3-thiapentane	co
1,2-dimethyl-3-isopropylbenzene	g	2,6-dimethylundecane	g
2,3-dimethyl-6-isopropylpyridine	co	dinaphthenebenzenes	fo
dimethylmaleic anhydride	co	diterpanes	co
1,2-dimethylnaphthalene	co, fo, k	n-docosane	co, fo
1,3-dimethylnaphthalene	fo	n-dodecane	co, fo, g, k

a : co = pétrole brut
fo = huile à chauffage
g = essence
hog = essence à indice d'octane élevé
ug = essence sans plomb
K = kérosène

TABLEAU A-1 (suite)

SUBSTANCES ORGANIQUES IDENTIFIÉES
DANS DIVERS MÉLANGES D'HYDROCARBURES¹²

Substances	Source ^a	Substances	Source ^a
n-dotriacontane	co	n-hexadecane	co, fo, k
n-eicosane	co, fo	hexadecanoic acid	co
eicosanoic acid	co	hexadecylthiophane	co
ethane	co	n-hexane	co, g, hog, ug
ethanethiol	co	2-hexanethiol	co
ethanol	fo	3-hexanethiol	co
ethylbenzene	co, fo, g, hog, ug	n-hexanoic acid	co
2-ethyl-1-butene	g	1-hexene	g, hog
ethylcyclohexane	co, g	cis-2-hexene	g
ethylcyclopentane	co, g, hog	cis-3-hexene	g
3-ethylcyclopentane	g	trans-2-hexene	g
3-ethylheptane	g	trans-3-hexene	g
4-ethylheptane	g	hexylthiophane	co
3-ethylhexane	co, g	hopanes	co
2-ethyl-1-hexene	g	indan	co, g
3-ethyl-3-hexene	g	indans	fo
1-ethyl-3-isopropylbenzene	g	indanol	fo
1-ethyl-4-isopropylbenzene	g	indene	g
1-ethyl-4-methylbenzene	fo	isobutane	co, g
1-ethylnaphthalene	fo	isobutylbenzene	co, g
2-ethylnaphthalene	fo	isobutylcyclohexane	g
4-ethyloctane	g	isobutylcyclopentane	g
3-ethylpentane	co, g, hog	isooctylthiophane	co
3-ethylpentanoic acid	co	isopentylbenzene	g
2-ethyl-1-pentene	g	isoprenoids	co
3-ethyl-1-pentene	g	isopropyl alcohol	g
3-ethyl-2-pentene	g	isopropylbenzene	co, fo, g
1-ethyl-2-n-propylbenzene	g	isopropylcyclohexane	g
1-ethyl-3-n-propylbenzene	g	isopropylcyclopentane	co, g
ethylstyrene	g	isoquinoline	fo
2-ethylthiacyclopentane	co	2-isopropylphenol	fo
formic acid	co	methane	co
n-heneicosane	co, fo	methanethiol	co
n-hentriacontane	co	methanol	fo
heptacosane	co, fo	8-methyl-1,2-benzofluorene	co
n-heptadecane	co, fo	methylbicyclo-[2.2.1]-heptane	co
n-heptane	co, g, hog	3-methylbiphenyl	co
heptanoic acid	co	2-methyl-1,3-butadiene	g
1-heptene	g	2-methylbutane	co, g
cis-2-heptene	g	3-methylbutanoic acid	co
cis-3-heptene	g	2-methyl-1-butanethiol	co
trans-2-heptene	g	2-methyl-2-butanethiol	co
trans-3-heptene	g	3-methyl-1-butanethiol	co
heptythiophane	co	3-methyl-2-butanethiol	co
hexacosane	co, fo	2-methyl-1-butene	g
		2-methyl-2-butene	g

a : co = pétrole brut
fo = huile à chauffage
g = essence
hog = essence à indice d'octane élevé
ug = essence sans plomb
K = kérosène

TABLEAU A-1 (suite)

SUBSTANCES ORGANIQUES IDENTIFIÉES
DANS DIVERS MÉLANGES D'HYDROCARBURES¹²

Substances	Source ^a	Substances	Source ^a
3-méthyl-1-butène	g	2-méthyl-trans-3-hexène	g
1-méthyl-3-n-butylbenzène	co	3-méthyl-1-hexène	g
1-méthyl-3-t-butylbenzène	g	3-méthyl-cis-2-hexène	g
1-méthyl-4-t-butylbenzène	g	3-méthyl-trans-2-hexène	g
méthyl-t-butyl éther	g	3-méthyl-cis-3-hexène	g
1-méthylchrysène	co	3-méthyl-trans-3-hexène	g
méthylcyclohexane	co,g,hog,ug	4-méthyl-1-hexène	g
4-méthylcyclohexanecarboxylique acid	co	4-méthyl-cis-2-hexène	g
1-méthylcyclohexène	g	4-méthyl-trans-2-hexène	g
4-méthylcyclohexène	g	5-méthyl-1-hexène	g
méthylcyclopentane	co,g,hog,ug	5-méthyl-cis-2-hexène	g
2-méthylcyclopentanecarboxylique acid	co	1-méthyl-2-isopropylbenzène	co,g
3-méthylcyclopentanecarboxylique acid	co	1-méthyl-3-isopropylbenzène	co,g
cis-2-méthylcyclopentanethiol	co	1-méthyl-4-isopropylbenzène	co,g
1-méthylcyclopentène	g	1-méthyl-cis-4-isopropylcyclohexane	g
3-méthylcyclopentène	g	1-méthyl-trans-4-isopropylcyclohexane	g
3-méthylcyclopentylacétique acid	co	1-méthylindan	co,g,k
2-méthylcyclopentylpropanoïque acid	co	2-méthylindan	co,g,k
4-méthyldecane	g	4-méthylindan	co,g,k
1-méthyl-2-éthylbenzène	co,g,k	5-méthylindan	g
1-méthyl-3-éthylbenzène	co,g,k,ug	1-méthyl-naphtalène	co,fo,k
1-méthyl-4-éthylbenzène	co,g,k,ug	2-méthyl-naphtalène	co,fo,g,k
1-méthyl-1-éthylcyclopentane	co,g	méthyl-naphtalènes	fo
1-méthyl-cis-2-éthylcyclopentane	co,g	2-méthyl-nonane	co,g
1-méthyl-trans-2-éthylcyclopentane	co,g	3-méthyl-nonane	co,g
1-méthyl-cis-3-éthylcyclopentane	co,g	4-méthyl-nonane	co,g
1-méthyl-trans-3-éthylcyclopentane	co,g	5-méthyl-nonane	co,g
2-méthyl-3-éthylhexane	g	2-méthyl-1-nonène	g
2-méthyl-4-éthylhexane	g	2-méthyl-octane	co,g,ug
2-méthyl-3-éthylpentane	co,g	3-méthyl-octane	co,g,ug
3-méthyl-3-éthylpentane	co,g	4-méthyl-octane	co,g,ug
3-méthyl-5-éthylpyridine	co	2-méthyl-1-octène	g
2-méthyl-8-éthylquinoline	co	2-méthyl-2-octène	g
2-méthylheptane	co,g,hog	2-méthylpentane	co,g,hog,ug
3-méthylheptane	co,g,hog	3-méthylpentane	co,g,hog,ug
4-méthylheptane	co,g,hog	2-méthylpentanoïque acid	co
2-méthyl-1-heptène	g	3-méthylpentanoïque acid	co
2-méthyl-2-heptène	g	4-méthylpentanoïque acid	co
6-méthyl-1-heptène	g	2-méthyl-2-pentanethiol	co
2-méthylhexane	co,g,hog	2-méthyl-3-pentanethiol	co
3-méthylhexane	co,g,hog,ug	3-méthyl-3-pentanethiol	co
2-méthylhexanoïque acid	co	4-méthyl-2-pentanethiol	co
3-méthylhexanoïque acid	co	2-méthyl-1-pentène	g,ug
4-méthylhexanoïque acid	co	2-méthyl-2-pentène	g,ug
5-méthylhexanoïque acid	co	3-méthyl-1-pentène	g
2-méthyl-1-hexène	g	3-méthyl-2-pentène	g
2-méthyl-2-hexène	g	cis-3-méthyl-2-pentène	g
2-méthyl-cis-3-hexène	g	trans-3-méthyl-2-pentène	g

a : co = pétrole brut
fo = huile à chauffage
g = essence
hog = essence à indice d'octane élevé
ug = essence sans plomb
K = kérosène

TABLEAU A-1 (suite)

SUBSTANCES ORGANIQUES IDENTIFIÉES
DANS DIVERS MÉLANGES D'HYDROCARBURES¹²

Substances	Source ^a	Substances	Source ^a
4-méthyl-1-pentène	g	n-octane	co, fo, g, hog, k
4-méthyl-cis-2-pentène	g	n-octanoïque	co
4-méthyl-trans-2-pentène	g	2-octanethiol	co
2-méthylpropane	g, hog	octanoïque	fo
2-méthyl-1-propanethiol	co	1-octène	g
2-méthyl-2-propanethiol	co	cis-2-octène	g
2-méthylpropanoïque	co	trans-2-octène	g
2-méthylpropène	g	trans-4-octène	g
1-méthyl-2-n-propylbenzène	co, g, k	octylthiophène	co
1-méthyl-3-n-propylbenzène	g	pentacosane	co, fo
1-méthyl-4-n-propylbenzène	cp, g, k	n-pentadécane	co, fo, k
1-méthylpyrène	co	1,4-pentadiène	g
3-méthylpyridine	co	pentaméthylbenzène	g
2-méthylquinoline	co	n-pentane	co, fo, g, hog, ug
2-méthylstyrène	g	1-pentanethiol	co
2-méthyl-1,2,3,4-tetrahydronaphtalène	co	2-pentanethiol	co
5-méthyl-1,2,3,4-tetrahydronaphtalène	co	3-pentanethiol	co
6-méthyl-1,2,3,4-tetrahydronaphtalène	co	pentanoïque	co
1-méthyltetralin	k	1-pentène	g, hog, ug
2-méthyltetralin	k	cis-2-pentène	g, hog, ug
4-méthyl-2-thia[0.3.3]-bicyclononane	co	trans-2-pentène	g, hog, ug
3-méthyl-2-thia[0.3.3]-bicyclooctane	co	n-pentylbenzène	g
méthyl-8-thia[3.2.1]-bicyclooctane	co	n-pentylcyclohexane	g
3-méthyl-2-thiabutane	co	n-pentylcyclopentane	g
2-méthylthiacyclopentane	co	pentylthiophane	co
3-méthylthiacyclopentane	co	perylene	co
4-méthylthiacyclopentane	co	phenanthrene	fo
2-méthyl-3-thiahexane	co	phénol	co, fo
4-méthyl-3-thiahexane	co	polynaphtènes	fo
2-méthyl-3-thiapentane	co	porphyrins	co
2-méthylthiophène	co	propane	co, g, hog
3-méthylthiophène	co	1-propanethiol	co
naphthalène	co, fo, g, k	2-propanethiol	co
naphthalènes	fo	propanoïque	co
2-naphtol	co	n-propylbenzène	co, g
n-nonacosane	co	propylcyclohexane	g
n-nonadécane	co, fo	n-propylcyclopentane	co, g
n-nonane	co, fo, g, k	4-n-propylheptane	g
nonanoïque	co, fo	quinoline	fo
nonanol	g	steranes	co
1-nonène	g	n-tétracosane	co, fo
nonhopanes	co	n-tétradécane	co, fo, k
nonylthiophane	co	tétradécanoïque	co
n-octacosane	co	tétradécylthiophane	co
n-octadécane	co, fo	1,2,3,4-tetrahydronaphtalène	co, g
octadécanoïque	co	5,6,7,8-tetrahydroquinoline	co
octadécylthiophane	co	tétralin	g, k

a : co = pétrole brut
fo = huile à chauffage
g = essence
hog = essence à indice d'octane élevé
ug = essence sans plomb
K = kérosène

TABLEAU A-1 (suite)

SUBSTANCES ORGANIQUES IDENTIFIÉES
DANS DIVERS MÉLANGES D'HYDROCARBURES¹²

Substances	Source ^a	Substances	Source ^a
tetralins	fo	3-thiapentane	co
1,3,5,7-tetramethylanthracene	co	2-thiapropane	co
1,3,6,7-tetramethylanthracene	co	7-thiatridecane	co
2,3,6,7-tetramethylanthracene	co	6-thiaundecane	co
1,2,3,4-tetramethylbenzene	co, g, k	thiophene	co
1,2,3,5-tetramethylbenzene	co, fo, g, k	toluene	co, fo, g, hog, ug
1,2,4,5-tetramethylbenzene	co, fo, g, k	n-triacontane	co
2,2,3,3-tetramethylbutane	co	n-tricosane	co, fo
1,1,3,3-tetramethylcyclopentane	co	tricyclic terpanes	co
1,1-cis-2-cis-3-tetramethylcyclopentane	co	n-tridecane	co, fo, k
1,1-cis-2-trans-3-tetramethylcyclopentane	co	triethylphenol	co
1,1-cis-2-trans-4-tetramethylcyclopentane	co, g	2,3,6-trimethylanthracene	co
1,1-cis-3-trans-4-tetramethylcyclopentane	co	1,2,3-trimethylbenzene	co, g, k
1-cis-2-trans-3-cis-4-tetramethylcyclopentane	co	1,2,4-trimethylbenzene	co, g, k, ug
1-trans-2-cis-3-trans-4-tetramethylcyclopentane	co	1,3,5-trimethylbenzene	co, g, k
1-trans-2-trans-3-cis-4-tetramethylcyclopentane	co	2,2,3-trimethylbutane	co, g, hog
2,2,3,3-tetramethylhexane	g	2,3,3-trimethyl-1-butene	g
2,6,10,14-tetramethylhexadecane	fo	1,1,2-trimethylcyclohexane	g
1,4,5,7-tetramethylnaphthalene	co	1,1,3-trimethylcyclohexane	co, g
2,3,6,7-tetramethylnaphthalene	co	1,1,4-trimethylcyclohexane	g
2,6,10,14-tetramethylpentadecane	fo	1-cis-2-trans-3-trimethylcyclohexane	g
2,2,3,4-tetramethylpentane	g	1-trans-2-cis-3-trimethylcyclohexane	g
2,2,4,4-tetramethylpentane	co	1-trans-2-cis-4-trimethylcyclohexane	co, g
2,3,4,8-tetramethylquinoline	co	1-trans-2-trans-4-trimethylcyclohexane	co, g
2,3,4,5-tetramethylthiophene	co	1-cis-3-cis-5-trimethylcyclohexane	g
thiaadamantane	co	1-cis-3-trans-5-trimethylcyclohexane	g
6-thia[0.3.4]bicyclononane	co	cis-2,2,6-trimethylcyclohexanecarboxylic acid	co
9-thia[3.3.1]bicyclononane	co	trans-2,2,6-trimethylcyclohexanecarboxylic acid	co
2-thia[2.2.2]bicyclooctane	co	2-(2,2,6-trimethylcyclohexyl)-4,6-dimethylpyridine	co
2-thia[3.3.0]bicyclooctane	co	1,1,2-trimethylcyclopentane	co, g
cis-3-thia[3.3.0]bicyclooctane	co	1,1,3-trimethylcyclopentane	co, g
2-thia[3.2.1]bicyclooctane	co	1-cis-2-cis-3-trimethylcyclopentane	co, g
3-thia[3.2.1]bicyclooctane	co	1-cis-2-cis-4-trimethylcyclopentane	co, g
6-thia[3.2.1]bicyclooctane	co	1-cis-2-trans-3-trimethylcyclopentane	co, g
8-thia[3.2.1]bicyclooctane	co	1-cis-2-trans-4-trimethylcyclopentane	co, g
2-thiabutane	co	1-trans-2-cis-3-trimethylcyclopentane	co, g
thiacyclohexane	co	1-trans-2-cis-4-trimethylcyclopentane	co, g
thiacyclopentane	co	1,1,2-trimethylcyclopentanecarboxylic acid	co
5-thiadecane	co	1,2,2-trimethylcyclopentane-1,3-dicarboxylic acid	co
3-thiaheptane	co	3,3,4-trimethylcyclopentylacetic acid	co
2-thiahexane	co	2,6-10-trimethyldodecane	fo
3-thiahexane	co	1,2,3-trimethyl-4-ethylbenzene	g
cis-1-thiahydrindane	co	1,2,3-trimethyl-5-ethylbenzene	g
trans-1-thiahydrindane	co	1,2,4-trimethyl-3-ethylbenzene	g
thianaphthene	co	1,2,4-trimethyl-5-ethylbenzene	g
5-thianonane	co	1,2,5-trimethyl-3-ethylbenzene	g
3-thiaoctane	co	1,3,5-trimethyl-2-ethylbenzene	g
2-thiapentane	co	2,3,8-trimethyl-4-ethylquinoline	co

a : co = pétrole brut
fo = huile à chauffage
g = essence
hog = essence à indice d'octane élevé
ug = essence sans plomb
K = kérosène

TABLEAU A-1 (suite)

SUBSTANCES ORGANIQUES IDENTIFIÉES
DANS DIVERS MÉLANGES D'HYDROCARBURES¹²

Substances	Source ^a	Substances	Source ^a
2,3,4-triméthyl-8-éthylquinoline	co	2,3,4-triméthyl-8-n-propylquinoline	co
2,3,4-triméthyl-5-éthylthiophène	co	2,3,4-triméthylpyridine	co
2,2,4-triméthylheptane	g	2,3,5-triméthylpyridine	co
2,2,5-triméthylheptane	g	2,3,8-triméthylquinoline	co
2,2,4-triméthylheptane	g	2,4,8-triméthylquinoline	co
2,2,6-triméthylheptane	g	2,3,5-triméthylthiacyclopentane	co
2,4,4-triméthylheptane	g	2,3,4-triméthylthiophène	co
2,4,5-triméthylheptane	g	triterpanes	co
2,5,5-triméthylheptane	g	n-undécane	co, fo, g, k
3,3,4-triméthylheptane	g	undécylthiophane	co
3,3,5-triméthylheptane	g		
3,3,4-triméthylheptane	g	vinyl-2-éthylhexylether	g
3,4,5-triméthylheptane	g		
2,2,3-triméthylhexane	g	m-xylène	co, fo, g, hog, ug
2,2,4-triméthylhexane	co, g	o-xylène	co, fo, g, hog, ug
2,2,5-triméthylhexane	co, g	p-xylène	co, fo, g, hog, ug
2,3,3-triméthylhexane	g	1,2,3-xylénol	co
2,3,5-triméthylhexane	co, g	1,2,4-xylénol	co
2,4,4-triméthylhexane	g	1,3,4-xylénol	co
3,4,4-triméthyl-2-hexène	g	1,3,5-xylénol	co
2,3,4-triméthyl-8-isopropylquinoline	co		
1,2,5-triméthyl-naphtalène	co		
1,2,6-triméthyl-naphtalène	co		
1,2,7-triméthyl-naphtalène	co		
1,2,8-triméthyl-naphtalène	co		
1,3,5-triméthyl-naphtalène	co		
1,3,7-triméthyl-naphtalène	co		
1,3,8-triméthyl-naphtalène	co		
1,6,7-triméthyl-naphtalène	co		
2,3,6-triméthyl-naphtalène	co		
2,2,3-triméthylpentane	g, hog, ug		
2,2,4-triméthylpentane	co, g, hog, ug		
2,2,5-triméthylpentane	g, hog, ug		
2,3,3-triméthylpentane	co, g, hog, ug		
2,3,4-triméthylpentane	co, g, hog, ug		
2,3,6-triméthylphénol	fo		
2,4,6-triméthylphénol	fo		
2,4,4-triméthyl-1-pentène	g		
2,4,4-triméthyl-2-pentène	g		
1,2,8-triméthylphénanthrène	co		

a : co = pétrole brut
fo = huile à chauffage
g = essence
hog = essence à indice d'octane élevé
ug = essence sans plomb
K = kérosène

12. Dragun, 1988

ANNEXE B

TABLEAU B-1
CONCENTRATIONS DES COMPOSÉS MAJEURS
DE L'ESSENCE SANS PLOMB³⁴

Constituants	Concentration* g/L
MTBE (méthyl terbutyl éther)**	<0,1 à 50,9
cyclohexane	1,1 à 2,5
isooctane	26,6 à 64,5
benzène	9,4 à 28,7
toluène	36,8 à 68,2
éthyl benzène	10,4 à 17,5
xylènes	58,9 à 78,4
naphtalène	2,8 à 8,7

* Valeurs représentatives de la composition de 6 mélanges différents (Amherst, Massachusetts)

** Additif permettant d'augmenter l'indice d'octane

TABLEAU B-2

CLASSES DE COMPOSÉS PRINCIPALEMENT DÉTECTÉS
DANS UN MÉLANGE DE MAZOUT DOMESTIQUE OU DE DIESEL¹⁴

Classes de composés	Poids (%)
Composés saturés	
. alcanes	30,4
. cycloalcanes	17,5
. polynaphtènes	14,0
Oléfines	0
Aromatiques	
. benzène	10,3
. indane/tétraline	7,3
. binaphtyl benzène	4,6
. naphthalène	5,9
. acénaphthène	3,8
. acénaphthylène	5,4
. benzothiophène	0,9

TABLEAU B-3

**CONSTITUANTS TYPES D'UN MÉLANGE
DE MAZOUT DOMESTIQUE OU DE DIESEL¹⁴**

Aliphatiques (alcanes) :	
undécane	(C ₁₁)
dodécane	(C ₁₂)
tridécane	(C ₁₃)
tétradécane	(C ₁₄)
pentadécane	(C ₁₅)
hexadécane	(C ₁₆)
heptadécane	(C ₁₇)
octadécane	(C ₁₈)
nonadécane	(C ₁₉)
eicosane	(C ₂₀)
heneicosane	(C ₂₁)
docosane	(C ₂₂)
tricosane	(C ₂₃)
tétracosane	(C ₂₄)
pentacosane	(C ₂₅)
hexacosane	(C ₂₆)
heptacosane	(C ₂₇)
triméthyl - 2,6,10	dodécane
tétraméthyl - 2,6,10,14	pentadécane
tétraméthyl - 2,6,10,14	hexadécane
Cycloalcanes, alcènes et cycloalcènes :	
identification individuelle non obtenue	
Aromatiques :	
benzène (pas dans tous les mélanges)	
toluène	
(m + p + o) xylènes	
éthyl benzène	
Aromatiques polycycliques :	
naphtalène	chrysène
naphtalènes méthylés	benzo(a)pyrène
phénanthrène	benzoanthracène
pyrène	quinoline
fluoranthène	crésol
triphénylène	phénol

TABLEAU B-4

**CONCENTRATIONS TYPES DE DIVERS CONTAMINANTS DANS L'ESSENCE,
LE MAZOUT DOMESTIQUE, LE DIESEL, LE PÉTROLE BRUT, L'HUILE À MOTEUR FRAÎCHE ET USÉE ET LES RÉSIDUS DE RAFFINAGE**

	Essence fraîche ppm	Essence vieillie "aged" ppm	Kérosène ppm	Mazout domestique ou diesel ppm	"Coal tar" (résidus pétroliers) ppm	Pétrole brut %	Huile à moteur fraîche ppm	Huile à moteur usée ppm
HAM total · Benzène · Toluène · Éthylbenzène · Xylènes	40 000 à 330 000 ² 10 000 à 40 000 ²				0,1 ¹ *1 *1 *1	0,14 à 0,24 ³ 0,33 à 0,54 ³ 0,10 à 0,16 ³ 0,59 à 0,83 ³		
Composés phénoliques · Phéno1 · Méthylphéno1 · Créso1	8 à 64 ²			*4 *4	*1 *1			
HAP total · Fluorène · Phénanthrène + phénanthrènes méthylés · Anthracène · Benzo(e)pyrène · Benzo(a)pyrène · Fluoranthène · Pyrène · Benzo(a)fluorène · Benzo (b,j,k) fluoranthène · Naphtalène + naphtalènes méthylés · Acénaphthylène · Benzo(a)anthracène · Dibenzofurannes · Fluorène + fluorènes méthylés · Biphényles + biphényles méthylés · Pérylène · Dibenzo(a,j)anthracène · Indéno(1,2,3,c,d)pyrène · Dibenzo(a,h)anthracène · Benzo(g,h,i)pérylène · Dibenzofluoranthène + dibenzo(a,e)pyrène · Chrysène · Autres HAP	0,44 ⁵ 6,5 ⁵	0,1 ⁵ 6,7 ⁵ 3,1 ⁵	0,088 ⁵ 0,027 ⁵ 1,16 ⁵ 0,12 ⁵	0,58 ⁵ 2,6 ⁵ 0,001 à 0,6 ⁴ 0,79 ⁵ *4	1 000 ¹ 15 ¹ 100 ¹ 70 ¹ 30 ¹ 40 ¹ 70 ¹ 100 ¹ 40 ¹ 70 ¹ 100 ¹ 5 ¹ 0,7 ¹ 20 ¹ 5 ¹ 7 ¹ 8 ¹ 35 ¹ 15 ¹ 30 ¹ 30 ¹ 210 ¹	*3 *3 *3 *3 *3 *3 *3 *3 *3 *3	0,23 ⁵ 1,0 ⁵ 0,049 ⁵ 0,31 ⁵ 0,014 ⁵	
Métaux · Fer · Plomb · Cuivre · Zinc	(présent si essence avec plomb)				*1 *1 *1 *1			

	Essence fraîche <hr/> ppm	Essence vieille "aged" <hr/> ppm	Kérosène <hr/> ppm	Mazout domestique ou diesel <hr/> ppm	"Coal tar" (résidus pétroliers) <hr/> ppm	Pétrole brut <hr/> %	Huile à moteur fraîche <hr/> ppm	Huile à moteur usée <hr/> ppm
<u>Huiles et graisses minérales</u>						47 à 99 ³		
<u>Produits pétroliers</u> (IPP par chromato.)						44 à 48 ³		
<u>Aliphatiques</u> (C _n H _{2n+2})	600 000 à 800 000 ²							
<u>Oléfines</u> (C _n H _{2n})	130 000 à 640 000 ²							
<u>Autres substances</u>								
. Soufre	*							
. Tétraéthyl de plomb	~ 800 ²							
. Tétraphényl de plomb								
. Carbonyle de fer								
. N,N ₁ di-secondary-butyl-phénylène diamine	8 - 64 ²							
. N,N ₁ -disalicylidene-1 amino-2 propane	4 - 12 ²							
. N,N ₁ -disalicylidene-1 diamin-2 oethane								
. Amines organiques								
. Sulfate d'ammonium	10 - 50 ²							
. Phosphates organiques								
. Isopropanol	5 000 à 10 000 ²							
. Diméthyl foramide								
. Tricrésyl phosphate								
. Chloro-thiono-phosphate	100 à 200 ²							
. Tri-n-butyl phosphate								
. Distillats naphténiques légers	500 ²							
. Azobenzène-4, azo-2 naphтол méthylés								
. 1,4 dialkylamine anthraquinone benzène-azo-2-naphтол méthylés	5							
. Quinoline								
. Nitrosodiphénylamine								
. Essence						23 à 29 ³		
. Diesel						9 à 14 ³		
. C ₂₀ - C ₃₀						8 à 15 ³		

* Présence notée mais non quantifiée

1. Mohammadi, S.M. Pollution Engineering. Septembre 1992. pp. 40-43

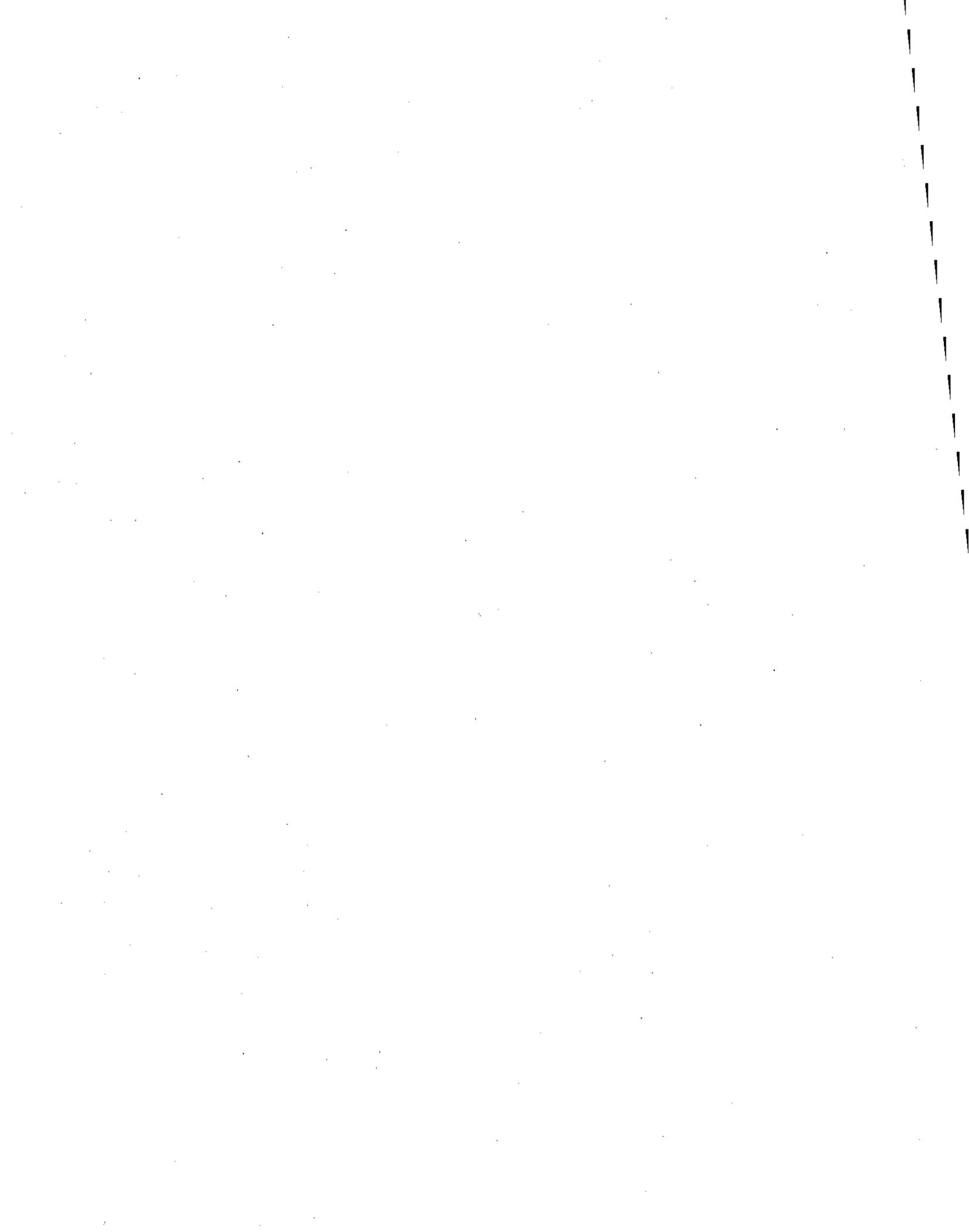
2. Wellington Environmental Consultants incorporated / Health and Welfare Canada. Gasoline and its organic constituents

3. Principals and Practices for Petroleum Contaminated Soils. (1993) Chapitre 3. Lewis Publishers

4. Mineaut, J. (1992). Élaboration d'un critère d'intervention sur des sols contaminés par des produits pétroliers. Avis technique du Service d'analyse du risque, MENVIQ

5. Lee III, W.E., Houchin, C.A. et Albergo, N. (1993) TRPH discrimination of petroleum and nonpetroleum organic materials

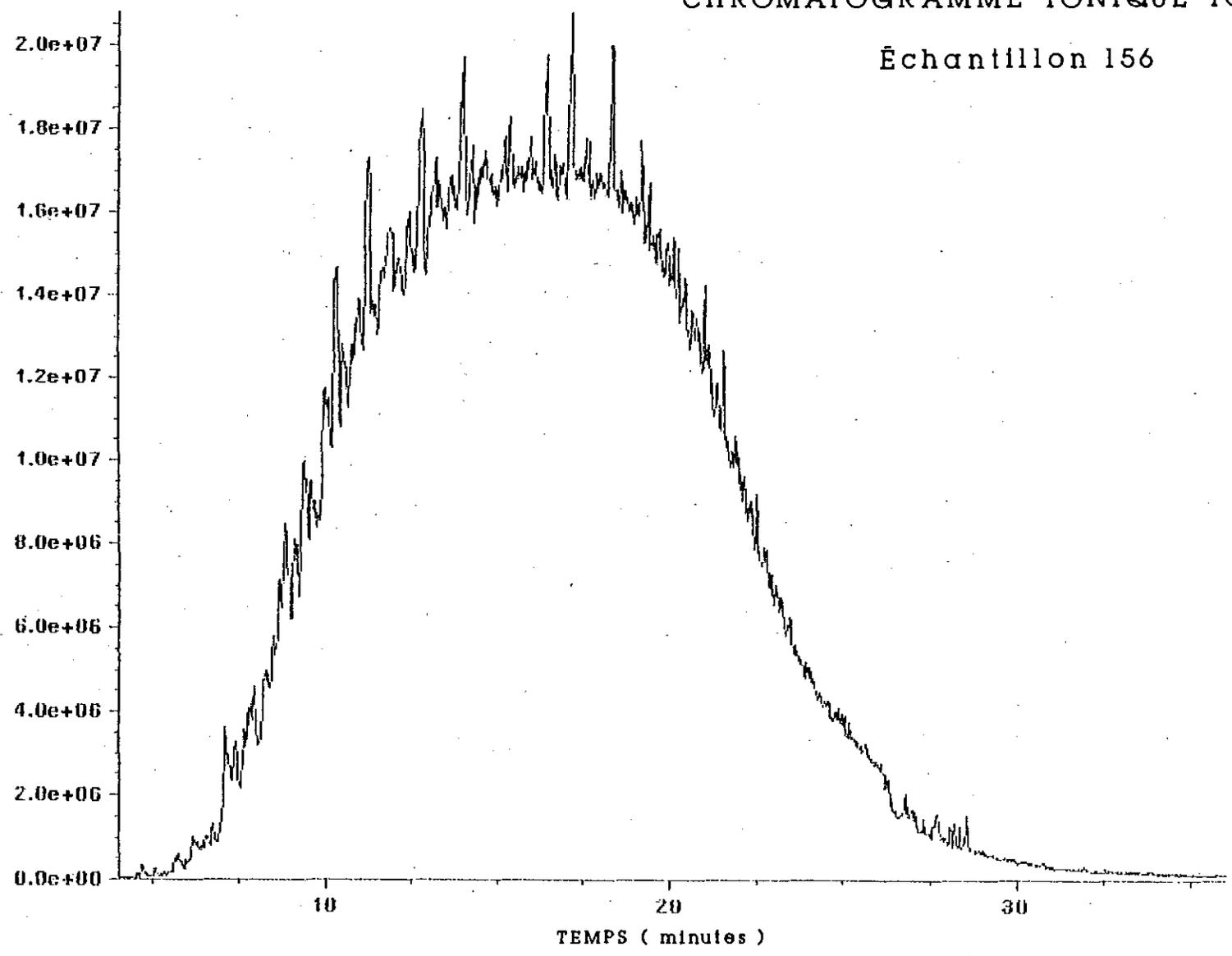
ANNEXE C



ABONDANCE

CHROMATOGRAMME IONIQUE TOTAL

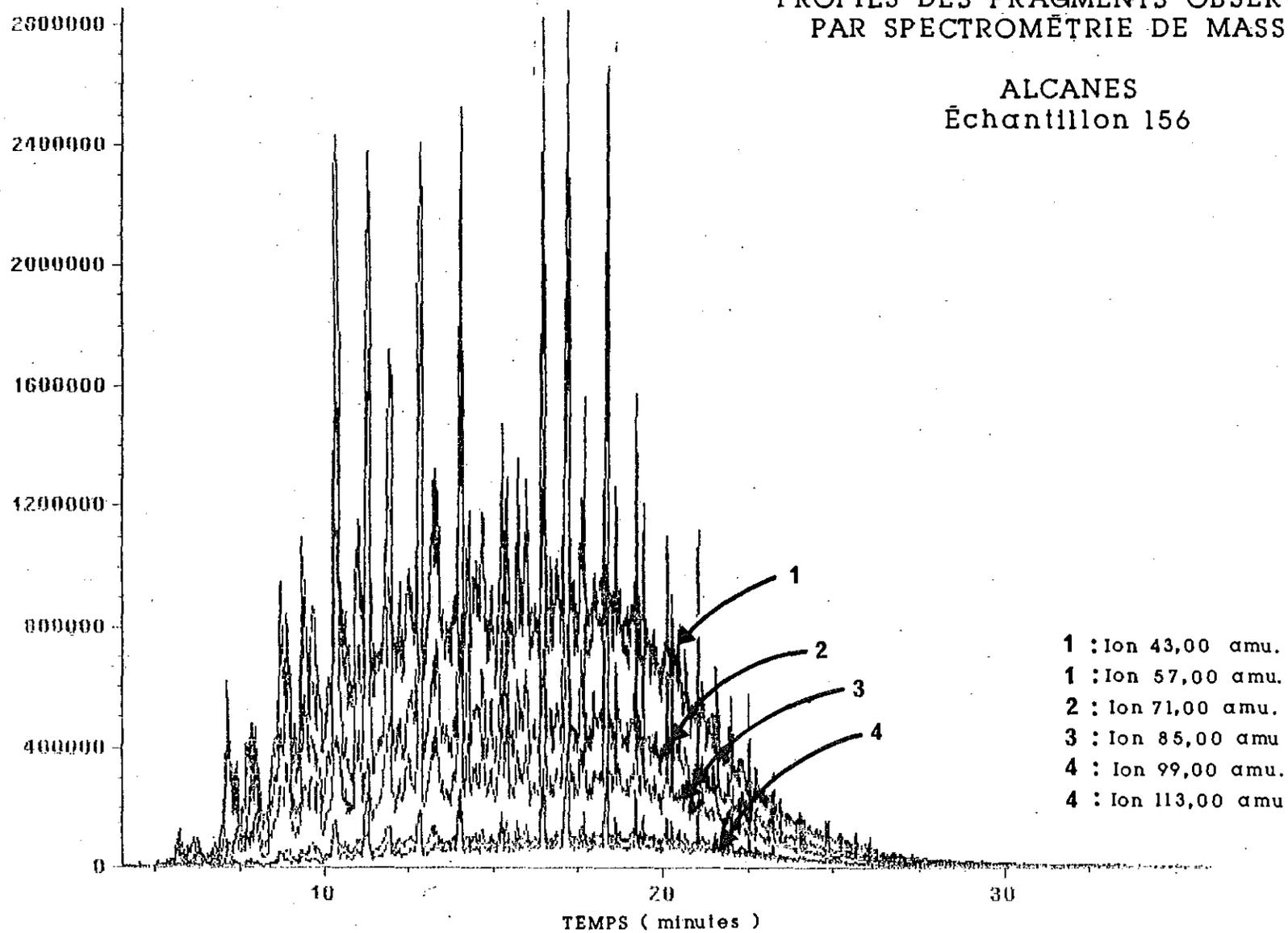
Échantillon 156



ABONDANCE

PROFILS DES FRAGMENTS OBSERVÉS
PAR SPECTROMÉTRIE DE MASSE

ALCANES
Échantillon 156



ABONDANCE

1800000

1600000

1400000

1200000

1000000

800000

600000

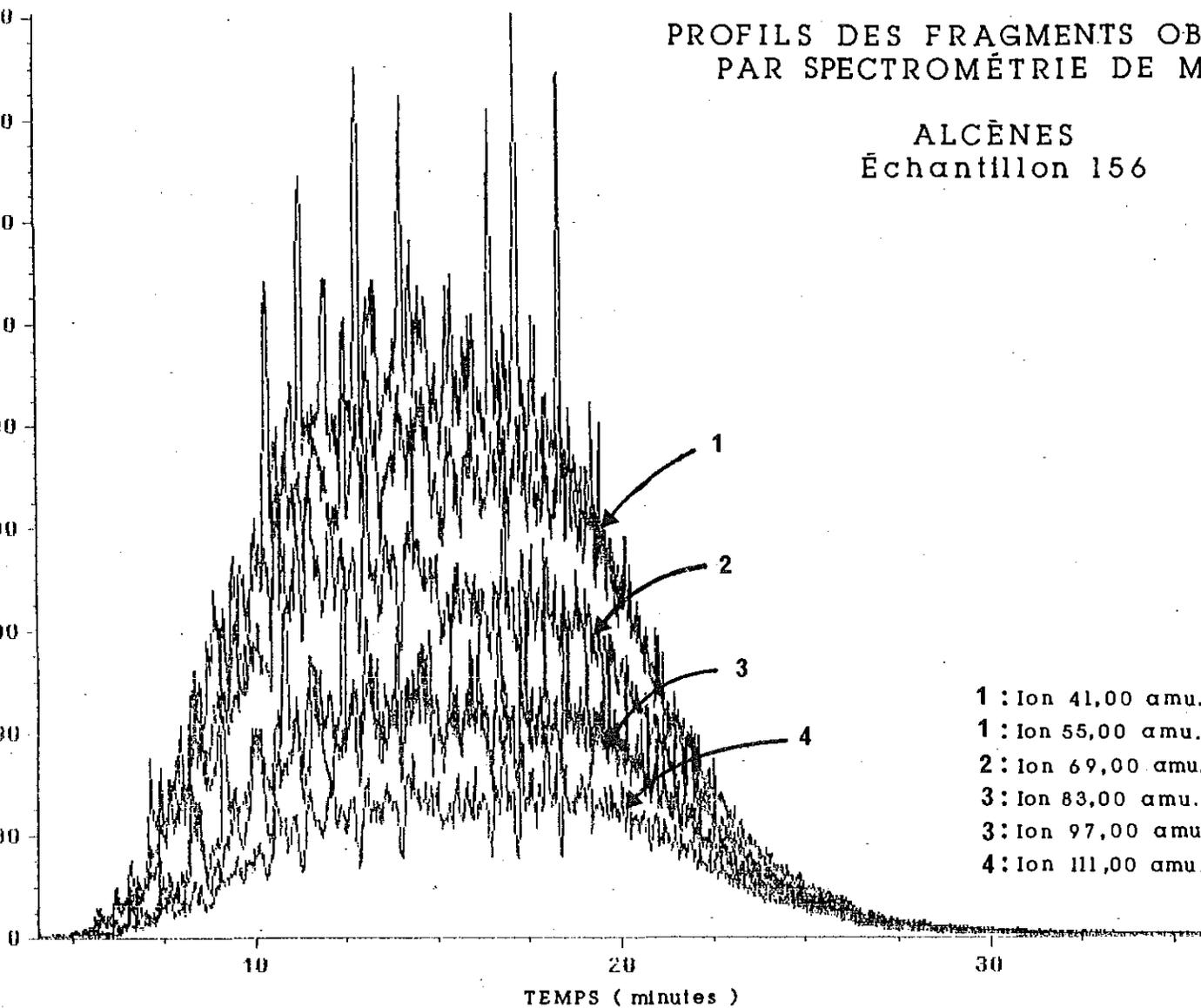
400000

200000

0

PROFILS DES FRAGMENTS OBSERVÉS
PAR SPECTROMÉTRIE DE MASSE

ALCÈNES
Échantillon 156

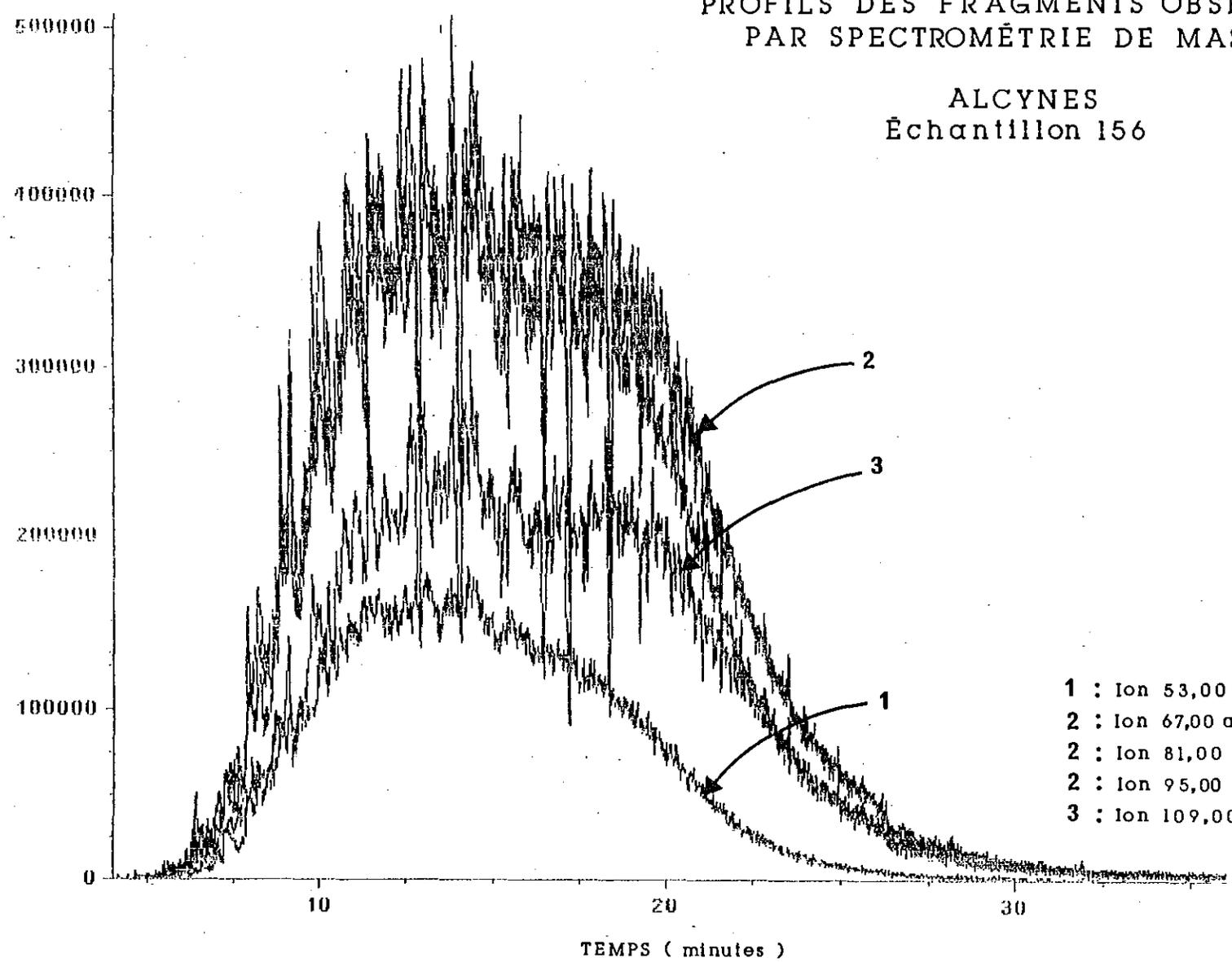


- 1 : Ion 41,00 amu.
- 1 : Ion 55,00 amu.
- 2 : Ion 69,00 amu.
- 3 : Ion 83,00 amu.
- 3 : Ion 97,00 amu.
- 4 : Ion 111,00 amu.

ABONDANCE

PROFILS DES FRAGMENTS OBSERVÉS
PAR SPECTROMÉTRIE DE MASSE

ALCYNES
Échantillon 156

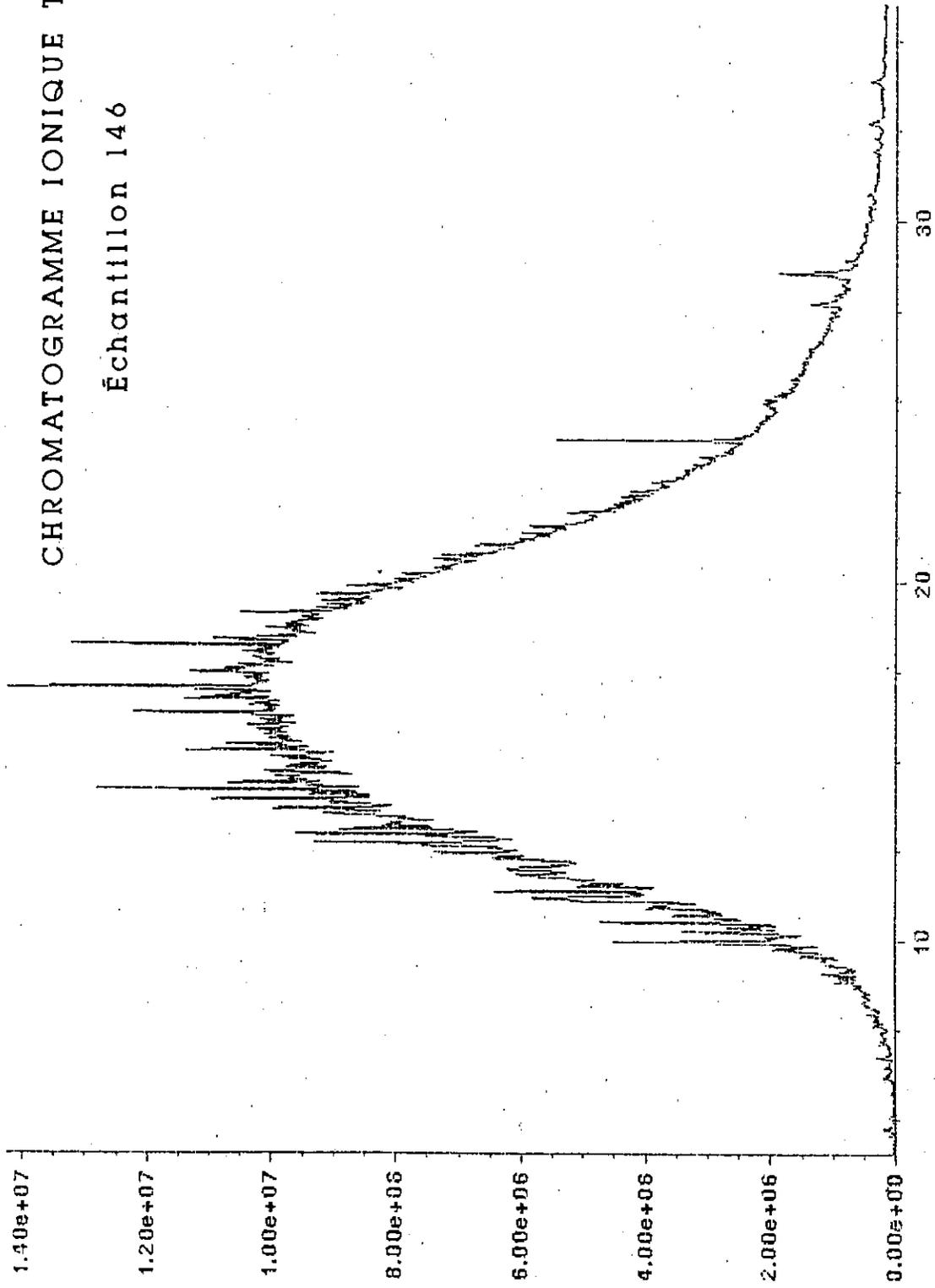


- 1 : Ion 53,00 amu.
- 2 : Ion 67,00 amu.
- 2 : Ion 81,00 amu.
- 2 : Ion 95,00 amu.
- 3 : Ion 109,00 amu.

CHROMATOGRAMME IONIQUE TOTAL

Échantillon 146

ABONDANCE



Abondance

PROFILS DES FRAGMENTS OBSERVÉS
PAR SPECTROMÉTRIE DE MASSE

ALCANES
Échantillon 146

1400000

1200000

1000000

800000

600000

400000

200000

0

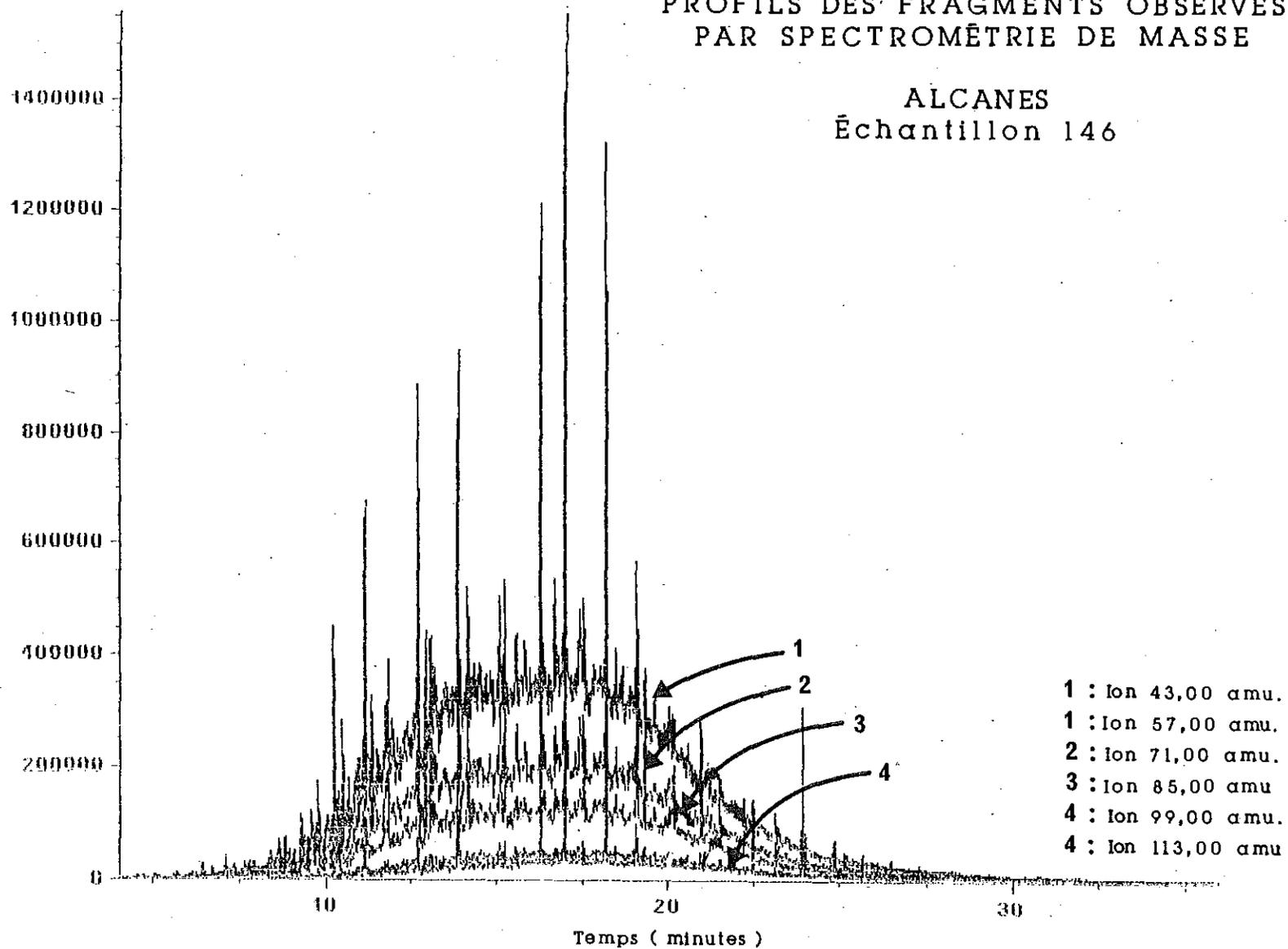
10

20

30

Temps (minutes)

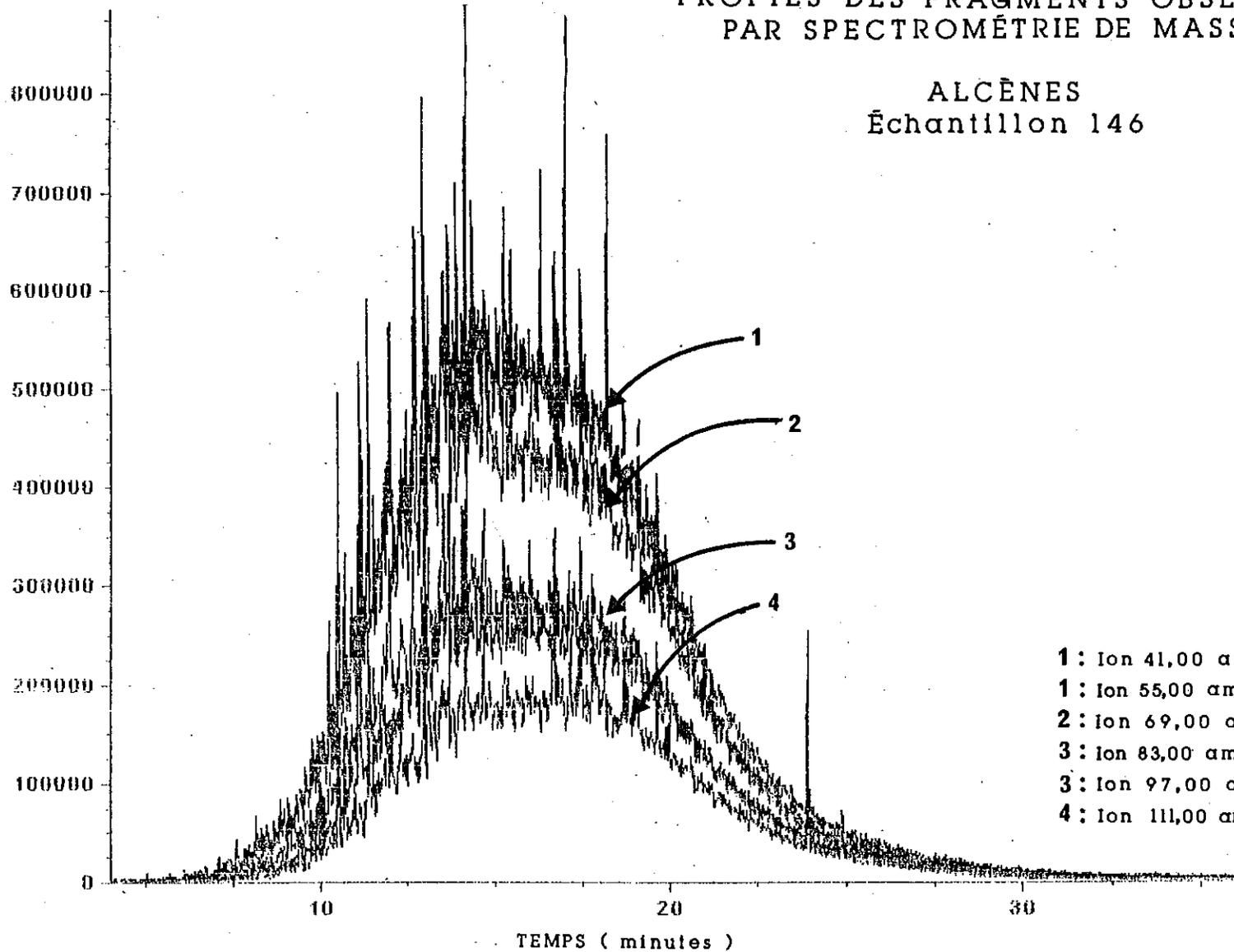
- 1 : Ion 43,00 amu.
- 1 : Ion 57,00 amu.
- 2 : Ion 71,00 amu.
- 3 : Ion 85,00 amu.
- 4 : Ion 99,00 amu.
- 4 : Ion 113,00 amu.



ABONDANCE

PROFILS DES FRAGMENTS OBSERVÉS
PAR SPECTROMÉTRIE DE MASSE

ALCÈNES
Échantillon 146



ABONDANCE

500000

400000

300000

200000

100000

0

10

20

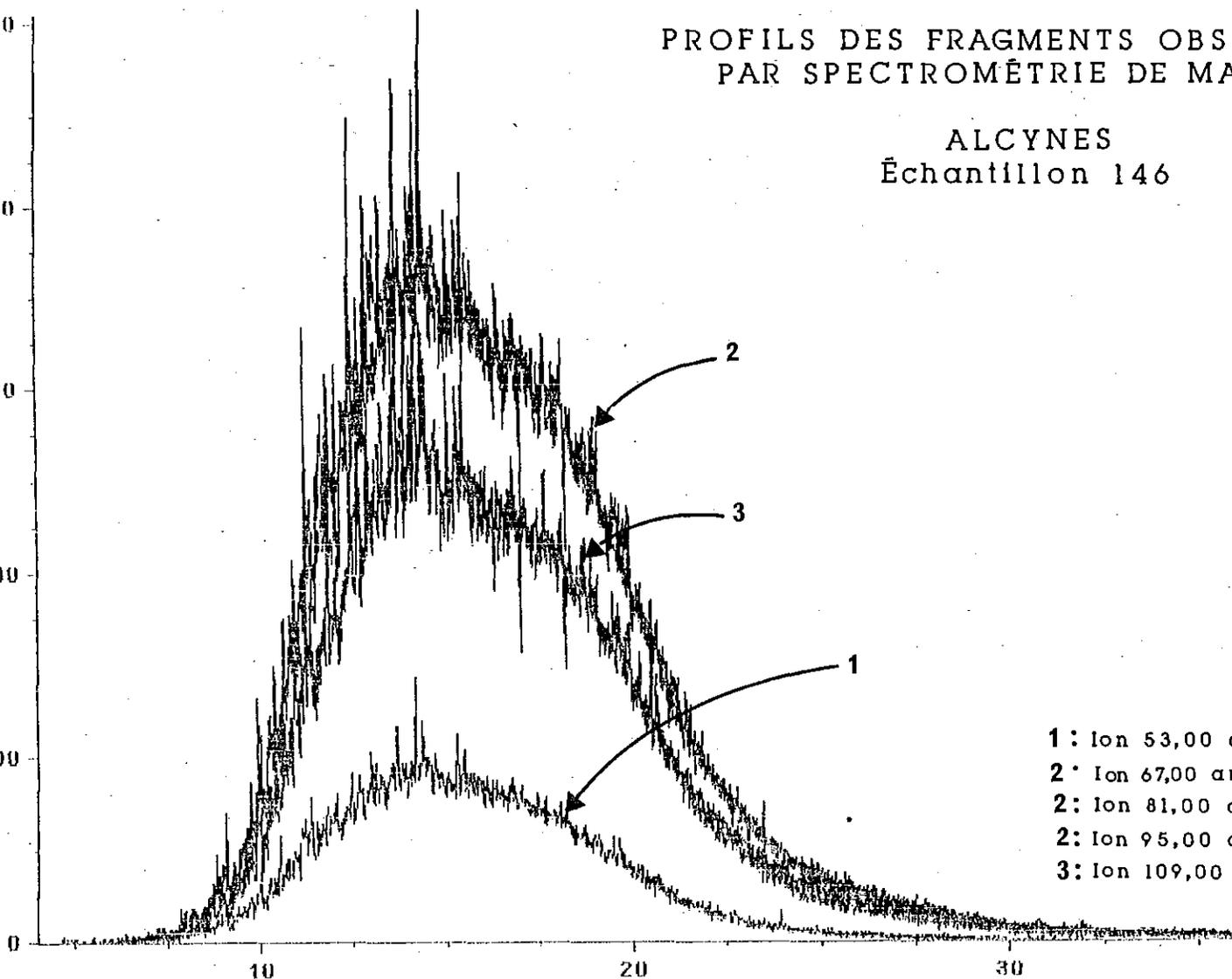
30

TEMPS (minutes)

PROFILS DES FRAGMENTS OBSERVÉS
PAR SPECTROMÉTRIE DE MASSE

ALCYNES
Échantillon 146

1 : Ion 53,00 amu.
2 : Ion 67,00 amu.
2 : Ion 81,00 amu.
2 : Ion 95,00 amu.
3 : Ion 109,00 amu.



ANNEXE D

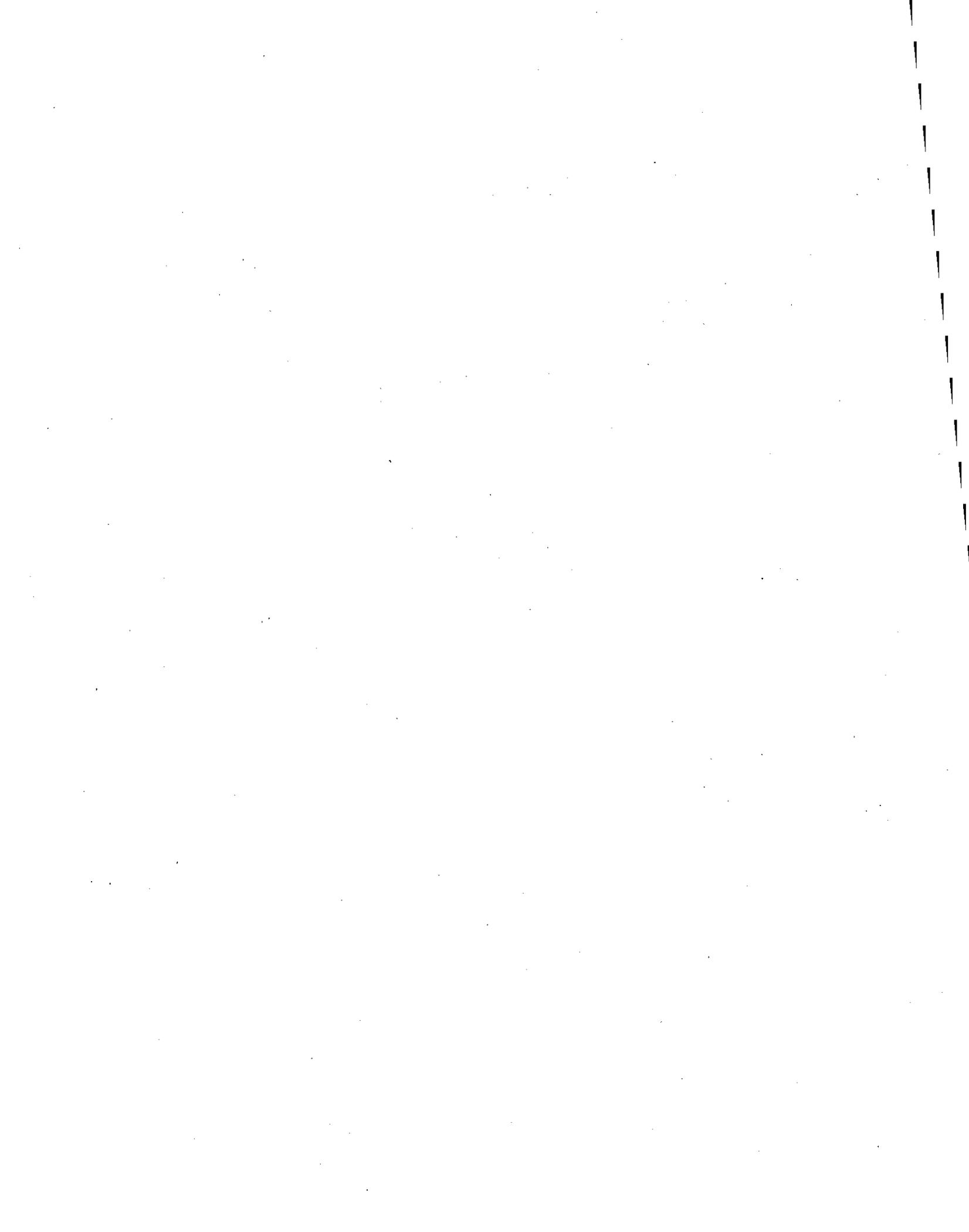


TABLEAU D-1

**GESTION DE SOLS CONTAMINÉS
VALEURS SEUILS POUR L'INTERVENTION
ET/OU
OBJECTIFS DE DÉCONTAMINATION**

ÉTATS, PAYS OU PROVINCES	CRITÈRES
Alabama (01-18-90)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH < 100 ppm
Alaska (02-05-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Diesel 100 ppm mesurés par TPH . Benzène 0,5 ppm . Toluène 2 ppm . Éthylbenzène 0,7 ppm . Xylènes 100 ppm
Arizona* (05-01-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH 100 ppm . Benzène 130 ppb . Toluène 200 ppm . Éthylbenzène 68 ppm . Xylènes 44 ppm
Arkansas (07-26-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère préétabli . Cas par cas
Californie (01-13-90)	<ul style="list-style-type: none"> . (Luft Field Manual) . TPH 10 à 1 000 ppm pour l'essence . Benzène 0,3 à 1 ppm . Toluène 0,3 à 50 ppm . Xylènes 1 à 50 ppm . Éthylbenzène 1 à 50 ppm . Si TPH > 1 000 ppm, alors le sol est classifié "dangereux" et le "Luft Field Manual" ne s'applique pas
Colorado (02-07-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Cas par cas ("site specific") . L'objectif de décontamination est souvent la limite de détection ou un niveau qui permet la protection de la nappe souterraine
Connecticut (01-09-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Cas par cas ("site specific") . L'objectif de décontamination est souvent la limite de détection ou un niveau qui permet la protection de la nappe souterraine
Delaware (07-10-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère
Floride (09-18-89)	<ul style="list-style-type: none"> . "Organic vapor analysis - FID" considéré comme très contaminé, nécessite une intervention (l'équivalent d'un critère C) . 10 < TPH < 500 ppm : peut nécessiter une intervention . TPH < 10 ppm : considéré propre . Diesel ou kérosène : TPH > 50 ppm (OVA-FID) nécessite une intervention
Hawaï (01-09-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère

ÉTATS, PAYS OU PROVINCES	CRITÈRES
Illinois (01-11-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Benzène : 0,025 ppm . BTE (somme) : 16,025 ppm . Lorsque la nappe d'eau est susceptible d'être menacée, une analyse cas par cas est réalisée
Indiana (11-15-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Cas par cas . Pas de critère préétabli mais l'État considère l'utilisation d'une valeur de 100 ppm en TPH
Iowa (02-05-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Vapeur : < 10 ppm (dépistage) . TPH > 100 ppm : nécessite une intervention
Kansas (11-06-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Benzène : 1,4 ppm . Dichloro-1, 2 éthane : 8 ppm (paramètre indicateur d'une contamination par de l'essence) . "TPH" > 100 ppm où "TPH" est considéré comme la somme des BTEX et du méthyl tert-butyl éther
Kentucky (06-20-89)	<ul style="list-style-type: none"> . La limite de détection ou le bruit de fond . Paramètres investigués : BTEX, HAP, THP
Maine* (02-15-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère . Cas par cas
Maryland (02-15-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Bruit de fond
Massachusetts (02-06-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Le sol est un déchet dangereux si : volatils > 1 800 ppm (exprimés en benzène) et TPH > 300 ppm . Objectifs de décontamination : 100 ppm TPH ou 10 ppm benzène
Michigan* (01-29-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Bruit de fond . Les objectifs de décontamination peuvent être établis suite à une analyse de risque
Minnesota (12-12-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH < 1 ppm ou bruit de fond
Mississippi (02-26-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Essence : BTEX > 100 ppm . TPH > 100 ppm
Nevada (08-25-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 100 ppm
New Hampshire (09-12-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 100 ppm . BTEX > 1 ppm
New Jersey (09-11-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Le sol est un déchet dangereux lorsque TPH > 3 % . Il est considéré contaminé si TPH > 100 ppm, volatils > 1 ppm et non volatils > 10 ppm
Nouveau-Mexique (02-09-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Somme contaminants organiques (par GC-PID ou GC-FID) > 100 ppm, benzène > 10 ppm, TPH > 100 ppm
New York (02-01-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Critères en développement
Caroline du Nord (09-18-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Bruit de fond ou limite de détection
North Dakota (08-01-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère . Cas par cas

ÉTATS, PAYS OU PROVINCES	CRITÈRES
Ohio (08-18-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère . Cas par cas
Oklahoma (08-29-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 500 ppm . BTEX > 10 ppm
Oregon* (08-18-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH de 40 à 130 ppm pour l'essence . TPH de 100 à 1 000 ppm pour le diesel
Pennsylvania (07-27-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère . Cas par cas
Rhode Island (04-01-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 50 ppm pour usage résidentiel
Caroline du Sud (09-21-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère . Cas par cas
Tennessee (12-08-89)	<ul style="list-style-type: none"> . BTEX : 100 à 500 ppm . TPH : 100 à 1 000 ppm en fonction de la proximité de la nappe d'eau
Texas (08-29-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 100 ppm et BTEX < 30 ppm si la nappe d'eau n'est pas menacée . Dans le cas contraire : cas par cas
Utah (03-18-89)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère . Cas par cas
Vermont (04-15-90)	<ul style="list-style-type: none"> . Volatils > 20 ppm (GC-PID) . Objectifs de décontamination : cas par cas
Virginie (12-12-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 100 ppm
Washington (01-20-90)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 100 ppm pour l'essence . TPH > 200 ppm pour le diesel . BTEX > 100 fois les normes pour l'eau potable après étude par modélisation de la migration des contaminants issus des sols
Wisconsin (02-05-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 10 ppm
Wyoming (06-19-89)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 10 ppm si la nappe d'eau est à moins de 50 pieds en profondeur . Dans le cas contraire : TPH > 100 ppm
Pays-Bas	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 5 000 ppm (usage industriel) . TPH > 1 000 ppm (usage résidentiel)
Québec (1993)	<ul style="list-style-type: none"> . TPH > 5 000 ppm (usage industriel) . TPH > 1 000 ppm (usage résidentiel) . Objectifs de décontamination en fonction de l'usage . Critères en réévaluation
Ontario (1993)	<ul style="list-style-type: none"> . Critères préétablis pour les BTEX et les TPH . TPH pour C_{>25-30} : huiles et graisses minérales par IR . TPH pour C₁₀ à C₂₅₋₃₀ : GC-FID (IPP)
Canada (CCME) (Mai 1993)	<ul style="list-style-type: none"> . Pas de critère

N.B. : Les informations liées aux États américains sont issues du texte de Bell, Kostecki et Calabrese, 1991.

* La littérature mentionne que les critères auraient une base de protection de la santé, mais l'argumentation n'est pas présentée.

ANNEXE E

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.diesel Independent variable: HUILES.gd_id

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	3483.68	971.336	3.58649	.00149
Slope	0.649325	0.0252591	25.7065	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	8.9563E0009	1	8.9563E0009	6.608E0002	.00000
Error	3.2528E0008	24	1.3553E0007		
Total (Corr.)	9.2816E0009	25			

Correlation Coefficient = 0.982321 R-squared = 96.50 percent
 Std. Error of Est. = 3681.47

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.paraf Independent variable: HUILES.gd_id

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	3851.8	1069.11	3.6028	.00143
Slope	0.714279	0.0278018	25.6918	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.0838E0010	1	1.0838E0010	6.601E0002	.00000
Error	3.9406E0008	24	1.6419E0007		
Total (Corr.)	1.1232E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.982301 R-squared = 96.49 percent
 Std. Error of Est. = 4052.05

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.h10w30 Independent variable: HUILES.gd_id

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	4307.47	1154.65	3.73052	.00104
Slope	0.768175	0.0300263	25.5834	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.2535E0010	1	1.2535E0010	6.545E0002	.00000
Error	4.5964E0008	24	1.9152E0007		
Total (Corr.)	1.2995E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.982155 R-squared = 96.46 percent
 Std. Error of Est. = 4376.27

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.isoct Independent variable: HUILES.gd_id

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	5590.57	1487.12	3.75931	.00097
Slope	0.988256	0.038672	25.5548	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	2.0746E0010	1	2.0746E0010	6.530E0002	.00000
Error	7.6245E0008	24	3.1769E0007		
Total (Corr.)	2.1509E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.982116 R-squared = 96.46 percent
 Std. Error of Est. = 5636.36

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.benz_iso Independent variable: HUILES.gd_id

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	5497.23	1448.68	3.79464	.00088
Slope	0.942396	0.0376724	25.0156	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.8866E0010	1	1.8866E0010	6.258E0002	.00000
Error	7.2354E0008	24	3.0147E0007		
Total (Corr.)	1.9589E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.981358 R-squared = 96.31 percent
 Std. Error of Est. = 5490.67

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.gasoil Independent variable: HUILES.gd_id

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	4264.75	1328.82	3.20943	.00375
Slope	0.836932	0.0345553	24.2201	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.4879E0010	1	1.4879E0010	5.866E0002	.00000
Error	6.0876E0008	24	2.5365E0007		
Total (Corr.)	1.5488E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.980151 R-squared = 96.07 percent
 Std. Error of Est. = 5036.37

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.diesel Independent variable: HUILES.paraf

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-17.4329	3.41357	-5.10694	.00003
Slope	0.909045	1.12177E-4	8103.68	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	9.2816E0009	1	9.2816E0009	6.567E0007	.00000
Error	3392.0917	24	141.3372		
Total (Corr.)	9.2816E0009	25			

Correlation Coefficient = 1 R-squared = 100.00 percent
 Stnd. Error of Est. = 11.8885

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.h10w30 Independent variable: HUILES.paraf

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	161.753	32.396	4.99301	.00004
Slope	1.0756	1.0646E-3	1010.34	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.2994E0010	1	1.2994E0010	1.021E0006	.00000
Error	305514.60	24	12729.77		
Total (Corr.)	1.2995E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.999988 R-squared = 100.00 percent
 Stnd. Error of Est. = 112.826

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.isooct Independent variable: HUILES.paraf

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	256.069	50.8835	5.03246	.00004
Slope	1.38381	1.67213E-3	827.571	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	2.1508E0010	1	2.1508E0010	6.849E0005	.00000
Error	753708.60	24	31404.53		
Total (Corr.)	2.1509E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.999982 R-squared = 100.00 percent
 Stnd. Error of Est. = 177.213

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: HUILES.benz_iso Independent variable: HUILES.paraf

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	390.031	115.495	3.37703	.00249
Slope	1.3205	3.7954E-3	347.922	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.9585E0010	1	1.9585E0010	1.210E0005	.00000
Error	3883093.2	24	161795.5		
Total (Corr.)	1.9589E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.999901 R-squared = 99.98 percent
 Stnd. Error of Est. = 402.238

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

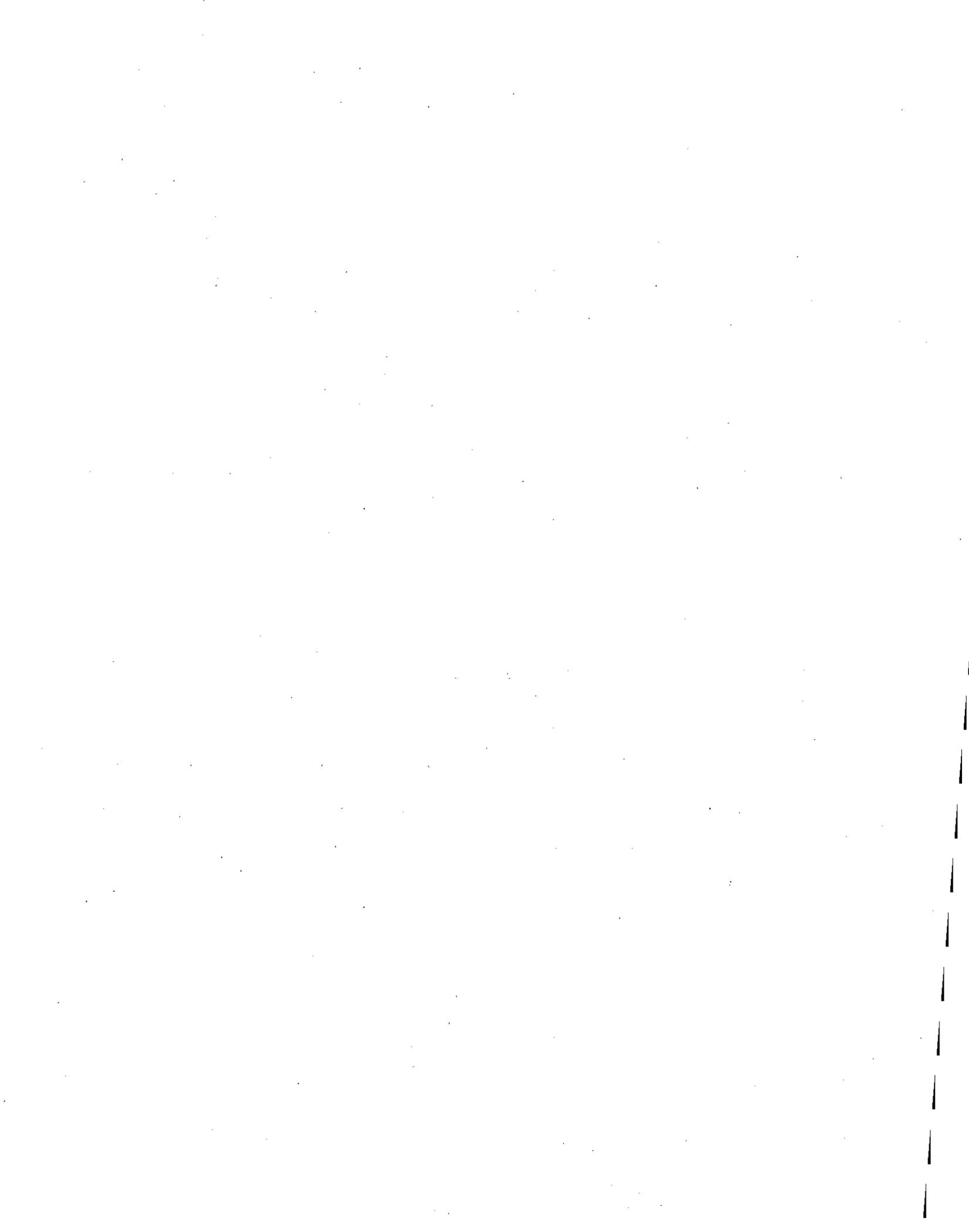
Dependent variable: HUILES.gasoil Independent variable: HUILES.paraf

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-258.518	437.969	-0.590265	.56053
Slope	1.17217	0.0143925	81.4428	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.5432E0010	1	1.5432E0010	6.633E0003	.00000
Error	55838839	24	2326618		
Total (Corr.)	1.5488E0010	25			

Correlation Coefficient = 0.998196 R-squared = 99.64 percent
 Stnd. Error of Est. = 1525.33



Document en révision

Veillez noter que ce document est en révision pour prendre en compte notamment le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles ainsi que les lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique et d'asphalte issus des travaux de construction et de démolition et des résidus du secteur de la pierre de taille en plus des nouvelles orientations en matière de gestion des matières résiduelles.

Révision de la numérotation des règlements

Veillez prendre note qu'un ou plusieurs numéros de règlements apparaissant dans ces pages ont été modifiés depuis la publication du présent document. En effet, à la suite de l'adoption de la Loi sur le Recueil des lois et des règlements du Québec (L.R.Q., c. R-2.2.0.0.2), le ministère de la Justice a entrepris, le 1^{er} janvier 2010, une révision de la numérotation de certains règlements, dont ceux liés à la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2).

Pour avoir de plus amples renseignements au sujet de cette révision, visitez le http://www.mddep.gouv.qc.ca/publications/lois_reglem.htm.

GUIDE DE BONNES PRATIQUES POUR LA GESTION DES MATÉRIAUX DE DÉMANTÈLEMENT



Août 2002

*Développement durable,
Environnement
et Parcs*

Québec 

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2002. *Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques du secteur industriel, Secteur des lieux contaminés, ISBN 2-551-19609-4, 74 pages.

ISBN 2-551-19609-4
© Gouvernement du Québec, 2002

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Conception

Hugues Ouellette
Service des lieux contaminés

Johanne Laberge
Service des lieux contaminés

Pierre Aubé
Service des lieux contaminés

Rédaction :

Hugues Ouellette
Service des lieux contaminés

Johanne Laberge
Service des lieux contaminés

Collaboration :

Ginette Courtois
Service des lieux contaminés

Suzanne Burelle
Service des lieux contaminés

René Binette
Service des lieux contaminés

Mireille Blouin
Centre d'expertise en analyse environnementale du
Québec

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	3
2. CLASSIFICATION ET IDENTIFICATION DES MATÉRIAUX.....	5
3. PROCÉDURE À SUIVRE POUR LA GESTION DES MATÉRIAUX.....	8
3.1 Étape I : Phase exploratoire.....	10
3.1.1 Collecte des informations disponibles	10
3.1.2 Visite du terrain	11
3.1.3 Historique du terrain	12
3.1.4 Arpentage et nivellement	12
3.1.5 Localisation des structures et équipements souterrains	12
3.1.6 Évaluation de la stabilité des bâtiments et des structures.....	13
3.1.7 Santé et sécurité	13
3.2 Étape II : Inventaire	13
3.2.1 Inventaire général	14
3.2.2 Inventaire détaillé	14
3.2.2.1 Maillage et codification	14
3.2.2.2 Informations à répertorier	15
3.2.2.3 Compilation des données d'inventaire	16
3.3 Étape III : Caractérisation	17
3.3.1 Patron d'échantillonnage.....	18
3.3.2 Méthodes de prélèvement des échantillons	19
3.3.2.1 Matières résiduelles.....	19
3.3.2.2 Matériaux de démantèlement (classes 1 à 4)	19
3.3.2.3 Matériaux granulaires naturels.....	20
3.3.3 Méthodes de préparation des échantillons et d'analyses chimiques	21
3.3.3.1 Matières résiduelles.....	21
3.3.3.2 Matériaux de démantèlement (classes 1 à 4)	22
3.3.3.3 Matériaux granulaires naturels.....	22
3.3.4 Critères ou normes applicables aux matériaux de démantèlement et aux granulats naturels.....	24
3.3.5 Valorisation du béton concassé	31
3.3.6 Valorisation d'autres matières résiduelles	41

3.4	Étape IV: Démantèlement et gestion des matériaux	41
3.4.1	Démantèlement	42
3.4.2	Stratégie de gestion	43
3.4.3	Traitement des matériaux	46
3.4.4	Réduction, réemploi, recyclage et valorisation	52
3.4.5	Élimination	53
4.	L'ENCADREMENT LÉGAL.....	60
5.	COMPTE RENDU DES TRAVAUX.....	64
5.1	Phase exploratoire	64
5.2	Inventaire.....	64
5.3	Caractérisation	64
5.4	Démantèlement	65
5.5	Gestion des matériaux	65
5.6	Programme d'assurance qualité.....	65
	RÉFÉRENCES	66
	BIBLIOGRAPHIE.....	68

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Procédure à suivre pour la gestion des matériaux de démantèlement.....	9
Figure 2 : Stratégie générale de gestion des matériaux de démantèlement.....	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Groupes et classes des matériaux	5
Tableau 2 : Résumé de la procédure de caractérisation prévalant pour chaque groupe et classe de matériaux	28
Tableau 3 : Critères pour les métaux, métalloïdes et autres composés inorganiques.....	33
Tableau 4 : Résultats d'analyses de béton concassé.....	37
Tableau 5 : Résumé des principales méthodes de traitement des matériaux	48
Tableau 6 : Modes de gestion des diverses classes de matériaux de démantèlement	55
Tableau 7 : Principaux articles de loi ou règlements qui peuvent s'appliquer aux activités de démantèlement d'un bâtiment ou à la gestion des matériaux de démantèlement	60

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	72
ANNEXE 2.....	76

AVANT-PROPOS

Les opérations de démantèlement sont effectuées le plus souvent à la suite de la cessation d'activités industrielles ou dans le cadre d'un projet de réutilisation d'un terrain contaminé. La bonne gestion des matériaux issus du démantèlement de bâtiments et d'équipements potentiellement contaminés demeure une préoccupation environnementale. C'est d'ailleurs pourquoi elle constitue un des volets inscrits dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹. Le présent guide de bonnes pratiques décrit les interventions qui peuvent être réalisées lors d'un projet de démantèlement de même que les différentes options de gestion des matériaux de démantèlement.

Certains de ces matériaux peuvent avoir les caractéristiques d'une matière dangereuse. Ils doivent être gérés en conséquence. Dans le cas des matériaux potentiellement contaminés qui ne seraient pas assimilés à des matières dangereuses, le niveau de contamination doit tout de même être pris en compte dans une perspective de réemploi, de recyclage ou de valorisation. Le guide fournit un encadrement à cet égard.

Lors du démantèlement de bâtiments potentiellement contaminés, on retrouve souvent des matières résiduelles abandonnées sur place. Le guide ne donnera des indications que pour leur caractérisation. La gestion de ces matières résiduelles est déjà couverte dans des réglementations et dans d'autres guides.

Dans le présent document, la problématique de la gestion des sols contaminés ne sera pas abordée, puisqu'elle est traitée dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹.

De plus, les questions entourant la caractérisation des remblais hétérogènes constitués de mâchefers et d'autres débris mélangés ou non à des sols ne seront pas visées par le guide. Des travaux de recherche portent actuellement sur ces questions et elles sont abordées de façon succincte dans le *Guide de caractérisation des terrains*² publié en avril 1999.

Par ailleurs, le présent document ne traitera pas de la réaffectation de bâtiments à d'autres usages (ex. : transformation d'une usine désaffectée en édifice à logements). Ces questions sont plutôt du ressort du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS).

Des dispositions particulières s'appliquent à l'industrie minière. La *Loi sur les mines* prévoit le dépôt d'un plan de restauration par une personne qui effectue certains travaux miniers

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

d'exploration ou d'exploitation. La forme et le contenu du plan ainsi que les exigences générales en matière de restauration sont listés dans un document intitulé *Guide et modalités de préparation du plan et exigences générales en matière de restauration des sites miniers au Québec*³, publié en 1997. Néanmoins, le *Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement* constitue un outil qui pourra faciliter la tâche des entreprises minières ayant à mettre en oeuvre, lors de la cessation d'activités, un projet de démantèlement qui soit respectueux de l'environnement.

Étant donné que ce guide touche à l'application du *Règlement sur les matières dangereuses* (c.Q-2, r.15.2) et de certains autres règlements, notamment le *Règlement sur les déchets solides* (c.Q-2, r.3.2), le Service des lieux contaminés a sollicité la collaboration du Service des matières résiduelles. La Direction générale des opérations régionales, le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et la Direction des affaires juridiques ont également fourni des commentaires verbaux ou écrits visant à faciliter l'application du guide. De plus, plusieurs intervenants externes au ministère de l'Environnement ont commenté des versions préliminaires. Nous remercions tous ces collaborateurs pour leur contribution.

1. INTRODUCTION

Depuis 1980 environ, un grand nombre d'industries ont fermé leurs portes ou modifié leurs installations, laissant sur le terrain des déchets et des débris de toutes sortes. C'est à la suite du traitement de différents dossiers de réhabilitation de terrains qu'est apparue la problématique de la démolition de bâtiments et de la gestion des matériaux sur un terrain potentiellement contaminé. Les opérations de démantèlement de bâtiment étaient souvent effectuées de façon expéditive et comme dans le passé il n'y avait pas de procédure clairement établie pour leur caractérisation et leur gestion, les matériaux de démantèlement contaminés étaient parfois laissés sur place, éliminés dans un dépôt de matériaux secs (DMS) ou réemployés. Cette façon de faire peut avoir un impact sur l'environnement et la santé, compte tenu de la vulnérabilité des sites d'élimination ou du manque de suivi sur le réemploi des matériaux.

Le démantèlement est un élément important lors de la réhabilitation des terrains contaminés, et peu de documents permettent d'encadrer ce type d'activité. Le présent guide de bonnes pratiques a été rédigé pour aider les différents intervenants concernés (propriétaires de bâtiment à démanteler, entrepreneurs dans le domaine de la démolition, consultants en réhabilitation de terrains contaminés, etc.) à effectuer une gestion des matériaux qui respecte les orientations du ministère de l'Environnement et la réglementation applicable. On peut penser notamment au *Règlement sur les déchets solides* (c.Q-2, r.3.2), au *Règlement sur les matières dangereuses* (c.Q-2, r.15.2) et à la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹.

Certains matériaux de démantèlement présentent les caractéristiques d'une matière dangereuse. Le guide touche donc partiellement à l'application du *Règlement sur les matières dangereuses* (c.Q-2, r.15.2), en fournissant les renseignements nécessaires pour faciliter la caractérisation des matériaux de démantèlement assimilés à des matières dangereuses et en mentionnant les principales obligations légales ou réglementaires applicables à la gestion de ces matériaux.

Le guide touche aussi partiellement à l'application du *Règlement sur les déchets solides* (c.Q-2, r.3.2), dans le cas où les matériaux de démantèlement correspondent à la définition de « matériaux secs ».

Le présent document vise deux objectifs généraux, soit :

- Favoriser la gestion adéquate des matériaux, de façon à limiter les impacts sur la santé humaine, sur la faune et la flore, sur l'environnement ou les biens;
- Favoriser le principe de la réduction à la source, du réemploi, du recyclage et de la valorisation (3RV) des matériaux;

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

Pour atteindre ces objectifs, le guide propose une classification des matériaux et une procédure à suivre lors du démantèlement de bâtiments et de structures potentiellement contaminés sur un terrain industriel ou commercial.

Il décrit chacune des étapes de traitement d'un dossier de démantèlement, soit : la phase exploratoire, l'inventaire, la caractérisation des secteurs jugés contaminés, le démantèlement et, finalement, la gestion des matériaux de démantèlement. Enfin, il fournit des indications pour la réalisation d'un compte rendu des travaux et d'un programme d'assurance qualité.

2. CLASSIFICATION ET IDENTIFICATION DES MATÉRIAUX

De façon générale, on retrouve trois groupes de matériaux lors d'un démantèlement. Il s'agit, dans le premier groupe, des matières retrouvées en vrac ou dans des récipients (barils, conteneurs, etc.). Dans le présent document, ces matériaux seront appelés **MATIÈRES RÉSIDUELLES**. Le deuxième groupe représente les matériaux provenant de bâtiments ou d'infrastructures; ils seront appelés **MATÉRIAUX DE DÉMANTÈLEMENT**. Le troisième groupe est représenté par les **GRANULATS NATURELS**.

Pour faciliter la structuration du document, des groupes et classes de matériaux ont été définis. **Les définitions ne sont valables que dans le cadre de l'application du présent document.**

Tableau 1 : Groupes et classes des matériaux

MATIÈRES RÉSIDUELLES	Constituées de résidus de production ou d'opérations industrielles, de matières premières périmées, de produits finis hors d'usage, etc.
MATÉRIAUX DE DÉMANTÈLEMENT	Classe 1 : Les équipements de production ou d'exploitation
	Classe 2 : Le béton et les matériaux associés
	Classe 3 : Les matériaux métalliques
	Classe 4 : Les matériaux divers
GRANULATS NATURELS	

Groupes des matériaux

i) Matières résiduelles

Les matières résiduelles peuvent être constituées de résidus de production provenant d'opérations industrielles. Elles peuvent être retrouvées dans ou à proximité de bâtiments vétustes, sans être associées à des infrastructures, des bâtiments ou des équipements (sacs de matière première périmée, tas de résidus de production ou de produits finis hors d'usage, etc.).

ii) Matériaux de démantèlement

Dans le contexte du présent document, les matériaux de démantèlement forment un groupe particulier de matières résiduelles parce qu'ils proviennent de bâtiments, d'infrastructures ou d'équipements utilisés en surface ou d'équipements souterrains.

Pour faciliter l'élaboration des modes de gestion, les matériaux de démantèlement ont été regroupés en classes, et ils se distinguent soit par leur utilité, soit par leur degré de réemploi ou par la nature des matériaux qui les composent.

Les différentes classes de matériaux de démantèlement peuvent se décrire comme suit :

- **Matériaux de classe 1 : Les équipements de production ou d'exploitation**

Cette classe de matériaux regroupe les pompes, les éléments d'une soufflerie, des cubilots, la machinerie fixe ou mobile. Les équipements peuvent être en métal, en chlorure de polyvinyle (PVC), en béton, mais ils ont la particularité, par rapport aux autres classes, de pouvoir être facilement réemployés et présentent de ce fait un avantage sur le plan économique.

- **Matériaux de classe 2 : Le béton et les matériaux associés**

Il s'agit du béton, de la brique ou du béton bitumineux. Les matériaux de cette classe peuvent provenir des bâtiments (murs, planchers, fondations, etc.), d'infrastructures autres que celles d'un bâtiment (réseau d'aqueduc et d'égout, fosse septique, etc.) ou du revêtement de la surface d'un terrain (béton bitumineux, etc.).

- **Matériaux de classe 3 : Les matériaux métalliques**

Ces matériaux, à l'exclusion des équipements de la classe 1, peuvent provenir de la

structure des bâtiments (des poutres par exemple) ou d'équipements enfouis ou hors terre (des réservoirs de produits pétroliers par exemple).

- **Matériaux de classe 4 : Les matériaux divers**

Il peut s'agir de PVC, d'amiante, de plâtre, de bois, etc. La provenance est la même que celle des matériaux de la classe 3. S'ajoutent aussi à cette catégorie certaines matières résiduelles qui ont été valorisées comme matériaux de construction en remplacement des granulats naturels (des sous-produits d'opérations métallurgiques ou des résidus miniers par exemple).

- iii) **Granulats naturels**

Ce groupe rassemble les matériaux naturels importés qui recouvrent habituellement le sol ou qui sont associés à des infrastructures (ex. : pierre concassée, gravier ou ballast de voie de chemin de fer constitué de pierres concassées naturelles).

Mis à part les sols à gros grains provenant des gravières, les granulats naturels extraits des carrières ne sont pas à proprement parler des sols, car ils sont issus des opérations de fracturation, de concassage et de tamisage d'une formation rocheuse. Les granulats naturels ne sont pas non plus des matières résiduelles ou des matériaux de démantèlement. C'est pourquoi les granulats naturels constituent un groupe particulier de matériaux.

Dans le cadre de l'application du présent guide, les stériles miniers sont exclus de la définition de « granulats naturels ».

Il ne faut pas confondre les granulats naturels avec du mâchefer (résidu provenant de la combustion du charbon) ou avec des scories (sous-produit d'opération métallurgique). Il faut aussi distinguer les granulats naturels des fragments de béton ou de brique, qui sont des matériaux de démantèlement au sens du présent guide.

3. PROCÉDURE À SUIVRE POUR LA GESTION DES MATÉRIAUX

Les cas de démantèlement traités par le passé ont démontré qu'il fallait avoir une bonne connaissance des activités s'étant déroulées sur le site pour pouvoir réaliser une saine gestion environnementale des matériaux. Par conséquent, quatre étapes sont proposées dans cette section pour faciliter le déroulement des travaux de démantèlement.

ÉTAPE I : Phase exploratoire

ÉTAPE II : Inventaire

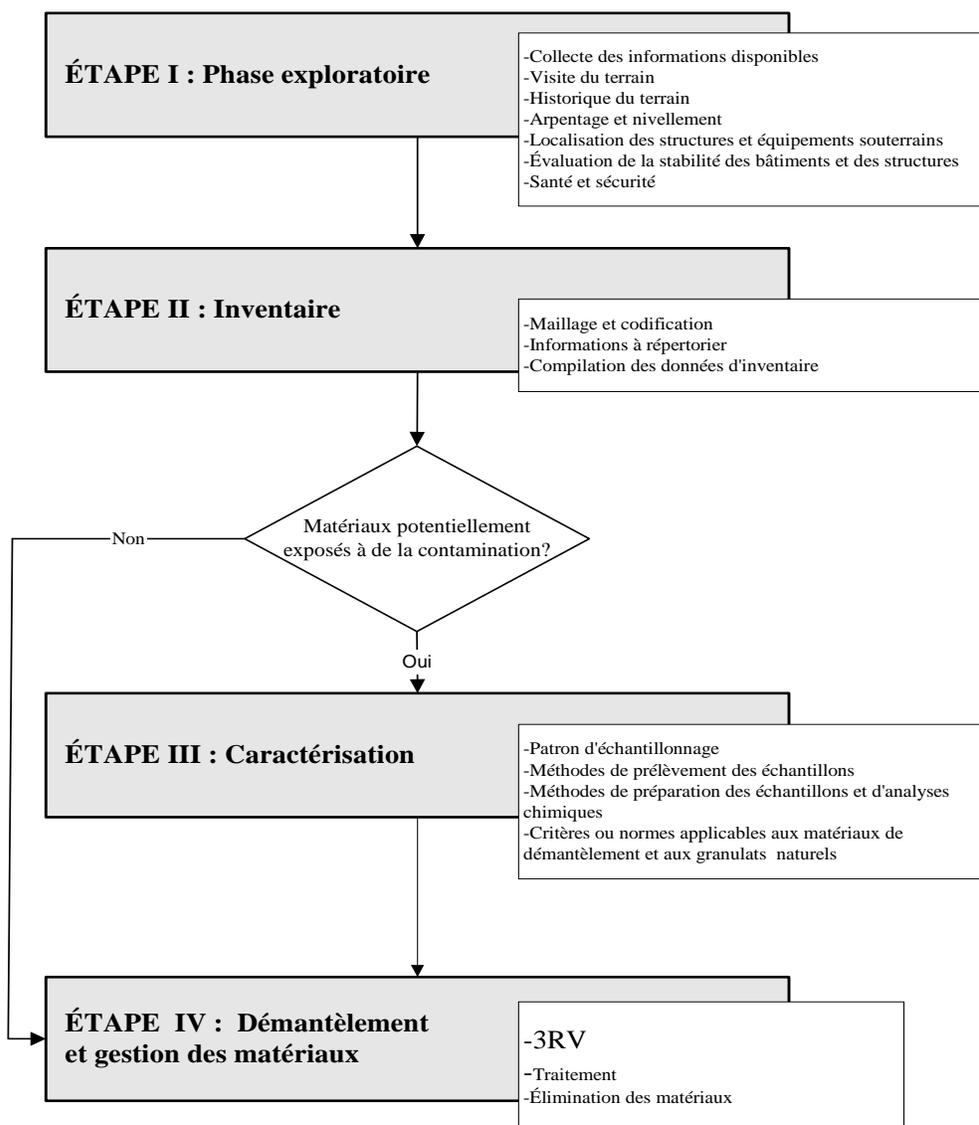
ÉTAPE III: Caractérisation

ÉTAPE IV: Démantèlement et gestion des matériaux

Toutes les étapes décrites précédemment peuvent être réalisées parallèlement à une étude de caractérisation pour l'ensemble du terrain. Pour plus de détails sur ce sujet, veuillez consulter le *Guide de caractérisation des terrains*² publié en avril 1999.

La figure 1 présente le déroulement des activités associées à chacune de ces étapes. Ces activités sont décrites en détail dans les sections 3.1 à 3.4 .

Figure 1 : Procédure à suivre pour la gestion des matériaux de démantèlement



3.1 Étape 1 : Phase exploratoire

La phase exploratoire a pour objectifs de localiser tous les bâtiments, les structures, les équipements et les matières résiduelles ainsi que de recueillir l'information pertinente afin d'identifier les matériaux susceptibles d'être contaminés. Les actions qui peuvent être réalisées lors de la phase exploratoire sont présentées dans cette section.

3.1.1 Collecte des informations disponibles

Cette étape inclut la collecte des informations sur les bâtiments, les structures, les équipements et les matières résiduelles, ainsi qu'une identification des secteurs susceptibles d'être contaminés. La réalisation d'une compilation détaillée permettra de limiter au minimum les inconnues sur un terrain. La collecte pourra se faire auprès de plusieurs organismes. Une liste spécifique et non restrictive est fournie ci-après.

Documents des propriétaires :

- les plans d'architecte des différents bâtiments et structures;
- les plans des structures de surface et souterraines datant du tout début des activités à aujourd'hui;
- la description du type de produit fabriqué et des activités depuis l'ouverture de l'entreprise jusqu'à aujourd'hui. Cela est particulièrement important dans le cas de changements de propriétaires;
- la description et les schémas de procédés;
- la description des matières premières (intrants), des produits finis et des matières résiduelles engendrées lors des opérations, ainsi que la localisation des aires d'entreposage, des points d'entrée et de sortie;
- la description des contaminants potentiels. À cet égard, les fiches signalétiques de certains produits pourraient s'avérer utiles;
- les études géotechniques et géophysiques réalisées.

Documents des municipalités :

- les cartes cadastrales;
- les cartes des infrastructures municipales (aqueduc, égout sanitaire, égout pluvial ou combiné, etc.);
- les documents (études, plans, etc.) relatifs aux autorisations municipales dont l'entreprise avait besoin pour être en exploitation ou aux permis de construction et de rénovation.

Documents des gouvernements :

- liste des différents propriétaires au Bureau de publicité des droits;
- cartes topographiques;
- photographies aériennes;
- les certificats d'autorisation, les permis, les avis d'infraction délivrés par le ministère de l'Environnement;
- études techniques (étude d'impact, étude de caractérisation, etc.);
- système de gestion des terrains contaminés, liste des anciens dépotoirs du ministère de l'Environnement;
- ministère des Ressources naturelles et ministère de l'Environnement pour la présence de réservoirs souterrains. Pour le secteur minier, plan de l'aménagement de la mine et des opérations.

Documents ou informations provenant d'autres organismes :

Par exemple, pour la localisation de structures souterraines ou hors terre, on pourra contacter les entreprises suivantes :

- Hydro-Québec;
- les compagnies de gaz;
- les compagnies de téléphone.

3.1.2 Visite du terrain

Préalablement à la visite du terrain, les intervenants devraient être informés du type de contamination suspecté à cet endroit afin de prendre, si nécessaire, des mesures de sécurité adéquates. Il est recommandé d'effectuer la visite en compagnie d'une personne qui connaît bien les lieux et d'avoir entre les mains une carte complète du terrain et les plans des infrastructures.

La visite de terrain devrait également permettre de faire une évaluation rapide de l'emplacement, de localiser les bâtiments sur une carte (usine, garage, entrepôt), de préciser le nombre et le type de structures et d'équipements présents ainsi que la nature et les quantités de matières résiduelles entreposées.

Il est recommandé d'inspecter tous les bâtiments. Une évaluation rapide pourra être faite, notamment sur l'état de délabrement, la dimension et la fonction de ceux-ci, les groupes et classes de matériaux présents, les sources visibles de contamination ainsi que les secteurs exposés à la

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

contamination.

Les observations faites sur le terrain pourront être appuyées par des photographies.

La présence de représentants du ministère de l'Environnement pourrait être pertinente si l'on prévoit exercer une activité pour laquelle un acte statutaire est requis. Il peut s'agir notamment de travaux de traitement des matériaux.

3.1.3 Historique du terrain

L'historique est un bilan de toutes les informations recueillies en relation avec les bâtiments et infrastructures existants. Il pourra présenter l'évolution des activités industrielles s'étant déroulées sur le terrain au cours des années, tout en indiquant les informations concernant les modifications importantes des infrastructures et des équipements. L'historique permet de localiser les sources de contamination en identifiant les bâtiments ayant servi à la production et à l'entreposage des matières premières, des produits finis ou des matières résiduelles, ainsi que les secteurs du terrain ayant servi à l'élimination de déchets industriels. Des plans des installations et des photos aériennes du lieu peuvent être annexés pour démontrer l'évolution des activités.

Les bâtiments industriels désaffectés constituent une partie du patrimoine industriel québécois. L'historique devrait donc aussi permettre d'évaluer l'intérêt patrimonial du site.

3.1.4 Arpentage et nivellement

Dans certains cas où aucun plan ne serait disponible, l'arpentage et le nivellement pourraient être pertinents (pour délimiter la propriété ou pour localiser les points d'intérêt, par exemple). Un nivellement par rapport à un repère de nivellement peut servir à estimer des volumes de matières résiduelles en tas.

3.1.5 Localisation des structures et équipements souterrains

Les structures et équipements souterrains susceptibles de se retrouver sur un terrain contaminé peuvent être de nature et de composition variées. Il peut s'agir de réservoirs, de tuyaux d'égout de procédé, sanitaire ou pluvial, de conduites d'eau et de gaz, d'une fosse septique, d'un champ d'épuration, de câbles d'électricité et de téléphone, d'anciennes fondations, de dalles de béton, d'anciens dépôts de matières dangereuses résiduelles, de puits, de drains, etc.

Certains de ces structures et équipements peuvent être absents des plans, ce qui est très fréquent dans le cas d'anciennes usines vétustes. Il peut alors être avantageux de recourir à des méthodes de détection *in situ* pour localiser les structures souterraines, telles que les méthodes géophysiques ou des levés au détecteur de métal.

3.1.6 Évaluation de la stabilité des bâtiments et des structures

Cette étape du projet devrait être réalisée seulement si la visite du terrain a permis de constater la présence de bâtiments ou de structures dont l'état de délabrement laisse présager un danger potentiel pour les travailleurs. Une telle évaluation devra être faite par des experts en bâtiment.

3.1.7 Santé et sécurité

D'autres travaux préliminaires peuvent être nécessaires pour la poursuite de l'étude dans certains cas particuliers. Il peut s'agir, par exemple, de prendre des mesures de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments pour assurer la sécurité des travailleurs.

Le mandat d'appliquer les lois et règlements relatifs à la santé et à la sécurité des travailleurs revient à la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST).

À titre informatif, un lieu où s'effectuent des travaux de démolition de bâtiments ou d'ouvrages de génie civil est visé par les dispositions prévues au chapitre XI de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail (L.R.Q., chapitre S-2.1)*. En fonction notamment du nombre de travailleurs de la construction présents sur le chantier, le maître d'oeuvre devra préparer et transmettre à la CSST un programme de prévention.

Dans certains cas plus problématiques sur le plan sanitaire, le maître d'oeuvre de chantier avisera aussi la Direction de la santé publique.

3.2 *Étape II : Inventaire*

L'inventaire a pour objectif d'acquérir des connaissances sur les différents matériaux présents sur le terrain, à l'aide d'une méthode de prélèvement de données. L'inventaire se veut une compilation de diverses informations, telles que: l'identification des groupes et classes de matériaux, leur emplacement, l'identification des matériaux présumés contaminés et non contaminés et toutes autres informations pertinentes pour le démantèlement.

Les bâtiments industriels désaffectés constituent une partie du patrimoine industriel québécois. S'il y a lieu, l'inventaire devrait aussi permettre de statuer sur l'intérêt patrimonial du site.

L'inventaire est un outil qui aide à déterminer l'ampleur des travaux de démantèlement. Les étapes pour réaliser un inventaire sont présentées dans les sections suivantes.

3.2.1 Inventaire général

Une façon simple et pratique de faire un inventaire général est de localiser, sur un plan existant, les informations répertoriées lors de l'étape I. Les informations suivantes peuvent être utiles:

1. L'emplacement précis des bâtiments, des infrastructures et des clôtures sur le terrain à l'étude, la délimitation de la propriété, les aires d'entreposage de matières premières et de produits finis ainsi que tout autre point d'intérêt. De plus, la hauteur des bâtiments et des structures peut être indiquée;
2. L'identification de chacun des propriétaires des bâtiments ou des structures;
3. L'identification des activités s'étant déroulées dans les différents secteurs;
4. L'identification des secteurs qui ont été potentiellement exposés à la contamination;
5. L'emplacement des structures souterraines et des aires d'entreposage des matières résiduelles.

3.2.2 Inventaire détaillé

Les bâtiments et les structures à démanteler sont constitués d'une grande variété de matériaux, ce qui nécessite l'utilisation d'une procédure systématique pour la réalisation de l'inventaire. L'inventaire détaillé permet de comptabiliser les matériaux ayant un fort potentiel de réemploi ou de recyclage, comme les équipements de production ou d'exploitation. Il permet aussi d'évaluer les volumes des matériaux de démantèlement potentiellement exposés ou non à la contamination. La division des lieux inventoriés (maillage) et l'établissement d'une codification appropriée facilitent la prise de données d'un inventaire.

3.2.2.1 Maillage et codification

L'inventaire détaillé peut être fait à l'aide d'un maillage à l'échelle, tracé sur une carte ou un plan. Un système de codification ou de numérotation peut être associé au maillage choisi pour retrouver rapidement et avec précision les éléments inventoriés sur le terrain. L'inventaire détaillé présentera de légères variantes selon l'endroit où il est réalisé. Quatre endroits spécifiques ont été déterminés: les bâtiments (incluant ce qui se trouve à l'intérieur), les structures spéciales (débarcadère, infrastructures, etc.) à l'extérieur des bâtiments, le revêtement de la surface du terrain et les matières résiduelles à l'extérieur des bâtiments.

Le maillage pourra être différent pour un même bâtiment selon le matériau qui fait l'objet de l'inventaire détaillé. Par exemple, on peut supposer qu'un mur vide nécessite un maillage moins serré qu'un mur rempli d'objets variés.

3.2.2.2 Informations à répertorier

Une fois toutes les divisions réalisées, chaque maille est prête à faire l'objet du prélèvement des données servant à l'inventaire.

Parmi ces données, mentionnons : l'emplacement et la description du matériau de démantèlement, de la matière résiduelle ou des granulats naturels, ses dimensions et son volume approximatif. En ce qui concerne plus spécifiquement un matériau de démantèlement, on notera son exposition potentielle à la contamination, sa classe et sa porosité.

Emplacement Il s'agit de l'emplacement précis sur le terrain. Cet emplacement pourra être indiqué sur un plan à l'aide d'un numéro de code.

Description Une brève description du matériau de démantèlement pourra être faite de façon à bien l'identifier (pompe, poutre, etc.) et à déterminer sa composition (béton, métal, etc.). Dans le cas de récipients, on devra noter le nombre, le type (barils, conteneurs, réservoirs, etc.) et le volume, ainsi que noter le type et le volume approximatif de matières résiduelles qui y sont contenues (résidus solides, résidus liquides, boues) et vérifier s'ils sont étiquetés.

Par ailleurs, les matières résiduelles ou les granulats naturels en vrac ou en tas seront décrits par amoncellement (un amoncellement = une unité).

Si l'amoncellement est homogène (exemple : tas de briques), une description précise pourra en être faite. On pourrait identifier, par exemple, un tas de briques rouges de (20 cm * 5 cm * 5 cm) de grosseur, représentant un volume total de 10 m³. Par contre, si l'amoncellement est hétérogène, on procédera à une identification selon le pourcentage approximatif appartenant à chacune des populations. Par exemple, un amoncellement de 10 m³ pourrait être composé de 5 % de PVC, de 70 % de métal et de 25 % de béton.

Exposition potentielle à la contamination En fonction des informations compilées et de l'évaluation visuelle lors de l'inventaire, on indiquera si le matériau de démantèlement ou les granulats naturels sont susceptibles d'avoir été en contact avec des contaminants. Cette évaluation est très importante puisqu'elle permettra de départager les matériaux qui doivent être caractérisés. Elle devrait être axée sur la prudence; ainsi, tout matériau posant un doute sera catalogué comme étant potentiellement contaminé.

Groupe et classe Le groupe (matière résiduelle, matériau de démantèlement ou granulats naturels) et la classe du matériau de démantèlement devraient être précisés. De plus, pour chaque classe de matériaux de démantèlement et pour les granulats naturels, il faudrait évaluer les volumes présumés contaminés ou non contaminés.

Porosité Cette information est importante pour le choix de la méthode de caractérisation. Il faudra indiquer si le matériau de démantèlement est poreux ou non poreux. Par exemple, le béton est considéré comme poreux. En revanche, une surface métallique non corrodée sera considérée comme non poreuse.

Dimension La superficie totale du matériau est évaluée.

Volume approximatif présumé contaminé ou non contaminé Le volume est déterminé à l'aide de la superficie et de l'épaisseur des matériaux. Il peut parfois être nécessaire de mesurer l'épaisseur de certains matériaux. Par exemple, le prélèvement de carottes à l'aide de foreuses portatives peut être effectué pour connaître l'épaisseur des murs ou des planchers. Les méthodes de caractérisation sont décrites à la section 3.3.

Remarques Il peut être utile d'ajouter certaines remarques pour bien décrire une matière résiduelle, un matériau de démantèlement ou des granulats naturels. La collecte d'informations lors de l'inventaire détaillé est très importante pour mettre en relief des caractéristiques qui ne peuvent être généralisées à l'ensemble des matériaux. Par exemple, cette section pourrait comporter des informations sur la densité mesurée des matériaux, le potentiel de réemploi ou de recyclage, la présence d'odeurs, la procédure d'évaluation des volumes, la présence de photographies, la nécessité de caractériser.

3.2.2.3 Compilation des données d'inventaire

L'inventaire détaillé d'un lieu implique l'acquisition d'un grand nombre de données, qui, pour être interprétées de façon efficace, se doivent d'être rassemblées et traitées. Pour faciliter la tâche, un tableau récapitulatif de l'ensemble du site pourra être produit. Il pourra notamment inclure les informations sur les volumes de matériaux de démantèlement potentiellement exposés ou non aux contaminants, et ce, pour chaque classe de matériaux de démantèlement.

Le tableau 1A de l'annexe 1 récapitule les informations répertoriées. Ce tableau n'est pas restrictif; toute autre information pertinente pourrait être compilée dans l'inventaire détaillé.

Toutes les informations recueillies lors de la compilation pourront éventuellement être intégrées à un compte rendu comprenant l'ensemble des étapes réalisées dans le projet de démantèlement (voir la section 5).

3.3 *Étape III : Caractérisation*

L'inventaire détaillé permet d'estimer les quantités et les volumes des matières résiduelles et des différents matériaux présents sur les lieux à démanteler. Pour sa part, la caractérisation a pour objectif d'identifier les matériaux qui, de façon générale, devront être gérés en vertu du *Règlement sur les matières dangereuses* (c.Q-2, r.15.2) (RMD) ou du *Règlement sur les déchets solides* (c.Q-2, r.3.2) (RDS). En ce qui concerne les granulats naturels, la caractérisation vise plutôt à évaluer leur potentiel de réemploi.

LA BONNE PRATIQUE

Il est recommandé de caractériser les bâtiments **lorsqu'ils sont encore debout** plutôt que lorsqu'ils sont démolis et que les matériaux sont en tas. Si l'état des bâtiments ne permet pas un travail en sécurité, un expert devrait évaluer la faisabilité de les stabiliser temporairement. Cette façon de faire facilitera les procédures de caractérisation et permettra une ségrégation plus précise des matériaux en fonction de leur niveau de contamination. De plus, les matériaux les moins contaminés demeureront en bon état, ce qui favorisera éventuellement leur réemploi, leur recyclage ou leur valorisation.

La caractérisation des matériaux de démantèlement et des granulats naturels n'est recommandée qu'aux endroits où une contamination est suspectée à cause de l'activité ayant eu lieu sur le site à démanteler. À titre informatif, la section 2.3 de l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 1, généralités*⁴ contient des listes de sources de contaminants inorganiques et organiques reliées à des activités industrielles. La prochaine édition du *Guide de caractérisation des terrains*² contiendra aussi des informations sur ce sujet.

Le responsable du démantèlement devrait décrire les travaux de caractérisation de ces matériaux. Il pourra inscrire notamment des informations sur la taille de l'échantillon à prélever, son emplacement, les méthodes d'échantillonnage et d'analyse chimique. Ces informations seraient éventuellement intégrées au compte rendu (voir la section 5).

Compte tenu de la grande variété des matières résiduelles et des matériaux de démantèlement d'un lieu à un autre, il est difficile de conseiller une stratégie d'échantillonnage applicable dans tous les cas.

Les sections qui suivent décrivent de façon générale les patrons d'échantillonnage ainsi que les méthodes d'échantillonnage et d'analyse recommandées selon le groupe de matériau.

3.3.1 Patron d'échantillonnage

Avant de procéder à l'échantillonnage d'un secteur à caractériser, il est recommandé de préparer un patron d'échantillonnage. Ce dernier indique la distribution des échantillons qui seront prélevés en plan ou en coupe, selon le milieu à l'étude.

Le choix du patron d'échantillonnage sera fonction du nombre de populations présentes, de la dimension et de l'accessibilité de la matière résiduelle ou du matériau de démantèlement à échantillonner (mur d'un bâtiment, équipement, amoncellement de matières, etc.).

Bien que l'établissement d'un patron d'échantillonnage soit particulier à chaque cas, certains principes de base peuvent s'appliquer de façon générale. Par exemple, les surfaces planes (plancher, mur et fondation de bâtiment, zone d'entreposage, stationnement, etc.) où la contamination semble homogène se prêtent bien à un **échantillonnage systématique**. Ce dernier consiste à prélever des échantillons à des intervalles réguliers. Le maillage ayant servi à l'inventaire détaillé pourra être réutilisé.

Par contre, les surfaces planes où la contamination est visible sous forme de taches se prêtent plus à un échantillonnage ciblé. **L'échantillonnage ciblé** consiste à prélever un échantillon à un endroit où l'on suspecte une contamination à la suite des informations obtenues.

Pour les équipements (pompes, échangeurs de chaleur, etc.), il est recommandé de prélever un minimum d'un échantillon par pièce d'équipement. Les surfaces des équipements jugées les plus contaminées devront avoir la priorité lors du prélèvement des échantillons (échantillonnage ciblé).

Pour les infrastructures telles que des canalisations souterraines, des drains ou autres structures spéciales, le patron d'échantillonnage sera élaboré cas par cas et pourra varier d'un terrain à un autre.

Pour plus de détails sur les stratégies d'échantillonnage, notamment dans le cas de matières et matériaux qui sont accumulés en tas, le lecteur est renvoyé à l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 8, Échantillonnage des matières dangereuses*⁴.

En ce qui concerne les matériaux granulaires naturels, les patrons d'échantillonnage pourront être similaires à ceux employés pour les sols. Le lecteur est invité à consulter l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 5, Échantillonnage des sols*⁴.

3.3.2 Méthodes de prélèvement des échantillons

Les méthodes de prélèvement des échantillons dépendent du groupe ou de la classe de matériau à échantillonner. Différentes méthodes sont utilisées pour le prélèvement d'échantillons sous forme solide ou liquide.

Il est recommandé de prévoir la mise en place d'un programme d'assurance et de contrôle de la qualité des prélèvements (blanc de terrain, duplicatas, triplicatas, etc.). Consultez l'annexe 2 pour plus de détails.

3.3.2.1 Matières résiduelles

L'échantillonnage peut se faire à l'aide de différents instruments, selon la nature de la matière et son accessibilité. Les matières liquides peuvent être échantillonnées à l'aide d'un échantillonneur lesté, d'un COLIWASA (composite liquid waste sampler), d'un tube télescopique, d'un tube de verre ou d'une pompe. Lorsque deux phases liquides sont présentes, leur séparation pourra être réalisée au laboratoire.

Les matières sous forme solide peuvent être échantillonnées à l'aide d'un échantillonneur à grain, d'un tube d'échantillonnage, d'une tarière manuelle, d'une truelle ou d'une pelle, ou encore avec d'autres échantillonneurs dévolus aux sols dans le cas où le volume est important.

Pour plus de renseignements concernant les méthodes de prélèvement des échantillons, il est recommandé de se référer à l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 8, Échantillonnage des matières dangereuses*⁴ et à titre indicatif, à l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 5, Échantillonnage des sols*⁴.

3.3.2.2 Matériaux de démantèlement (classes 1 à 4)

Les méthodes de prélèvement des matériaux de démantèlement dépendent des classes de matériaux à échantillonner et sont identiques, peu importe la provenance des matériaux. Les méthodes qui

peuvent s'appliquer à ces matériaux sont notamment le frottis et le prélèvement de fragments ou de carottes.

La méthode de frottis consiste à prélever, à l'aide d'une gaze de coton, la poussière, l'huile, la graisse ou tout autre contaminant se trouvant à la surface d'un matériau non poreux et de faire l'analyse chimique des contaminants que la gaze contient. Elle s'applique principalement aux surfaces lisses, comme des poutres ou des équipements métalliques non corrodés, etc. Le prélèvement par frottis sur des matériaux poreux n'est pas recommandé, car la perméabilité peut devenir une cause importante de variation des résultats. Pour plus de renseignements, il est recommandé de se référer à l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 8, Échantillonnage des matières dangereuses*⁴.

Le prélèvement de fragments ou de carottes de forages est utilisé dans le cas de certains matériaux dont la surface est poreuse, comme le béton. Il s'agit de techniques d'échantillonnage destructrices, mais cela ne représente pas un inconvénient majeur dans un contexte où les matériaux échantillonnés seront ultérieurement démantelés.

Le prélèvement de fragments pourra se faire lorsqu'il est possible de briser la surface ou la pièce ou lorsqu'il est impossible d'utiliser du matériel de forage.

Le forage peut être utilisé pour la caractérisation de murs, de planchers et autres surfaces similaires. Cette méthode est applicable autant verticalement qu'horizontalement. En fonction de l'état du béton, la méthode par forage pourra être privilégiée par rapport au prélèvement de fragments dans le cas où il serait important de faire une ségrégation de la contamination en fonction de la profondeur. En effet, les expériences passées ont montré que la contamination est surtout présente à la surface des matériaux exposés, soit sur les premiers centimètres. La méthode par carottage permet de sélectionner des échantillons de différentes longueurs ou profondeurs, ce qui a l'avantage de départager les matériaux contaminés et non contaminés de façon précise.

À titre indicatif, la méthode de prélèvement des échantillons par forage est décrite dans l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 5, Échantillonnage des sols*⁴. Le lecteur est référé à ce document ainsi qu'à l'édition courante du *Cahier 8, Échantillonnage des matières dangereuses*⁴ pour connaître la méthode la plus appropriée à ses besoins de caractérisation.

3.3.2.3 Matériaux granulaires naturels

Lorsqu'une contamination est suspectée à cause de l'activité ayant eu lieu sur le site, de façon générale les granulats naturels sont prélevés comme des sols. Le lecteur pourra consulter l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 5,*

*Échantillonnage des sols*⁴ pour plus de détails.

En fonction du choix du promoteur et de son consultant, les fractions inférieure et supérieure à 5 mm des granulats naturels présents sur un terrain peuvent être séparées à grande échelle.

Lorsque les granulats sont ségrégués sur le terrain, les fractions inférieure et supérieure à 5 mm doivent faire l'objet d'un prélèvement. Chaque fraction pourra être mise en tas et les méthodes présentées dans l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 5, Échantillonnage des sols*⁴ pourront servir au prélèvement. La valeur de 5 mm (ou ¼ de pouce environ) est suggérée, car elle correspond à une dimension à laquelle les granulats naturels peuvent être séparés à grande échelle avec une facilité relative. La ségrégation peut être réalisée à une dimension supérieure à 5 mm.

3.3.3 Méthodes de préparation des échantillons et d'analyses chimiques

Il est recommandé de prévoir la mise en place d'un programme d'assurance qualité des analyses de laboratoire. Une description des éléments que peut inclure un tel programme est présentée à l'annexe 2.

Les méthodes de préparation et les analyses chimiques à effectuer sur les échantillons récupérés sont les suivantes :

3.3.3.1 Matières résiduelles

Afin de vérifier si une matière résiduelle est une matière dangereuse, les méthodes d'analyse à utiliser sont celles énumérées dans la *Liste des méthodes d'analyse relatives à l'application des règlements découlant de la Loi sur la qualité de l'environnement - Règlement sur les matières dangereuses*⁵. Cette liste est disponible au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Elle peut également être consultée dans le site Internet du CEAEQ. Ce site est accessible par le site Internet du ministère de l'Environnement (menv.gouv.qc.ca).

On sélectionnera les analyses pertinentes d'après les informations recueillies concernant les activités qui se sont déroulées sur le terrain, les résidus qui y étaient normalement produits et les matières premières qui étaient utilisées. Pour déterminer les analyses requises, on pourra consulter le schéma décisionnel (figure 2.2) du *Guide d'application du Règlement sur les matières dangereuses*⁶.

Avant de procéder à toute analyse, il y a lieu de vérifier la liste des matières exclues de la définition de matières dangereuses. Cette liste apparaît à l'article 2 du *Règlement sur les matières dangereuses (c.Q-2, r.15.2)*.

Dans le cas d'une matière solide, le test de lixiviation est généralement réalisé sur la fraction inférieure à 9,5 mm. Si cette fraction est insuffisante pour réaliser l'analyse ou si l'échantillon est constitué entièrement de particules de dimensions supérieures à 9,5 mm, un broyage devra être réalisé pour réduire la dimension des particules et obtenir du matériel à soumettre à l'essai. Pour plus de détails, veuillez consulter l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 8, Échantillonnage des matières dangereuses*⁴.

3.3.3.2 Matériaux de démantèlement (classes 1 à 4)

Les analyses chimiques ont pour objectif de vérifier si les matériaux de démantèlement sont assimilés à des matières dangereuses au sens du *Règlement sur les matières dangereuses (c.Q-2, r.15.2)*.

Lorsque l'objectif est de vérifier le potentiel de valorisation comme matériau de construction d'un béton concassé qui n'est pas assimilé à une matière dangereuse, le lecteur est invité à consulter la section 3.3.5.

De façon générale, l'analyse chimique du frottis des matériaux non poreux devra suivre la prescription du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Dans le cas particulier des BPC, on pourra retenir la méthode présentée dans le document *Frottis- Détermination des BPC par congénères*, MEF 1997 (méthode MA.400-BPC 1.0)⁷.

Les échantillons de matériaux poreux récupérés (fragments ou carottes de forage) devront être analysés selon les méthodes prescrites à l'article 18 du *Règlement sur les matières dangereuses (c.Q-2, r.15.2)*. Un essai de lixiviation est nécessaire pour les contaminants inorganiques, alors qu'une analyse du contenu total est requise pour les contaminants organiques.

Le test de lixiviation est généralement réalisé sur la fraction inférieure à 9,5 mm. Dans le cas des fragments grossiers ou des carottes, si cette fraction est insuffisante pour réaliser l'analyse ou si l'échantillon est constitué entièrement de particules de dimensions supérieures à 9,5 mm, un broyage devra être réalisé pour réduire la dimension des particules et obtenir du matériel à soumettre à l'essai. Pour plus de détails, veuillez consulter l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 8, Échantillonnage des matières dangereuses*⁴.

3.3.3.3 Matériaux granulaires naturels

Les analyses chimiques ont pour objectif de vérifier le potentiel de réemploi des matériaux

granulaires naturels.

Lorsqu'on soupçonne une contamination à cause de l'activité ayant eu lieu sur le site, les granulats d'origine naturelle décrits à la section 2 présentent généralement une contamination localisée en surface des particules. C'est pourquoi, de façon générale, nous ne recommandons pas de broyage pour ces matériaux.

Contrairement aux sols à gros grains provenant des gravières, les granulats naturels extraits des carrières ne sont pas à proprement parler des sols, car ils sont issus de l'exploitation d'une formation rocheuse. Malgré ce fait, à cause de la similarité de l'usage avec celui d'un sol, les méthodes d'analyses utilisées pour les granulats naturels sont généralement celles apparaissant dans la *Liste des méthodes suggérées pour la réalisation des analyses de laboratoire, Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), édition courante)⁸. Cette liste est disponible dans le site Internet du CEAEQ qui est accessible par le site Internet du ministère de l'Environnement (menv.gouv.qc.ca).

L'analyse des sols contaminés est effectuée sur la fraction inférieure à environ 2 mm, car cette fraction est potentiellement plus préoccupante du point de vue de l'exposition à des récepteurs humains ou écologiques.

Cependant, cette façon de faire peut poser un problème de représentativité pour des granulats naturels où la fraction supérieure à 5 mm est importante. Lorsque la fraction supérieure à 5 mm représente plus de 80 % (p/p ou selon une appréciation visuelle) des granulats naturels, l'analyse peut être effectuée sur l'ensemble des fractions prélevées. Il sera pertinent de respecter les proportions de chaque fraction dans le matériau destiné à l'analyse. Les protocoles d'extraction doivent généralement être modifiés pour tenir compte du plus grand volume d'échantillon soumis à l'analyse. Consultez le Laboratoire des pollutions industrielles du CEAEQ sur les modifications à apporter aux protocoles d'extraction. Lorsque la fraction inférieure à 5 mm représente plus de 20 % (p/p ou selon une appréciation visuelle) des granulats naturels, ces granulats sont analysés comme des sols (c'est-à-dire que le résultat mesuré sur la fraction inférieure à environ 2 mm est appliqué à l'ensemble des granulats naturels prélevés). Pour plus de détails, consulter la section 4.3.4 de l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 5, Échantillonnage des sols*⁴.

Même si les granulats naturels ne sont pas des matières résiduelles, dans le cas de granulats naturels non altérables et de granulométrie supérieure à 2,5 mm (pierre nette de 2,5 mm ou plus) et lorsqu'on soupçonne une contamination à cause de l'activité ayant eu lieu sur le site, des tests de lixiviation peuvent être réalisés pour les paramètres inorganiques et les méthodes suggérées sont celles apparaissant dans le *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction* (publication à venir)⁹. Une version préliminaire de ce guide est disponible au Service des matières résiduelles.

3.3.4 Critères ou normes applicables aux matériaux de démantèlement et aux granulats naturels

Le présent guide ne couvre pas la gestion des matières résiduelles qui ne sont pas associées à des infrastructures, à des structures, à des bâtiments ou à des équipements. Leur gestion est déjà couverte dans des réglementations et dans d'autres guides.

Les matériaux de démantèlement

L'objectif est de vérifier si les matériaux de démantèlement sont assimilés à des matières dangereuses au sens du *Règlement sur les matières dangereuses (Q-2, r.15.2)*. Lorsque l'objectif est de vérifier le potentiel de valorisation comme matériau de construction d'un béton concassé qui n'est pas assimilé à une matière dangereuse, le lecteur est invité à consulter la section 3.3.5.

De façon générale, les matériaux de démantèlement d'un immeuble ou d'une infrastructure ainsi que la ferraille et tout autre objet de métal ne sont pas des matières dangereuses au sens du *Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2, art 2, 2° et 3°)*, sauf s'ils sont contaminés par une matière dangereuse au sens de l'article 4 de ce règlement.

Les matériaux de démantèlement qui montrent un niveau de contamination supérieur aux normes du *Règlement sur les matières dangereuses (c.Q-2, r.15.2)* (RMD) auront le statut de **matières dangereuses**. Les matériaux poreux contaminés peuvent être une « matière lixiviable » au sens du RMD si, après l'essai de lixiviation, les résultats d'analyse du lixiviat sont supérieurs pour au moins un paramètre aux normes du tableau de l'article 3 de ce règlement.

Les matériaux poreux contaminés peuvent être une matière dangereuse, tout dépendant du contenu en matière toxique dans la surface contaminée. Pour le déterminer, il faut identifier chaque composante toxique et comparer sa concentration aux normes du RMD établies selon la classification SIMDUT pour la toxicité. Des explications et des exemples seront fournis au chapitre 2 du *Guide d'application du Règlement sur les matières dangereuses*⁶.

Les matériaux poreux contaminés peuvent également être assimilés à une matière dangereuse (art. 4 du RMD) en raison du contenu en huile et graisse, en BPC ou en halogènes organiques totaux dans la surface contaminée.

Les matériaux dont les surfaces non poreuses sont contaminées par une matière dangereuse peuvent être assimilés à une matière dangereuse en raison de cette contamination de surface déterminée à l'aide d'un frottis.

Le Service des matières résiduelles a établi, à partir des normes du RMD, des critères de contamination de surface pour différents contaminants organiques et inorganiques. Ces critères seront mentionnés au tableau 2.6 du *Guide d'application du Règlement sur les matières dangereuses*⁶. Au-delà de ces critères, les matériaux de démantèlement doivent être gérés comme une matière dangereuse. D'autres critères peuvent être établis cas par cas. À cette fin, les directions régionales doivent consulter le Service des matières résiduelles. Une seule norme de contamination de surface a été fixée par règlement. Il s'agit de la norme pour les BPC, qui est de 1 mg/m².

Par ailleurs, les récipients vides ayant servi à entreposer des matières dangereuses peuvent être assimilés à une matière dangereuse s'ils sont contaminés par une telle matière selon l'une des conditions listées au paragraphe 3° de l'article 4 du *Règlement sur les matières dangereuses* (c.Q-2, r.15.2). Ces récipients vides contaminés par une matière dangereuse peuvent être nettoyés en vue d'être réemployés ou en vue de recycler les matériaux qui les composent (métal, polyéthylène, etc.).

Il y a lieu de vérifier la liste des matières exclues de la définition de matière dangereuse. Cette liste apparaît à l'article 2 du *Règlement sur les matières dangereuses* (c.Q-2, r.15.2).

À titre d'exemple, le bois traité n'est pas une matière dangereuse au sens du *Règlement sur les matières dangereuses* (c. Q-2, r.15.2, art. 2, 18°). Il en est de même pour le béton bitumineux, le bardeau d'asphalte, le plastique solide, le caoutchouc solide et pour l'amiante (article 2, 14°). Cependant, lors d'un démantèlement, ces matériaux peuvent être assimilés à une matière dangereuse s'ils sont contaminés en surface par une matière dangereuse autre que les composantes intrinsèques de ces matériaux. Ce peut être le cas lors du démantèlement de bâtiments ayant abrité des activités industrielles.

Les autres matériaux solides à 20°C et qui répondent à la définition de déchet solide, du *Règlement sur les déchets solides* (c.Q-2, r. 3.2) (RDS), seront considérés comme des **déchets solides**. Ils seront donc assujettis au RDS, à moins qu'ils ne soient réemployés, recyclés ou valorisés avant le transport vers un lieu d'élimination ou d'entreposage de déchets solides ou vers un système de récupération des matières et produits contenus dans les déchets solides. Il est à noter que tout système ou installation de récupération où sont reçues soit uniquement des matières fermentescibles, soit, de façon séparée, des matières fermentescibles et des matières fermentescibles, ne constitue pas un lieu d'élimination ou d'entreposage de déchets solides au sens du RDS.

Les granulats naturels

L'objectif est de vérifier le potentiel de réemploi des matériaux granulaires naturels lorsqu'on soupçonne une contamination à cause de l'activité ayant eu lieu sur le site.

Contrairement aux sols à gros grains provenant des gravières, les granulats naturels extraits des carrières ne sont pas à proprement parler des sols, car ils sont issus de l'exploitation d'une formation rocheuse. Malgré ce fait, lorsqu'on soupçonne une contamination provenant de l'activité ayant eu lieu sur le site, les teneurs mesurées dans des granulats naturels sont généralement comparées à titre indicatif aux critères génériques pour les sols de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹.

Cependant, même si les granulats naturels ne sont pas des matières résiduelles, dans le cas de granulats naturels non altérables et de granulométrie supérieure à 2,5 mm (pierre nette de 2,5 mm ou plus), lorsqu'on soupçonne une contamination provenant de l'activité ayant eu lieu sur le site, les résultats de tests de lixiviation des paramètres inorganiques pourront être comparés aux critères établis pour les usages permis dans le *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction* (publication à venir)⁹. Une version préliminaire de ce guide est disponible au Service des matières résiduelles.

Des intervenants ont signalé au MENV que des granulats naturels provenant de carrières peuvent naturellement contenir des concentrations de métaux ou métalloïdes supérieures aux critères génériques pour les sols de la Politique. Afin de documenter cette question, une étude a été réalisée par le MENV en collaboration avec le ministère des Ressources naturelles (MRN) pour tracer un portrait général du contenu en métaux et métalloïdes des granulats naturels extraits des carrières québécoises par rapport aux critères de la Politique. Un rapport intitulé *Analyses des granulats naturels*¹⁰ est disponible au Service des lieux contaminés.

L'étude montre que la roche calcaire contient peu de métaux (concentrations inférieures aux critères A) et c'est cette roche qui est produite en plus grande quantité et qui est la plus utilisée comme matériau de construction. Dans le cas des roches d'origine magmatique ou métamorphique de composition basique à intermédiaire, certaines concentrations naturelles en métaux dépassent les critères B ou C. Cependant, ces types de roches représentent un volume minoritaire par rapport à l'ensemble des pierres produites et utilisées comme matériaux de construction.

Dans le cadre d'une étude de caractérisation où les paramètres d'intérêt sont des métaux, il est donc possible que les teneurs mesurées en excès des critères B ou C dans des granulats naturels d'origine magmatique ou métamorphique et de composition basique à intermédiaire proviennent du contenu naturel des granulats et non pas de l'activité ayant eu lieu sur le

terrain. Lorsqu'on soupçonne une contamination par des métaux provenant de cette activité sur un terrain et que ce terrain contient des remblais de tels granulats naturels, on pourra utiliser comme témoins, pour fins de comparaison des analyses, d'autres granulats naturels de même nature géologique.

Notons qu'il sera éventuellement possible de raffiner l'estimation du risque lié à la présence de métaux ou métalloïdes sur un terrain par la réalisation d'une étude de biodisponibilité. En fonction de l'espèce chimique sous laquelle on le retrouve, ce n'est pas nécessairement tout le métal mesuré qui peut être disponible pour un récepteur humain ou écologique. L'étude de biodisponibilité visera à établir quelle fraction du métal mesuré peut avoir un effet négatif et l'étude implique la réalisation de bioessais directement sur la matrice et sur son lixiviat. Au Québec, un projet de recherche a commencé sur la biodisponibilité des métaux et métalloïdes dans des matrices solides.

Dans la mesure où les granulats naturels n'ont pas été contaminés par l'activité ayant eu lieu sur le terrain, ils peuvent être réemployés comme matériaux de construction à l'intérieur d'infrastructures de génie civil ou comme remblai. Cependant, les granulats naturels visiblement tachés ou souillés ne seront pas réemployés sans avoir subi un traitement pour les décontaminer. De plus, on s'assurera que les granulats naturels sont exempts de résidu solide non compatible. En outre, lors du réemploi, les granulats naturels ne seront pas mélangés aux sols en place afin de faciliter leur identification et leur éventuel réemploi.

Les granulats naturels peuvent aussi servir comme matériaux de recouvrement dans un lieu d'enfouissement sanitaire ou dans un dépôt de matériaux secs comme prévu à l'article 48 du *Règlement sur les déchets solides* (c.Q-2, r.3.2).

Le tableau 2 résume les méthodes de prélèvement, de préparation et d'analyse des échantillons en fonction du groupe et de la classe des matériaux à caractériser.

Tableau 2 : Résumé de la procédure de caractérisation prévalant pour chaque groupe et classe de matériaux

PATRON D'ÉCHANTILLONNAGE	RÉF.	MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS	RÉF.	ANALYSES CHIMIQUES	RÉF.
MATIÈRES RÉSIDUELLES					
Utilisation des mailles définies à l'inventaire détaillé pour la localisation des échantillons.		Prélèvement des solides à l'aide d'un tube d'échantillonnage, d'un échantillonneur à grain, d'une tarière, d'une truelle ou d'une pelle.	1a,1b	Effectuez les analyses appropriées pour déterminer si les matières résiduelles sont des matières dangereuses. Si ces matières résiduelles ne sont pas des matières dangereuses, qu'elles sont solides et issues des secteurs d'activité mentionnés à l'article 1, e), 2 ^o du <i>Règlement sur les déchets solides (c. Q-2, r.3.2)</i> , vérifiez si elles sont des déchets spéciaux.	2,3
		Prélèvement de la matière liquide à l'aide d'un COLIWASA, d'un échantillonneur lesté, d'un tube télescopique, d'un tube de verre ou d'une pompe.	1b		6,7
MATÉRIAUX DE DÉMANTÈLEMENT					
CLASSE 1: ÉQUIPEMENTS					
Utilisation des mailles définies à l'inventaire détaillé pour la localisation des échantillons. Prélevez au moins 1 échantillon par pièce d'équipement potentiellement contaminé. Dans les cas où une grande surface serait recouverte de petites pièces d'équipements de natures variées, il est recommandé de prélever au moins un échantillon par groupe d'équipements de même nature.		Caractérisation du contenu.	1b	Caractérisation du contenu.	2
		Prélèvement de frottis sur la surface non poreuse de l'équipement à caractériser.	1b	Analyse du frottis.	4
		Si l'équipement comprend des pièces poreuses, des fragments de ces pièces pourront être prélevés et soumis à des analyses.	1b	Pour les contaminants inorganiques, essai de lixiviation, analyse du lixiviat et comparaison aux normes. Pour les contaminants organiques, analyse du contenu total et comparaison aux normes.	2,3
CLASSE 2: BÉTON ET MATÉRIAUX ASSOCIÉS					

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

PATRON D'ÉCHANTILLONNAGE	RÉF.	MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS	RÉF.	ANALYSES CHIMIQUES	RÉF.
<p>Dans le cas d'une contamination uniforme, utilisation des mailles définies à l'inventaire détaillé. Prélevez au moins un échantillon par maille.</p> <p>Les surfaces apparemment contaminées pourront bénéficier de la priorité lors du choix de l'emplacement des échantillons.</p>		Prélèvement de carottes à l'aide de foreuses ou cassage de fragments.	1a, 1b	Pour les contaminants inorganiques, essai de lixiviation, analyse du lixiviat et comparaison aux normes. Pour les contaminants organiques, analyse du contenu total et comparaison aux normes.	2,3
CLASSE 3: MATÉRIAUX MÉTALLIQUES					
<p>Dans le cas d'une contamination uniforme, utilisation des mailles définies à l'inventaire détaillé. Prélevez au moins un échantillon par maille.</p> <p>Les surfaces apparemment contaminées pourront bénéficier de la priorité lors du choix de l'emplacement des échantillons.</p>		Prélèvement de frottis.	1b	Analyse du frottis.	4
CLASSE 4: MATÉRIAUX DIVERS					
<p>Dans le cas d'une contamination uniforme, utilisation des mailles définies à l'inventaire détaillé. Prélevez au moins un échantillon par maille.</p> <p>Les surfaces apparemment contaminées pourront bénéficier de la priorité lors du choix de l'emplacement des échantillons.</p>		Prélèvement de frottis, de fragments ou de carottes de forage selon que les matériaux sont poreux ou non poreux.	1a, 1b	<p>Analyse du frottis.</p> <p>Pour les contaminants inorganiques, essai de lixiviation, analyse du lixiviat et comparaison aux normes. Pour les contaminants organiques, analyse du contenu total et comparaison aux normes.</p>	4 2,3
GRANULATS NATURELS					
Utilisation des mailles définies à l'inventaire détaillé ou selon un patron d'échantillonnage systématique ou ciblé représentatif du terrain.	1a	<p>Prélèvement selon les méthodes applicables aux sols.</p> <p>Lorsque les fractions inférieure et supérieure à 5 mm sont séparées à grande échelle, chaque fraction peut être mise en tas et les prélèvements sont effectués dans chacun des tas.</p>	1a 1a	Lorsqu'on soupçonne une contamination, les granulats naturels sont généralement analysés comme des sols (analyse de la fraction inférieure à environ 2 mm). Lorsque la fraction supérieure à 5 mm représente plus de 80 % des granulats naturels, l'analyse peut être effectuée sur l'ensemble des fractions. Dans le cas d'une pierre nette de 2,5 mm ou plus, des tests de lixiviation peuvent être réalisés pour la mesure des paramètres inorganiques.	1a, 5 8

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

- 1a-Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 5, Échantillonnage des sols⁴.
- 1b-Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 8, Échantillonnage des matières dangereuses⁴.
- 2- Règlement sur les matières dangereuses (c.Q-2, r.15.2) pour les normes de lixiviation (art. 3) et la teneur limite (art. 3-4) de certains contaminants organiques.
- 3- Liste des méthodes relatives à l'application des règlements découlant de la Loi sur la qualité de l'environnement - Règlement sur les matières dangereuses - publiée par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec⁵.
- 4- Méthode d'analyse des milieux environnementaux, Frottis - Détermination des BPC par congénères, MEF 1997, MA.400-BPC 1.0⁷.
- 5- Liste des méthodes suggérées pour la réalisation des analyses de laboratoire, Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, édition courante⁸.
- 6- Analyse conforme aux méthodes et conditions prescrites en vertu de l'article 30.4 du Règlement sur les déchets solides (Q-2, r.3.2).
- 7-Règlement sur les déchets solides (Q-2, r.3.2).
- 8-Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction (publication à venir)⁹.

3.3.5 Valorisation du béton concassé

Le béton est certainement le matériau de démantèlement le plus important selon le volume et son utilisation comme matériau de construction représente un débouché important. Le *Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008*¹¹ vise notamment à faciliter la mise en valeur du béton dans la mesure où certains critères de qualité sont remplis.

LA BONNE PRATIQUE

Il est recommandé de séparer et ne pas valoriser le béton taché par des hydrocarbures pétroliers ou qui a reçu un enduit (bitume, peinture) avant de procéder au concassage (par exemple, certaines peintures peuvent contenir du mercure ou du plomb). Sauf exception, le béton est fragmenté à des dimensions n'excédant pas 125 mm. Le béton est exempt de résidu solide non compatible et en cas de présence de métal d'armature, celui-ci n'excède pas de chacun des morceaux. En général, le béton concassé utilisé comme matériau de construction est complètement recouvert. Le béton ne doit pas être mélangé aux sols naturels en place afin de faciliter son identification et son éventuel réemploi. L'activité de valorisation fait partie d'un projet se réalisant à court terme.

De façon plus spécifique, une procédure visant à encadrer la valorisation du béton concassé a été développée lorsqu'on soupçonne une contamination du béton provenant du démantèlement d'un bâtiment potentiellement contaminé et qu'on désire valoriser ce béton sur le terrain contaminé d'origine, à l'intérieur d'infrastructures de génie civil ou comme remblai par surélévation. La valorisation du béton concassé sur le terrain contaminé d'origine sera probablement l'option qu'on rencontrera le plus fréquemment lors d'activités de démantèlement de bâtiments potentiellement contaminés.

Le béton à valoriser ne doit pas être assimilé à une matière dangereuse au sens du *Règlement sur les matières dangereuses (c.Q-2, r.15.2)*. Consultez la section 3.3.4 sur ce sujet. Si l'on prévoit mélanger le béton concassé avec d'autres types de granulats, on effectue les analyses sur le béton avant le mélange.

Les paramètres inorganiques

Bien qu'un béton concassé ne soit pas un sol, compte tenu de la similarité de l'usage avec celui d'un sol, il est tout de même pertinent d'utiliser, à titre indicatif, les critères de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹ dans le

contexte de dossiers de valorisation de béton concassé comme matériau de construction sur des terrains. L'application des critères de la Politique est basée sur l'hypothèse conservatrice suivante :

Lors de la valorisation sur des terrains de matériaux de démantèlement de granulométrie similaire à celle d'un sol, l'exposition de récepteurs humains ou écologiques aux contaminants est, sur une base générique, jugée similaire à l'exposition à ces mêmes contaminants s'ils étaient contenus dans un sol. Dans le cas des métaux et métalloïdes, cette hypothèse pourrait être invalidée à la suite des études spécifiques sur la spéciation et sur la biodisponibilité.

Les méthodes de prélèvement des échantillons sont celles décrites à la section 3.3.2.2. Les analyses sont effectuées sur la fraction inférieure à environ 2 mm. Si cette fraction n'est pas suffisamment importante pour fournir les matériaux nécessaires aux analyses, un broyage peut être effectué. Le broyage ne doit pas être trop intense (pas de pulvérisation ou de mouture) afin de ne pas altérer la matrice de l'échantillon et ainsi libérer des métaux qui ne seraient pas normalement mesurés. Par exemple, les méthodes d'analyse recommandées ici ne devraient pas mesurer les métaux associés à la phase silicatée.

Les méthodes d'analyses apparaissent dans la Liste des méthodes suggérées pour la réalisation des analyses de laboratoire – *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*⁸ disponible dans le site Internet du CEAEQ qui est accessible par le site Internet du MENV.

Les quantités de métaux et métalloïdes et des autres composés inorganiques doivent être conformes aux critères du tableau 3. Les paramètres à analyser sont choisis en fonction de la présomption de leur présence. D'autres paramètres peuvent s'ajouter cas par cas.

Tableau 3 : Critères pour les métaux, métalloïdes et autres composés inorganiques

Paramètres	Critères B mg/kg (base sèche)	Critères C mg/kg (base sèche)
Arsenic (As)	30	50
Baryum (Ba)	500	2000
Cadmium (Cd)	5	20
Chrome (Cr)	250	800
Cuivre (Cu)	100	500
Cyanure total (CN ⁻)	50	500
Cyanure disponible (CN ⁻)	10	100
Fluorure disponible (F ⁻)	400	2000
Mercure (Hg)	2	10
Nickel (Ni)	100	500
Plomb (Pb)	500	1000
Sélénium (Se)	3	10
Zinc (Zn)	500	1500

Le critère B est la valeur maximale permise pour une valorisation sur le terrain contaminé d'origine à vocation résidentielle. Le critère C est la valeur maximale permise pour une valorisation sur le terrain contaminé d'origine à vocation commerciale ou industrielle. **Les critères applicables à la valorisation sur des terrains autres que le terrain contaminé d'origine sont en cours d'élaboration et ces critères ne sont pas inclus dans le présent document.** Ils seront plus restrictifs, car le terrain récepteur ne sera pas nécessairement un terrain contaminé.

D'autres critères peuvent être étudiés cas par cas si le terrain d'origine est soumis à la procédure d'évaluation des risques décrite dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹.

Il peut arriver que la valorisation ait lieu sur un terrain où la teneur de fond naturelle

dans les sols excède les critères du tableau 3. À la condition qu'elle soit bien évaluée et documentée, la teneur de fond naturelle des sols de ce terrain pourra se substituer aux critères du tableau 3, à moins qu'un impact manifeste ou un risque pour la santé ne soit constaté.

Si la limite de quantification de la méthode analytique est supérieure au critère choisi, la limite de quantification sera tolérée comme seuil à respecter. Cette limite dépend du type d'instrumentation ou de la méthode analytique utilisée. Le laboratoire devra justifier les limites fournies lorsque celles-ci apparaissent élevées.

Dans le cas d'une valorisation à l'intérieur d'une infrastructure de génie civil (une route, un stationnement, etc.), le recours aux critères du tableau 3 pourra être modulé en fonction du degré de contrôle exercé sur l'usage. Lorsqu'un promoteur pourra assurer que le béton concassé demeurera confiné sous une structure actuellement et dans l'avenir, l'utilisation des critères du tableau 3 ne sera pas exigée. Seuls les tests de lixiviation du *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction* (publication à venir)⁹ seront alors requis. Une version préliminaire de ce guide est disponible au Service des matières résiduelles.

De plus, la comparaison avec les critères du tableau 3 n'est pas requise si le béton concassé à valoriser est non altérable et de granulométrie supérieure à 2,5 mm (matériau net de 2,5 mm ou plus). Seuls des tests de lixiviation sont requis dans ce cas. Pour plus de détails sur ce point, veuillez consulter le *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction* (publication à venir)⁹.

Lorsqu'un ou plusieurs paramètres dépassent les critères permis au tableau 3, on pourra alors effectuer des tests de lixiviation et une étude de biodisponibilité des métaux et métalloïdes comme prévu au *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction* (publication à venir)⁹. En fonction de l'espèce chimique sous laquelle on le retrouve, ce n'est pas nécessairement tout le métal ou le métalloïde mesuré qui peut être disponible pour un récepteur humain ou écologique. L'étude de biodisponibilité visera à établir quelle fraction du métal ou métalloïde présent dans le matériau de démantèlement peut avoir un effet négatif. En ce qui concerne le risque écotoxicologique, le MENV prévoit s'inspirer du protocole d'*Écocompatibilité (ou d'écotoxicité) des déchets*¹² développé en France. Ce protocole implique la réalisation de bioessais directement sur la matrice et sur son lixiviat. Au Québec, un projet de recherche a commencé sur la biodisponibilité des métaux et métalloïdes dans les matières résiduelles et dans les sols. Il est à noter que dans le cadre de ce protocole, il sera permis de tester à titre de « témoins » des granulats naturels utilisés couramment comme matériaux de construction. De plus, un ajout a été fait à la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹ en y

introduisant la biodisponibilité comme outil permettant de raffiner l'estimation des impacts et du risque pour les métaux ou métalloïdes mesurés dans les sols sur un terrain contaminé.

Les paramètres organiques

Les hydrocarbures pétroliers C₁₀ à C₅₀ sont mesurés selon la méthode MA. 410 – HYD.1.0 ou MA. 400 –HYD 1.0.

Dans le cas d'une contamination récente ou d'une contamination d'une infrastructure souterraine, le balayage des composés organiques volatils est effectué selon la méthode MA. 408 – COV 1.0 ou MA. 400 – COV 1.0.

Le balayage des composés organiques semi-volatils est effectué selon la méthode EPA SW-846 No. 8270C.

Toute autre méthode d'analyse reconnue par le Comité d'accréditation des laboratoires d'analyse environnementale du ministère de l'Environnement est admissible.

Les paramètres à analyser sont choisis en fonction de la présomption de leur présence. Les balayages organiques seront utiles seulement lorsqu'on soupçonne une contamination mais qu'on ne peut présumer de la présence de contaminants spécifiques. Lorsqu'on soupçonne la présence de contaminants spécifiques, l'analyse de ces contaminants remplacera les balayages des composés organiques volatils ou semi-volatils. De plus, l'analyse de contaminants spécifiques pourra également permettre de mesurer, avec une meilleure exactitude, ceux identifiés lors des balayages.

Les méthodes d'analyses des contaminants spécifiques apparaissent dans la Liste des méthodes suggérées pour la réalisation des analyses de laboratoire – *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*⁸ disponible dans le site Internet du CEAEQ qui est accessible par le site Internet du MENV.

Ces analyses sont effectuées sur la fraction inférieure à environ 2 mm. Si cette fraction n'est pas suffisamment importante pour fournir les matériaux nécessaires aux analyses, un broyage peut être effectué. Il faut cependant être conscient qu'un broyage peut induire une perte des contaminants organiques les plus légers.

Le critère B de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹ est la valeur maximale permise pour une valorisation sur le terrain contaminé d'origine à vocation résidentielle. Le critère C est la valeur maximale permise

pour une valorisation sur le terrain contaminé d'origine à vocation commerciale ou industrielle. **Les critères applicables à la valorisation sur des terrains autres que le terrain contaminé d'origine sont en cours d'élaboration et ces critères ne sont pas inclus dans le présent document.** Ils seront plus restrictifs, car le terrain récepteur ne sera pas nécessairement un terrain contaminé.

Si la limite de quantification de la méthode analytique est supérieure au critère choisi, la limite de quantification sera tolérée comme seuil à respecter. Cette limite dépend du type d'instrumentation ou de la méthode analytique utilisée. Le laboratoire devra justifier les limites fournies lorsque celles-ci apparaissent élevées.

D'autres critères peuvent être étudiés cas par cas si le terrain contaminé d'origine est soumis à la procédure d'évaluation des risques décrite dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹.

Résultats d'analyses de béton concassé

Voici des résultats analytiques d'échantillons de béton concassé. Les matériaux testés étaient de diverses provenances (chantier de rénovation d'un édifice à bureau, écocentre d'une municipalité, récupérateur de béton) et étaient considérés par leur fournisseur comme étant « propres » et admissibles, en principe, pour des activités de valorisation. Rappelons que toutes ces analyses n'ont pas à être systématiquement réalisées. Le choix des analyses et des paramètres est effectué de la façon décrite précédemment.

Tableau 4 : Résultats d'analyses de béton concassé

Paramètres	Échantillons de béton									Critères	
	6311	6312	6313	6314	6315	6316	5746	5527	5528	B	C
										mg/kg	mg/kg
As (mg/kg)	2,2	1,9	2,2	1,8	2	3,2	1	1,7	1,2	30	50
Ba (mg/kg)	29	35	42	31	38	36	55	74	150	500	2000
Cd (mg/kg)	< 0,2	<0,2	< 0,2	<0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	5	20
Cr (mg/kg)	6,5	8,9	9,4	8,8	9,8	8,7	22	17	19	250	800
Cu (mg/kg)	6,2	7,8	9,4	6,9	8,5	7,5	5,5	7,0	4,0	100	500
CN ⁻ total (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50	500
CN ⁻ dispo. (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10	100
F ⁻ dispo. (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	400	2000
Hg (mg/kg)	0,045	< 0,035	< 0,035	< 0,035	< 0,035	< 0,035	< 0,035	0,040	< 0,035	2	10
Ni (mg/kg)	3,0	6,9	7,4	3,3	7,5	4,2	14,0	8,2	8,3	100	500
Pb (mg/kg)	12,9	12,7	17,9	13,4	14,6	16,8	< 1,0	1,4	< 1,0	500	1000
Se (mg/kg)	1,23	0,85	0,98	0,95	0,99	1,16	< 0,50	< 0,50	< 0,50	3	10
Zn (mg/kg)	57	42,0	60	129	45,6	78	22,8	15,4	20,5	500	1500
Balayage des COSV (mg/kg)	< LQM	ND	< LQM	< LQM	ND	< LQM	ND	ND	ND	S . O.	S. O.
HP C ₁₀ à C ₅₀ (mg/kg)	< 90	ND	1500	96	ND	180	ND	ND	ND	700	3500

Paramètres	Échantillons de béton									Normes eau potable (EP)	
	6311	6312	6313	6314	6315	6316	5746	5527	5528	1 x EP	10 x EP
										mg/l	mg/l
As lixivié à l'eau (mg/l)	< 0,01	ND	< 0,01	< 0,01	ND	< 0,01	ND	ND	ND	0,025	S. O.
Ba lixivié à l'eau (mg/l)	0,3	ND	0,07	0,4	ND	0,1	ND	ND	ND	1	S. O.
Cd lixivié à l'eau (mg/l)	< 0,01	ND	< 0,01	< 0,01	ND	< 0,01	ND	ND	ND	0,005	S. O.
Cr lixivié à l'eau (mg/l)	< 0,04	ND	0,04	< 0,04	ND	< 0,04	ND	ND	ND	0,05	S. O.
CN ⁻ lixivié à l'eau (mg/l)	< 0,03	ND	< 0,03	< 0,03	ND	< 0,03	ND	ND	ND	0,2	S. O.
F ⁻ lixivié à l'eau (mg/l)	0,70	ND	0,75	0,85	ND	0,95	ND	ND	ND	1,5	S. O.
Hg lixivié à l'eau (mg/l)	< 0,001	ND	< 0,001	< 0,001	ND	< 0,001	ND	ND	ND	0,001	S. O.
Pb lixivié à l'eau (mg/l)	< 0,08	ND	< 0,08	< 0,08	ND	< 0,08	ND	ND	ND	0,01	S. O.
Se lixivié à l'eau (mg/l)	< 0,010	ND	< 0,010	< 0,010	ND	< 0,010	ND	ND	ND	0,01	S. O.
As lixivié en milieu acide acétique (mg/l)	< 0,01	ND	< 0,01	< 0,01	ND	< 0,01	ND	ND	ND	0,025	S. O.
Ba lixivié en milieu acide acétique (mg/l)	0,1	ND	0,2	0,1	ND	0,2	ND	ND	ND	1	S. O.
Cd lixivié en milieu acide acétique (mg/l)	< 0,01	ND	< 0,01	< 0,01	ND	< 0,01	ND	ND	ND	0,005	S. O.
Cr lixivié en milieu acide acétique (mg/l)	< 0,04	ND	< 0,04	< 0,04	ND	< 0,04	ND	ND	ND	0,05	S. O.
F ⁻ lixivié en milieu acide acétique (mg/l)	0,70	ND	0,65	0,83	ND	0,75	ND	ND	ND	1,5	S. O.

Paramètres	Échantillons de béton									Normes eau potable (EP)	
	6311	6312	6313	6314	6315	6316	5746	5527	5528	1 x EP	10 x EP
										mg/l	mg/l
Hg lixivié en milieu acide acétique (mg/l)	< 0,001	ND	< 0,001	< 0,001	ND	< 0,001	ND	ND	ND	0,001	S. O.
Pb lixivié en milieu acide acétique (mg/l)	< 0,08	ND	< 0,08	< 0,08	ND	< 0,08	ND	ND	ND	0,01	S. O.
Se lixivié en milieu acide acétique (mg/l)	< 0,010	ND	< 0,010	< 0,010	ND	< 0,010	ND	ND	ND	0,01	S. O.
As lixivié par des pluies acides (mg/l)	< 0,01	ND	< 0,01	< 0,01	ND	< 0,01	ND	ND	ND	S. O.	0,25
Ba lixivié par des pluies acides (mg/l)	<0,07	ND	< 0,07	0,08	ND	< 0,07	ND	ND	ND	S. O.	10
Cd lixivié par des pluies acides (mg/l)	< 0,01	ND	< 0,01	< 0,01	ND	< 0,01	ND	ND	ND	S. O.	0,05
Cr lixivié par des pluies acides (mg/l)	< 0,04	ND	< 0,04	< 0,04	ND	< 0,04	ND	ND	ND	S. O.	0,5
F ⁻ lixivié par des pluies acides (mg/l)	0,60	ND	0,55	0,80	ND	0,75	ND	ND	ND	S. O.	15
Hg lixivié par des pluies acides (mg/l)	< 0,001	ND	< 0,001	< 0,001	ND	< 0,001	ND	ND	ND	S. O.	0,01
Pb lixivié par des pluies acides (mg/l)	< 0,08	ND	< 0,08	< 0,08	ND	< 0,08	ND	ND	ND	S. O.	0,1
Se lixivié par des pluies acides (mg/l)	< 0,010	ND	< 0,010	< 0,010	ND	< 0,010	ND	ND	ND	S. O.	0,1

La cellule en gris indique un dépassement d'un critère

ND : données non disponibles

S. O. : sans objet

HP : hydrocarbures pétroliers

COSV : composés organiques semi-volatils

< LQM : mesures inférieures à la limite de quantification de la méthode analytique

Le critère B de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹ est la valeur maximale permise pour une valorisation sur le terrain contaminé d'origine à vocation résidentielle.

Le critère C de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹ est la valeur maximale permise pour une valorisation sur le terrain contaminé d'origine à vocation commerciale ou industrielle.

Il est reconnu que le béton peut contenir des quantités mesurables de métaux ou métalloïdes. Lors du processus de fabrication du ciment, les métaux auront tendance à s'y concentrer en fonction de leur volatilité relative. Il est donc prévisible de retrouver dans du béton « propre » certaines concentrations de métaux peu volatils comme le chrome ou le baryum. En revanche, il serait anormal d'y mesurer des concentrations significatives de métaux volatils comme le mercure.

De plus, il est à noter qu'aucun des échantillons testés ne contient des concentrations quantifiables de composés organiques semi-volatils malgré le fait que des produits organiques sont souvent ajoutés au béton pour en améliorer les propriétés.

Sur la base des résultats analytiques disponibles, on peut présumer que tous les lots représentés par les neuf échantillons testés auraient été admissibles pour une valorisation sur le terrain contaminé d'origine à vocation industrielle. Huit échantillons sur neuf auraient été admissibles pour une valorisation sur le terrain contaminé d'origine à vocation résidentielle.

3.3.6 Valorisation d'autres matières résiduelles

Outre le béton concassé, d'autres matières résiduelles non dangereuses et granulaires peuvent être utilisées comme matériaux de construction. Par exemple, des sous-produits d'opérations métallurgiques ou des résidus miniers font l'objet d'ententes avec le MENV pour leur valorisation comme matériaux de construction en remplacement de granulats naturels. Les métaux contenus dans ces matières résiduelles ne sont pas mobiles. Ces matières résiduelles ne sont pas mélangées aux sols en place et peuvent être identifiées et différenciées des sols par un examen visuel sur le terrain ou par un examen en laboratoire avec un microscope optique. Ces sous-produits d'opérations métallurgiques ou ces résidus miniers retrouvés lors d'un démantèlement peuvent être réemployés pour des usages prévus dans les ententes de valorisation. Si l'on soupçonne une contamination provenant de l'activité ayant eu lieu sur le terrain, il est possible que des analyses prévues à l'entente doivent être refaites pour vérifier si le matériau est toujours conforme aux clauses de l'entente. Consultez la Direction régionale du MENV à ce sujet.

D'autres matières résiduelles peuvent aussi faire l'objet d'ententes ou de certificats d'autorisation pour leur valorisation comme matériaux de construction et il est possible que les lieux de valorisation soient connus. Consultez la Direction régionale du MENV à ce sujet.

3.4 *Étape IV: Démantèlement et gestion des matériaux*

La dernière étape de la procédure consiste à effectuer le démantèlement et la gestion des

matériaux. Cette étape comprend généralement une phase complète ou partielle de travaux de démantèlement des bâtiments. La gestion proprement dite des matériaux inclut pour sa part différentes possibilités, soit, par ordre de priorité, la réduction, le réemploi, le recyclage, la valorisation (3RV) et l'élimination.

La présente section abordera surtout la gestion des matériaux de démantèlement et des granulats naturels pour lesquels il y a une contamination.

3.4.1 Démantèlement

Nous croyons que le démantèlement devrait être réalisé par étapes et de façon méthodique afin qu'une bonne ségrégation des matériaux soit obtenue. Les zones contaminées devraient être traitées avant le démantèlement, si possible. Cette procédure favorise le 3RV d'une plus grande quantité de matériel. De plus, une attention particulière devrait être portée au fait de ne pas mélanger des matériaux contaminés avec des matériaux propres, pour ne pas étendre la contamination et ainsi limiter le réemploi, le recyclage ou la valorisation des matériaux propres.

LA BONNE PRATIQUE

Les opérations de démolition sont parfois expéditives et ne permettent pas une gestion des matériaux en fonction de leur degré de contamination. Nous recommandons plutôt d'effectuer ces opérations de façon à séparer les matériaux en fonction de leur niveau de contamination et de leur potentiel pour le 3RV.

Par ailleurs, dans l'éventualité où des bâtiments ou des infrastructures non prévus au démantèlement causent une contamination de l'environnement, ceux-ci seront localisés et répertoriés dans le compte rendu des travaux de démantèlement et portés à l'attention du ministère de l'Environnement.

Les infrastructures souterraines, telles que les dalles de béton, les anciennes fondations et les canalisations, qui sont assimilées à des matières dangereuses au sens du *Règlement sur les matières dangereuses* (c. Q-2, r.15.2) devraient être enlevées. Les infrastructures souterraines qui ne sont pas assimilées à des matières dangereuses pourraient être laissées en place, si elles n'ont pas pour effet de nuire à une réutilisation éventuelle du terrain et à condition qu'elles soient recouvertes d'un sol possédant un niveau de contamination compatible avec le futur usage du terrain et que le sol puisse permettre, le cas échéant, l'établissement d'une végétation autosuffisante. Dans le cas où le recouvrement nécessite l'importation de sol, on doit appliquer la grille de gestion des sols contaminés excavés de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹.

Une approche similaire est proposée pour les équipements souterrains c'est-à-dire que les équipements qui sont des matières dangereuses devraient être enlevés. Ceux qui n'en sont

pas devraient aussi être enlevés, sauf si on ne peut faire autrement.

Les réservoirs souterrains de produits pétroliers devront être retirés conformément aux dispositions des *Lignes directrices d'intervention lors de l'enlèvement des réservoirs souterrains ayant contenu des produits pétroliers*¹³. Le *Règlement sur les matières dangereuses (c.Q-2, r.15.2)* prévoit aussi, à l'article 63, un calendrier d'enlèvement des réservoirs souterrains non protégés contre la corrosion et ayant contenu des matières dangereuses résiduelles. Cependant, le *Règlement sur les matières dangereuses (c.Q-2, r.15.2)* mentionne à l'article 71 qu'un réservoir peut être abandonné sur place lorsque son enlèvement est impraticable parce qu'il met en danger la structure d'un bâtiment ou d'un élément indispensable à l'usage auquel est destiné le bâtiment ou parce que la machinerie nécessaire à l'enlèvement du réservoir ne peut matériellement pas accéder à l'emplacement. Tout réservoir abandonné doit être vidé, décontaminé, puis rempli avec une matière inerte.

Dans le but de bien gérer les travaux, il est recommandé de noter par écrit les activités de démantèlement. On peut notamment consigner des informations sur le déroulement des opérations, l'échéancier de travail (jour ou nuit, nombre de semaines), les précautions prises pour protéger la santé des travailleurs et de la population environnante, les nuisances (bruit, poussières, etc.), les changements apportés par rapport à ce qui était prévu, les problèmes rencontrés et tout autre aspect pertinent. Les documents rédigés pourront éventuellement être intégrés au compte rendu des travaux (voir la section 5).

3.4.2 Stratégie de gestion

Un des objectifs visés pour la gestion des matériaux de démantèlement est de s'assurer d'une gestion adéquate permettant de limiter les impacts sur l'environnement.

Les matériaux de démantèlement étant très diversifiés, il est impossible de conseiller une stratégie spécifique à chaque classe.

Il est cependant recommandé de gérer dans un premier temps, les matières résiduelles qui ne sont pas associées à des infrastructures, à des bâtiments ou à des équipements, afin de faciliter les opérations de démantèlement.

Le béton et les matériaux associés se retrouvent principalement dans des dalles sur le sol, dans des fondations ou sur des murs. Cette classe de matériaux représente généralement un gros pourcentage de l'ensemble des matériaux à gérer. Il est donc important de mettre l'accent sur leur traitement et le 3RV, d'autant plus que la tendance historique consistait à les acheminer systématiquement dans un dépôt de matériaux secs.

Il est suggéré de consigner par écrit la gestion qu'on projette de faire des matériaux préalablement aux travaux de démantèlement. On pourra inclure notamment des informations sur les lieux prévus de gestion des matières et matériaux assujettis ou non au *Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2)*.

Les documents rédigés pourront éventuellement être intégrés au compte rendu (voir la section 5).

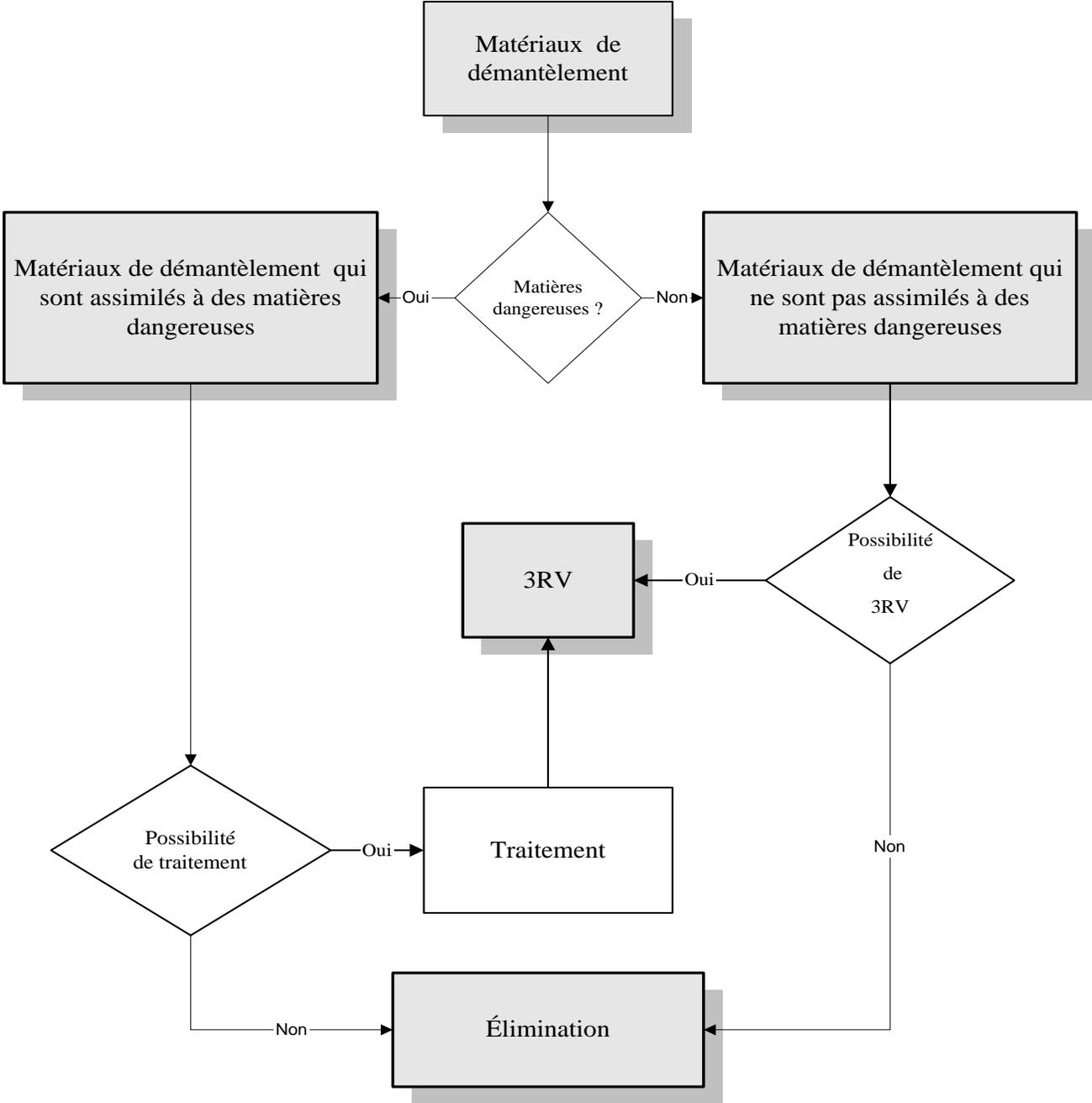
LA BONNE PRATIQUE

La gestion de matériaux de démantèlement devrait être faite en favorisant en premier lieu le principe de la réduction, du réemploi, du recyclage et de la valorisation des matériaux. Ce n'est que dans le cas où il est impossible d'appliquer ce principe que ces matériaux seront éliminés.

La figure 2 présente la stratégie générale de gestion des matériaux de démantèlement.

Les prochaines sections donnent des indications pour procéder au choix des méthodes de décontamination et de gestion finale pour chaque classe de matériaux.

Figure 2 :Stratégie générale de gestion des matériaux de démantèlement



3.4.3 Traitement des matériaux

De façon générale, le traitement s'applique aux matériaux de démantèlement assimilés à des matières dangereuses dans le but de réduire leur volume ou de les décontaminer en vue de favoriser le 3RV.

Le traitement doit être réalisé dans une optique de minimiser les résidus, c'est-à-dire qu'il ne doit pas produire plus de résidus qu'il y en a déjà. Lorsque des activités de traitement sont prévues, on suggère de documenter les aspects suivants et de les inclure au compte rendu (voir la section 5) :

- les méthodes de traitement, les différentes classes de matériaux de démantèlement, de même que les essais qui seront nécessaires pour choisir la meilleure méthode;
- les installations avec leurs points de rejet à l'environnement;
- le schéma de procédé;
- l'estimation des types et des quantités de résidus produits;
- les mesures de sécurité qui devront être employées.

LA BONNE PRATIQUE

Dans le cas des matériaux assujettis au RMD, il faudra vérifier la possibilité de traitement dans le but de privilégier les options du 3RV.

À la suite du traitement, les matériaux devraient être caractérisés pour vérifier l'efficacité de la méthode qui a été utilisée. Les matériaux jugés décontaminés selon les normes ou critères prescrits peuvent être réemployés, recyclés ou valorisés à certaines conditions. Les matériaux encore contaminés pourront subir un deuxième nettoyage. Si leur niveau de contamination est toujours trop important, ils devront être acheminés dans un lieu d'élimination approprié.

Dans le cas des équipements et des matériaux métalliques apparemment contaminés et qui sont de facto assimilés à une matière dangereuse, le fort potentiel de réemploi incite à réaliser une décontamination avant de caractériser. La caractérisation après décontamination permettra de s'assurer que le traitement a été efficace et qu'on a satisfait aux normes du *Règlement sur les matières dangereuses* (c.Q-2, r.15.2).

Il existe différentes méthodes pour traiter les matériaux. Ces méthodes peuvent découler de technologies d'extraction ou de destruction. Les premières consistent à extraire les contaminants des matériaux par des procédés physiques, chimiques ou thermiques. Les contaminants extraits doivent ensuite être gérés de façon adéquate. De façon générale,

ces méthodes s'appliquent aux matériaux dont la contamination se situe en surface. Pour leur part, les technologies de destruction ont pour effet de dégrader les contaminants. Ces technologies incluent la biodégradation, l'oxydation et la réduction chimique.

Pour traiter les équipements, les techniques appropriées seraient le nettoyage au jet de sable, le balayage et frotage ainsi que les méthodes d'extraction chimique. Dans la pratique, les méthodes de nettoyage à l'aide d'un jet à haute pression utilisant de l'eau ou tout autre liquide comme solvant se sont montrées très efficaces pour les contenants et le métal. Les équipements de petite taille peuvent être nettoyés par frotage.

Le béton et les matériaux associés montrent généralement une contamination de surface. Dans ces cas, des méthodes telles que la scarification, le forage et le cassage peuvent être utilisées pour réduire les volumes des matériaux à traiter, et ce, jusqu'à l'atteinte du niveau non contaminé. Dans le cas des blocs, d'autres techniques sont applicables, telles que le nettoyage à haute pression au jet de sable, à l'eau ou avec d'autres produits.

En ce qui concerne les granulats naturels tamisés, la méthode de décontamination qui est proposée pour la fraction supérieure à 5 mm ou plus est un lavage à haute pression à l'eau ou avec un autre liquide approprié aux contaminants d'intérêt. Dans le passé, cette technique a été utilisée avec succès. Pour la fraction inférieure à 5 mm, toute autre méthode de traitement normalement choisie pour les sols pourrait également être utilisée.

Le tableau 5 résume les principales méthodes de traitement des matériaux. Ce tableau provient principalement du document suivant : *RCRA Land Disposal Restrictions: A Guide to compliance*¹⁴ publié dans The Hazardous Waste Consultant. Il est important de mentionner que la liste des méthodes n'est pas restrictive et que des opérations de préparation des matériaux pourront être réalisées (découpage, cassage, broyage, etc.) préalablement à la décontamination. Par ailleurs, il pourrait être nécessaire de faire des essais pour vérifier l'efficacité des méthodes choisies.

Tableau 5 : Résumé des principales méthodes de traitement des matériaux

Méthode	Description de la méthode	Matériaux touchés	Remarques	Références
A- Technologies d'extraction				
1. Extraction physique				
a) Nettoyage au jet	Utilisation sous pression d'un matériel abrasif sur une surface contaminée.	Brique, béton, métal, bois, verre, plastique.	Production de sable ou de grenailles contaminées. Ces résidus de nettoyage peuvent avoir les caractéristiques d'une matière dangereuse et avoir à être gérés comme telle.	1,2
b) Scarification	Enlèvement d'une épaisseur de matériaux en surface à l'aide de pistons qui coupent la surface en formant des copeaux (scarification) ou à l'aide de scies qui écaillent la surface.	Béton	Profondeur atteinte 2,5 cm - Scarification horizontale ou verticale possible.	1,2
c) Forage et cassage	Forage de plusieurs trous à travers la surface et insertion de l'outil de cassage à l'intérieur du trou.	Béton	Profondeur atteinte : 5cm.	1,2
d) Vibrations	Utilisation d'appareils de vibration qui provoquent la mobilisation en surface des contaminants.	Béton	Applicable pour des matériaux poreux. Les contaminants retrouvés en surface doivent par la suite être récupérés.	2
e) Enlèvement de poussières, balayage et frottage	Utilisation d'appareils d'aspiration de poussières, de balais ou de matériaux servant au frottage des surfaces.	Tous les types de matériaux.	L'aspirateur doit être muni d'un sac et d'un filtre pour ramasser les poussières. Le balayage ou le frottage peuvent être utilisés pour enlever ce que l'aspirateur a laissé.	1

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

Méthode	Description de la méthode	Matériaux touchés	Remarques	Références
2. Extraction chimique				
a) Nettoyage à l'eau ou à l'aide de solutions à base d'eau	Vaporisation à la surface des matériaux d'eau, de savon, d'acide, de base, etc.	Tous les types de matériaux. Cependant, évitez l'utilisation de solutions acides avec du béton.	Production de grandes quantités de liquides contaminés à gérer.	1,2
b) Nettoyage au jet de vapeur ou d'eau	Application d'eau sous pression ou application de vapeur.	Tous les types de matériaux, sauf le bois et ceux sensibles à la chaleur.	Production d'une grande quantité de liquides contaminés à gérer. L'application de vapeur nécessite des mesures de sécurité strictes, particulièrement pour les contaminants organiques. Efficace pour les surfaces seulement.	1
c) Nettoyage au solvant	Application par frottement ou vaporisation de solvants à la surface des matériaux. Ce solvant a pour but de solubiliser le contaminant.	Tous les types de matériaux. Cependant, vérifier la compatibilité du solvant avec les matériaux plastiques.	Production d'importantes quantités de liquides contaminés à gérer. Efficace pour les surfaces seulement. L'application de certains solvants nécessite des mesures de sécurité strictes.	1,2
d) Extraction au solvant en phase gazeuse	Nettoyage à l'aide d'un solvant en phase gazeuse et sous vide dans un autoclave. Les contaminants sont récupérés par un système de distillation; les solvants sont réutilisés; il ne reste qu'une faible quantité de contaminants à gérer.	Surtout utilisé pour la décontamination d'appareils électriques.		3

Méthode	Description de la méthode	Matériaux touchés	Remarques	Références
3. Extraction thermique				
a) Désorption thermique	Chauffage dans un four (chambre fermée) qui contrôle la présence ou l'absence d'air. Ce procédé permet la destruction ou la récupération des contaminants.	Béton	Nécessite le broyage et la démolition préalable des matériaux. Méthode valable pour les contaminants organiques seulement.	2
B- Technologies de destruction				
1. Biodégradation	Application sur une surface ou trempage de débris de matériaux dans une solution aqueuse contenant des micro-organismes destinés à dégrader les contaminants.	La technologie a été régulièrement appliquée aux sols mais pas aux matériaux de démantèlement.	Applicable pour les contaminants organiques seulement.	1,2
2. Oxydation chimique	Application sur une surface ou trempage de débris de matériaux dans une solution contenant des réactifs oxydants tels que : 1. hypochlorite 2. ozone 3. permanganates 4. autres réactifs	Tous les types de matériaux.		2
3. Réduction chimique	Même principe que plus haut mais avec l'utilisation de réactifs réducteurs tels que : 1. sels alcalins de sulfite, bisulfite	Tous les types de matériaux.		2

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

Méthode	Description de la méthode	Matériaux touchés	Remarques	Références
	2. hydrosulfure de sodium 3. sels ferreux 4. autres réactifs			

(1) Tiré de : Exposito et al, Decontamination techniques for buildings, structures and equipment, New-Jersey, 1987, 252 p.¹⁵

(2) Tiré de : « RCRA Land disposal Restrictions : A Guide to Compliance », The hazardous Waste consultant, (Oct/Nov 1994), p. 8.6-8.10¹⁴.

(3) Tiré de : Cintec Environnement inc. : Plan d'élimination des BPC dont le MEF a la garde, Étude d'impact sur l'environnement, janvier 1994, p. 2-40¹⁶.

3.4.4 Réduction, réemploi, recyclage et valorisation

La « réduction » est l'action visant à diminuer la quantité de résidus à éliminer, notamment par l'application de techniques de traitement sur les divers matériaux rencontrés. Il peut s'agir, par exemple, de procéder à la scarification de la surface d'un béton contaminé avant de gérer l'ensemble du béton (voir le tableau 5).

Le « réemploi » est l'utilisation répétée d'un produit sans modification de son apparence ou de ses propriétés (par exemple, le réemploi de poutres de métal provenant d'une usine démantelée pour la construction d'un autre bâtiment).

Le « recyclage » est l'utilisation, dans un procédé industriel, d'une matière résiduelle ou d'un matériau de démantèlement en remplacement d'une matière première vierge. Un exemple serait l'utilisation de débris de métal comme matière première dans une fonderie.

Finalement, la « valorisation » est la mise en valeur d'une matière résiduelle ou d'un matériau de démantèlement à d'autres fins que son réemploi ou son recyclage. On pense, par exemple, à la valorisation du béton concassé comme matériau granulaire pour la construction de routes.

LA BONNE PRATIQUE

<p>Le principe de la réduction, du réemploi, du recyclage et de la valorisation (3RV) doit être favorisé pour la gestion des matériaux provenant du démantèlement par rapport à l'élimination dans des lieux autorisés.</p>

Cependant, la valorisation sur des terrains de matériaux de démantèlement provenant de bâtiments potentiellement contaminés peut entrer en conflit avec le principe de prévention de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*¹. Le principe de prévention vise à préserver l'intégrité des sols afin d'en sauvegarder les fonctions écologiques et de garantir le plein usage de cette ressource actuellement et dans l'avenir. Il y a donc lieu de concilier le principe de prévention de la Politique avec la valorisation des matières résiduelles sur des terrains.

3.4.5 Élimination

Le traitement et le 3RV doivent être considérés en premier lieu lors du choix d'un mode de gestion, car en plus d'être profitables sur le plan environnemental, ces solutions peuvent être économiquement avantageuses. Il est à noter que le ministère de l'Environnement privilégie le tri à la source lors des opérations de démantèlement, d'où l'importance d'effectuer une bonne ségrégation des matériaux récupérables et non récupérables avant le transport vers le lieu d'élimination.

L'élimination devrait être considérée en dernier recours seulement. Lorsque la gestion à partir du principe du 3RV est impossible, les matériaux doivent être éliminés dans des lieux appropriés, selon leur degré de contamination.

La gestion des matériaux devra se faire selon la *Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c.Q-2)*. En fonction du degré de contamination détecté, on appliquera la réglementation en vigueur, soit le *Règlement sur les déchets solides, (c. Q-2, r.3.2)* ou le *Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2)*. Une fois inventoriés et caractérisés, certains matériaux de démantèlement peuvent s'avérer être des déchets solides ou des matières dangereuses, selon le degré de contamination qu'ils représentent. Il faut garder à l'esprit que dans un contexte d'élimination, les matériaux de démantèlement sont gérés de la même façon que les matières résiduelles.

Les matériaux qui répondent à la définition des matériaux secs, selon l'article 1, paragraphe n) du *Règlement sur les déchets solides (c. Q-2, r.3.2)* (RDS), et dont le degré de contamination est inférieur aux normes du *Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2)* (RMD) peuvent être éliminés dans un dépôt de matériaux secs autorisé en vertu des articles 54, 55 et, le cas échéant, de l'article 31.5 de la *Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c.Q-2)*.

Les matériaux de démantèlement classés comme déchets solides peuvent également être éliminés dans un lieu d'enfouissement sanitaire ou dans un dépôt en tranchée (sections X, c.Q-2, r.3.2). Par ailleurs, l'incinération représente un mode d'élimination approprié dans le cas des déchets solides combustibles (sections V, c.Q-2, r.3.2). Au nord du 55^e parallèle et dans les autres territoires mentionnés à l'article 100.1 du RDS, les déchets solides peuvent aussi être éliminés dans un dépôt en milieu nordique (section X.1, c.Q-2, r.3.2).

Les matériaux provenant d'une fabrique de pâtes et papiers et qui répondent à la définition de gravats au sens de l'article 131 du *Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers (c.Q-2, r.12.1)* peuvent être éliminés dans un dépôt définitif par enfouissement faisant partie d'un système de gestion de déchets de fabrique. Les déchets de fabrique

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

sont aussi acceptés dans les lieux d'enfouissement sanitaire régis par le RDS.

Les matériaux de démantèlement qui sont assimilés à des matières dangereuses au sens de l'article 4 du RMD doivent être transportés vers un lieu d'élimination de matières dangereuses autorisé en vertu de l'article 70.9 de la *Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c.Q-2)*.

Le tableau 6 présente un résumé des options de gestion existantes (3RV et élimination) pour différentes classes de matériaux de démantèlement. Les exemples fournis ne sont pas exhaustifs.

Tableau 6 : Modes de gestion des diverses classes de matériaux de démantèlement

Exemples non exhaustifs

OPTIONS DE GESTION		
CLASSES DE MATÉRIAUX	3RV	ÉLIMINATION
Équipements de production ou d'exploitation (classe 1)		
Assimilés à une matière dangereuse.	Traitement de décontamination pour permettre le réemploi des équipements ou le recyclage des pièces démantelées.	Élimination dans un centre spécialisé autorisé (lieu d'élimination de matières dangereuses).
Équipements qui ne sont pas assimilés à une matière dangereuse.	Réemploi des équipements. Si démantèlement des équipements, prévoir le 3RV. Pour les équipements métalliques, transport vers une fonderie ou vers un récupérateur de métaux.	Élimination dans un LES, un DET ou un dépôt en milieu nordique, s'il y a lieu.
Béton et matériaux associés (classe 2)		
Béton bitumineux assimilé à une matière dangereuse (note 1).	Traitement en vue d'une décontamination ou d'une réduction de volume.	Élimination dans un centre spécialisé autorisé (lieu d'élimination de matières dangereuses).
Béton bitumineux (note 1)	Le broyage et le recyclage comme matière première dans une usine de béton bitumineux sont à privilégier d'un point de vue environnemental. Le broyage et la valorisation dans des infrastructures routières sont aussi privilégiés. Les matériaux utilisés sont exempts de résidu solide non compatible.	Élimination dans un DMS, un DET, un LES ou un dépôt en milieu nordique, s'il y a lieu.
Béton, briques assimilés à une matière dangereuse.	Lorsqu'une paroi est composée de plusieurs rangées de briques, il est probable que seule la première rangée sera fortement contaminée. Traitement en vue de favoriser le 3RV. Notez que le traitement peut faire en sorte que les matériaux traités ne soient plus des matières dangereuses. Consultez l'option ci-dessous pour connaître dans ce cas les options possibles de gestion.	Élimination dans un centre spécialisé autorisé (lieu d'élimination de matières dangereuses).
Béton, briques qui ne sont pas assimilés à une matière dangereuse.	Broyage et valorisation comme granulats dans la fabrication de béton. Broyage et valorisation comme matériaux	Élimination dans un DMS, un DET, un LES ou un dépôt en milieu nordique, s'il y a lieu. Les gravats provenant d'une fabrique de pâte et papiers peuvent être

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

OPTIONS DE GESTION		
CLASSES DE MATÉRIAUX	3RV	ÉLIMINATION
	de construction à l'intérieur d'infrastructures de génie civil ou comme remblai par surélévation. De façon générale, il est recommandé de séparer et de ne pas remblayer les briques réfractaires ainsi que le béton ou les briques tachés par des hydrocarbures pétroliers ou qui ont reçu un enduit (bitume, peinture). La valorisation se fait dans le cadre d'un projet se réalisant à court terme. Les matériaux de démantèlement utilisés sont exempts de résidu solide non compatible. Sauf exception, les matériaux de démantèlement sont fragmentés à des dimensions n'excédant pas 125 mm. En cas de présence de métal d'armature, celui-ci n'excède pas de chacun des morceaux. En général, les matériaux de démantèlement sont complètement recouverts. Ils ne doivent pas être mélangés aux sols en place afin de faciliter leur identification et leur éventuel réemploi. Pour le béton, consultez la procédure détaillée à la section 3.3.5 lorsqu'on soupçonne une contamination et qu'on désire valoriser sur le terrain contaminé d'origine le béton à l'intérieur d'infrastructures de génie civil ou comme remblai par surélévation.	éliminés par enfouissement dans un système de gestion de déchets de fabrique ou dans un LES.
Matériaux métalliques (classe 3)		
Matériaux métalliques assimilés à une matière dangereuse.	Traitement en vue de favoriser le 3RV. Recyclage direct dans une fonderie (cas d'une contamination par des huiles ou des graisses). Le traitement peut faire en sorte que les matériaux traités ne soient plus des matières dangereuses. Consultez le rang ci-dessous pour connaître les options de gestion.	Élimination dans un centre spécialisé autorisé (lieu d'élimination de matières dangereuses).
Matériaux métalliques qui ne sont pas assimilés à une matière dangereuse.	Réemploi. Consultez le <i>Règlement sur les produits et équipements pétroliers</i> pour la réutilisation des réservoirs. Transport vers une fonderie ou vers un récupérateur de métaux.	Élimination dans un LES, un DET ou un dépôt en milieu nordique, s'il y a lieu. Consultez le <i>Règlement sur les produits et équipements pétroliers</i> pour la destruction des réservoirs non réutilisables.
Matériaux divers (classe 4)		

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

OPTIONS DE GESTION		
CLASSES DE MATÉRIAUX	3RV	ÉLIMINATION
Bois assimilé à une matière dangereuse.	Traitement en vue d'une décontamination ou d'une réduction de volume.	Élimination dans un centre spécialisé autorisé (lieu d'élimination de matières dangereuses)
Bois qui n'est pas assimilé à une matière dangereuse.	Réemploi, valorisation énergétique, fabrication de copeaux, recyclage comme litière d'animaux, etc.	Envoi dans un DMS, un LES, un DET ou un dépôt en milieu nordique, s'il y a lieu.
Bois traité assimilé à une matière dangereuse (note 2).	Valorisation énergétique dans les sources fixes d'une capacité supérieure à 15 MW et en respectant les conditions d'admissibilité.	Élimination dans un centre spécialisé autorisé (lieu d'élimination de matières dangereuses).
Bois traité (note 2)	Réemploi comme bois traité. Le réemploi n'est pas recommandé pour les ouvrages construits en milieu sensible en eau douce et dans le cadre d'exploitations agricoles aux endroits où le matériel est susceptible d'être en contact avec les animaux, leur nourriture ou avec les produits d'alimentation. Valorisation énergétique dans des sources fixes d'une capacité supérieure à 15 MW et en respectant les conditions d'admissibilité.	Enfouissement dans un site à sécurité accrue voué à l'enfouissement de déchets spéciaux ou dangereux ou dans un LES équipé d'un système de captage et de traitement du lixiviat.
Plâtre assimilé à une matière dangereuse.	Traitement en vue d'une décontamination ou d'une réduction de volume.	Élimination dans un centre spécialisé autorisé (lieu d'élimination de matières dangereuses).
Plâtre qui n'est pas assimilé à une matière dangereuse (note 3).	Séparation du papier et du gypse et recyclage du gypse pour refaire d'autre plâtre ou fabriquer des litières pour animaux.	Élimination dans un DMS, un LES, un DET ou un dépôt en milieu nordique, s'il y a lieu. Les gravats provenant d'une fabrique de pâtes et papiers peuvent être éliminés par enfouissement dans un système de gestion de déchets de fabrique ou dans un LES.
Autres matières résiduelles non dangereuses, granulaires et utilisées comme matériaux de construction.	Réemploi comme matériaux de construction dans des usages prévus dans le cadre d'ententes ou de certificats d'autorisation. Ne pas les mélanger aux sols en place afin de faciliter leur identification et leur éventuel réemploi. Si l'on soupçonne une contamination provenant de l'activité ayant eu lieu sur le site à démanteler, il est possible que des analyses doivent être refaites pour vérifier si le matériau est toujours conforme aux clauses de l'entente ou du	Si aucun réemploi n'est possible, élimination des matières résiduelles qui répondent à la définition de déchet solide au sens du RDS dans un LES ou s'il y a lieu, dans un DET ou un dépôt en milieu nordique.

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

OPTIONS DE GESTION		
CLASSES DE MATÉRIAUX	3RV	ÉLIMINATION
	certificat d'autorisation. Consultez la Direction régionale du MENV.	
Granulats naturels		
	<p>Si l'on soupçonne une contamination provenant de l'activité ayant eu lieu sur le site à démanteler, utilisation des critères génériques pour les sols de la <i>Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés</i>. On pourra utiliser comme témoins, pour fins de comparaison des résultats d'analyses chimiques, des granulats naturels de même nature géologique que ceux testés mais auxquels n'est pas associé un historique de contamination. Réemploi comme matériaux de construction à l'intérieur d'infrastructures de génie civil ou comme remblai.</p> <p>Cependant, pour de la pierre nette supérieure à 2,5 mm, non altérable et destinée à être utilisée comme matériau de construction, des résultats de tests de lixiviation peuvent être comparés à des critères établis pour les usages permis dans le <i>Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction</i> (publication à venir).</p> <p>S'il y a lieu, traitement en vue d'une décontamination. Les granulats naturels visiblement tachés ou souillés ne doivent pas être réemployés sans avoir subi un traitement pour les décontaminer.</p> <p>Les granulats naturels sont exempts de résidu solide non compatible. Ils ne doivent pas être mélangés aux sols en place afin de faciliter leur identification et leur éventuel réemploi.</p> <p>Utilisation dans un LES ou un DMS selon l'article 48 du RDS, comme matériau de recouvrement.</p>	

Note 1 : Par définition, le béton bitumineux n'est pas une matière dangereuse au sens du Règlement sur les matières dangereuses (art. 2, paragraphe 14⁰). Cependant, lors d'un démantèlement, le béton bitumineux peut être assimilé à une matière dangereuse s'il est

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

contaminé en surface par une matière dangereuse autre que ses composantes intrinsèques.

Note 2 : Lignes directrices sur la gestion du bois traité usagé, MEF, mai 1998 (version finale)¹⁷. Le bois traité n'est pas une matière dangereuse au sens du Règlement sur les matières dangereuses (article 2, paragraphe 18⁰). Cependant, lors d'un démantèlement, le bois traité peut être assimilé à une matière dangereuse s'il est contaminé en surface par une matière dangereuse autre que ses composantes intrinsèques.

Note 3 : La Colombie-Britannique a instauré une interdiction d'enfouissement du plâtre parce que ce matériau produit un gaz toxique, le H₂S, en contact avec les eaux de lixiviation d'un site d'enfouissement.

DMS : Dépôt de matériaux secs

RMD : Règlement sur les matières
dangereuses

DET : Dépôt en tranchée

LES : Lieu d'enfouissement sanitaire

RDS : Règlement sur les déchets solides

4. L'ENCADREMENT LÉGAL

À titre informatif, le tableau suivant donne les principaux articles de loi ou règlements qui relèvent de la compétence du ministère de l'Environnement et qui peuvent s'appliquer au démantèlement d'un bâtiment ou à la gestion des matières résiduelles ou des matériaux de démantèlement. **Cette section ne remplace en aucun cas les textes légaux.** Veuillez lire les lois et règlements et consulter une Direction régionale du ministère de l'Environnement.

Tableau 7 : Principaux articles de loi ou règlements qui peuvent s'appliquer aux activités de démantèlement d'un bâtiment ou à la gestion des matériaux de démantèlement

ACTIVITÉS	LOIS OU RÈGLEMENTS	ARTICLES	REMARQUES
Démantèlement	Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement (c.Q-2, r.1.001)	2, 2 ^o	Vérifiez si un permis de démolition est requis par la municipalité.
	Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2)	13 et annexe 3	
Entreposage	Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q. c.Q-2)	22 70.9, 3 ^o	Entreposage de béton, brique, asphalte trié à la source pour fin de réemploi, de recyclage ou de valorisation. Entreposage de bois traité usagé. Vérifiez l'assujettissement à l'article 22 à la Direction régionale du MENV.

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

ACTIVITÉS	LOIS OU RÈGLEMENTS	ARTICLES	REMARQUES
Traitement	Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q. c.Q-2)	22 54 et 55 70.9 , 2 ^o	Consultez la Direction régionale du MENV. Si l'activité nécessite le tri et la récupération de matières ou de produits contenus dans des déchets solides.
	Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement (c.Q-2, r.1.001)	2, 5 ^o	Consultez la Direction régionale du MENV.
	Règlement sur les déchets solides (c.Q-2, r.3.2)	1, q) 1.1	Installations de récupération qui ne constituent pas un lieu d'élimination ou d'entreposage au sens du <i>Règlement sur les déchets solides</i> . Consultez la Direction régionale du MENV pour vérifier l'assujettissement à l'article 22 (L.R.Q. c. Q-2).
	Règlement sur les carrières et sablières (c.Q-2, r.2)		Si le traitement comporte des opérations de concassage et de tamisage. Consultez la Direction régionale du MENV.
	Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2)	118, 2 ^o	

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

ACTIVITÉS	LOIS OU RÈGLEMENTS	ARTICLES	REMARQUES
	Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (c.Q-2, r.9)	2, w)	
Réemploi, recyclage, valorisation	Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q. c.Q-2)	22 70.9, 4 ^o	Consultez la Direction régionale du MENV pour vérifier l'assujettissement à l'article 22 (L.R.Q. c. Q-2).
	Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2)	32, 1 ^o , 2 ^o	
	Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (c.Q-2, r.9)	2, u)	
Élimination	Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q. c.Q-2)	31.5, 54, 55 66 70.9 , 1 ^o	
	Règlement sur les déchets solides (c.Q-2, r.3.2)		
	Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (c.Q-2, r.9)	2, t) 2, v)	
	Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2)	12 et 117	

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

ACTIVITÉS	LOIS OU RÈGLEMENTS	ARTICLES	REMARQUES
	Loi portant sur l'interdiction d'établir ou d'agrandir certains lieux d'élimination de déchets (L.R.Q., c. I-14.1)		
Autres	Règlement sur les matières dangereuses (c. Q-2, r.15.2)	11 et 21	Expédition d'une matière dangereuse résiduelle.

5. COMPTE RENDU DES TRAVAUX

Dans le cadre d'un projet de démantèlement où l'on favorise le principe de la réduction, du réemploi, du recyclage et de la valorisation, il est important de bien documenter la destination finale des matières résiduelles et des matériaux de démantèlement.

À la suite des travaux, un compte rendu peut être rédigé pour rassembler toutes les informations obtenues lors du démantèlement. Ce compte rendu peut inclure les différentes étapes du projet.

5.1 Phase exploratoire

Le compte rendu de la phase exploratoire peut comporter plusieurs sections, comme l'historique du terrain, l'arpentage et le nivellement, l'emplacement des structures et équipements souterrains, la stabilité structurale des bâtiments ainsi que les plans, schémas et photographies.

5.2 Inventaire

L'inventaire des matières résiduelles, des bâtiments et des structures sur le site est un volet important d'un projet de démantèlement. Le compte rendu de cet inventaire peut comprendre notamment des informations sur l'établissement des maillages utilisés pour les bâtiments, les structures, le revêtement de la surface et les matières résiduelles, ainsi que les tableaux de compilation des données (annexe 1). Il peut contenir une description de la méthodologie employée pour faire les inventaires général et détaillé et l'estimation des volumes des matériaux présumés contaminés.

5.3 Caractérisation

Le compte rendu peut inclure toutes les données finales découlant de la réalisation des travaux de caractérisation. Ces données comprennent notamment les patrons d'échantillonnage utilisés et présentés sur un ou plusieurs plans à l'échelle, la taille des échantillons, les méthodes de prélèvement pour les matériaux décrits précédemment de même que la quantité d'échantillons prélevés. Le compte rendu peut aussi présenter les méthodes de préparation des échantillons et d'analyses chimiques ainsi qu'une compilation et une interprétation des résultats d'analyses chimiques. De plus, il peut

fournir des données sur la délimitation des secteurs contaminés et l'évaluation des quantités de matériaux contaminés au delà des normes du *Règlement sur les matières dangereuses* (c. Q-2, r.15.2). Finalement, il peut inclure une liste des matériaux pour lesquels une caractérisation complémentaire est nécessaire.

5.4 *Démantèlement*

Le compte rendu devrait inclure des informations sur le déroulement des opérations, l'échéancier de travail, les précautions prises pour protéger la santé et assurer la sécurité des travailleurs et le bien-être de la population environnante, les nuisances (bruit, poussières, etc.), les changements apportés par rapport à ce qui était prévu, les problèmes rencontrés et tout autre aspect pertinent.

5.5 *Gestion des matériaux*

Cette section du compte rendu peut comprendre une description des méthodes de traitement qui auront été utilisées et de la gestion finale des matériaux (matières dangereuses ou non, matériaux décontaminés et tous les résidus produits par la décontamination). Les lieux finaux de gestion pourront être mentionnés pour les différents groupes et classes de matériaux, avec les preuves d'acceptation.

5.6 *Programme d'assurance qualité*

Le compte rendu des travaux peut présenter les résultats relatifs à l'assurance qualité en ce qui concerne le prélèvement des échantillons et leur analyse. Il est aussi pertinent de consigner par écrit les moyens pris pour le contrôle et l'assurance de la qualité des travaux de terrain (annexe 2).

RÉFÉRENCES

- ¹ Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, juin 1998.
- ² Ministère de l'Environnement du Québec. *Guide de caractérisation des terrains*, 1999.
- ³ Ministère des Ressources naturelles du Québec. *Guide et modalités de préparation du plan et exigences générales en matière de restauration des sites miniers au Québec*, 1997.
- ⁴ Ministère de l'Environnement du Québec. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahiers 1 à 8*, Gouvernement du Québec, Les éditions Le Griffon d'argile, 1995-2001.
- ⁵ Ministère de l'Environnement du Québec. *Liste des méthodes d'analyse relatives à l'application des règlements découlant de la Loi sur la qualité de l'environnement – Règlement sur les matières dangereuses*, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.
- ⁶ Ministère de l'Environnement du Québec. *Guide d'application du règlement sur les matières dangereuses*, 1998.
- ⁷ Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Frottis - Détermination des BPC par congénères*, MEF 1997 (méthode MA.400-BPC 1.0), 1997.
- ⁸ Ministère de l'Environnement du Québec. *Liste des méthodes suggérées pour la réalisation des analyses de laboratoire, Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.
- ⁹ Ministère de l'Environnement du Québec. *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuse de source industrielle comme matériau de construction* (publication à venir).
- ¹⁰ Ministère de l'Environnement du Québec. *Analyses des granulats naturels*, septembre 2001.
- ¹¹ Ministère de l'Environnement du Québec. *Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008*.
- ¹² Gobbey, Anne. *Évaluation du comportement des déchets : l'approche globale de l'ADEME*, Stab. et env. 1999, pages 385 à 391.

¹³ Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Lignes directrices d'intervention lors de l'enlèvement de réservoirs souterrains ayant contenu des produits pétroliers*, août 1994.

¹⁴ RCRA land disposal restrictions : a guide to compliance. *The hazardous waste consultant*, Elsevier Science Inc., (octobre and novembre 1994), p. 8.6-8.10.

¹⁵ Esposito, M.P. et al. *Decontamination techniques for buildings, structures and equipment*, 1987.

¹⁶ Cintec Environnement inc. *Plan d'élimination des BPC dont le MEF a la garde, Étude d'impact sur l'environnement*, janvier 1994.

¹⁷ Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Lignes directrices, gestion du bois traité usagé*, mai 1998.

¹⁸ Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Guide de procédures - Assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie*, 1995.

BIBLIOGRAPHIE

Académie des sciences. *Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion*, Rapport no 42, août 1998, page 239.

Bureau de Normalisation du Québec. Projet de norme P 2560-600, *Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – Classification et caractérisation*, 2002.

Cintec Environnement inc. *Plan d'élimination des BPC dont le MEF a la garde, Étude d'impact sur l'environnement*, janvier 1994.

Cheremisinoff, Paul N. et Bruce T. Manganiello. *Environmental field sampling manual*, Cahners publishing company, 1990.

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement. *Lignes directrices nationales sur la désaffectation des sites industriels*, Ontario, Conseil canadien des ministres de l'environnement, mars 1991.

Cormier, R. et A. Pellegrino. *Réfection du laboratoire haute-tension de l'IREQ*, Québec, IREQ, octobre 1985.

Cosper, S.D., W.H. Hallenbeck et G.R. Brenniman. *Construction and demolition waste: generation, regulation, practices, processing and policies*, Chicago, Illinois, The board of Trustees of the University of Illinois, 1993.

Environmental science and engineering inc. *Evaluation of acceptable levels of trace elements in Portland cement*, octobre 1991.

Esposito, M.P. et al. *Decontamination techniques for buildings, structures and equipment*, 1987.

Esposito, M.P. et al. *Guide for decontaminating buildings, structures, and equipment at superfund sites*, U.S. Environmental Protection Agency, Ohio, mars 1985.

Forget, Simon. *Revue bibliographique sur la mobilité, voies de contamination et sort du PCP et du CCA utilisés comme agent de préservation du bois*, STEPPE-UQAM et Services environnementaux de Bell Canada, juillet 1997.

Gobbey, Anne. *Évaluation du comportement des déchets : l'approche globale de l'ADEME*, Stab. et env. 1999, pages 385 à 391.

Görtz, W., Bantz, I. *Requirements for the re-utilization of treated soil and material excavated from building sites – practical experience gained through a municipal recycling concept*, Environment Office, pages 891-901.

Guillot, J.G. *Déversement de mercure métallique : Les étapes à suivre pour obtenir une décontamination réussie*, Centre de toxicologie du Québec, mai 1996.

International solid waste and public cleaning association working group on recycling. *Recycling of construction and demolition waste*, Proceeding of a conference at Entsorga, Germany, 1991.

Lambert, G. et L. Domizio. *Construction and demolition waste disposal: management problems and alternative solution*, South Portland, Northeast Waste Management Officials Association, février 1993.

Laroche, M. et al. *Développement de nouvelles méthodes d'échantillonnage et d'analyses des remblais hétérogènes affectés par une contamination mixte*, Dessau Environnement inc., mars 1997.

Lauzon Claude. *La fabrication du ciment, du clinker au béton*, Chimiste, décembre 1999.

Massachusetts Department of Environmental Protection. *Guide to regulations for using or processing, asphalt, brick and concrete rubble*, février 1995.

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Lignes directrices d'intervention lors de l'enlèvement de réservoirs souterrains ayant contenu des produits pétroliers*, août 1994.

Ministère de l'Environnement du Québec. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahiers 1 à 8*, Gouvernement du Québec, Les éditions Le Griffon d'argile, 1995-2001.

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Guide de procédures - Assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie*, 1995.

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Frottis - Détermination des BPC par congénères*, MEF 1997 (méthode MA 400-BPC 1.0), 1997.

Ministère de l'Environnement du Québec. *Guide d'application du règlement sur les matières dangereuses*, 1998.

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Lignes directrices, gestion du bois traité usagé*, mai 1998.

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, juin 1998.

Ministère de l'Environnement du Québec. *Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008*.

Ministère de l'Environnement du Québec. *Guide de caractérisation des terrains*, 1999.

Ministère de l'Environnement du Québec. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. *Liste des méthodes suggérées pour la réalisation des analyses de laboratoire, Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*.

Ministère de l'Environnement du Québec. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. *Liste des méthodes d'analyse relatives à l'application des règlements découlant de la Loi sur la qualité de l'environnement – Règlement sur les matières dangereuses*.

Ministère de l'Environnement du Québec. *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuse de source industrielle comme matériau de construction* (publication à venir).

Ministère de l'Environnement du Québec. *Analyses des granulats naturels*, septembre 2001.

Ministère des Ressources naturelles du Québec. *Guide et modalités de préparation du plan et exigences générales en matière de restauration des sites miniers au Québec*, 1997.

Ministry of Environment and Energy of Ontario. *Guidelines for use at contaminated sites in Ontario*, Ontario, Queen's Printer for Ontario, juin 1996.

Ministry of Environment of Ontario. *Criteria for the management of inert fill*, août 1998.

Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. *General administrative order on building materials*, Netherlands Government gazette, juin 1991.

Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. *Non-profit housing environmental site assessment review handbook*, Ontario, novembre 1993 (non publié).

Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. *Building materials (soil and surface waters protection) Decree on or in the soil or in surface waters*, novembre 1995.

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

New Jersey Department of Environmental Protection and Energy. *Field sampling procedures manual*, Jerry R. Schoenleber Editors, mai 1992.

Pennsylvania Department of Environmental Protection. *Draft safe fill policy*, juin 2000.

Portland Cement Association. *An analysis of selected trace metals in cement and kiln dust*, 1992.

RCRA land disposal restrictions: a guide to compliance. *The hazardous waste consultant*, Elsevier Science Inc., (octobre and novembre 1994), p. 8.6-8.10.

Recycling construction and demolition waste in Vermont, Final report, Vermont, 1990.

State of Rhode Island and Providence plantations, Department of Environmental Management. *Solid waste regulation no 7, Facilities that process construction and demolition debris*, janvier 1997.

Thornton, Iain. *Applied Environmental Geochemistry*, Academic Press, 1983, page 281.

Veska, E. et W.H. Steibel. «Industrial site decommissioning and clean up in Ontario», de *Hazardous materials management*, février 1991.

Wade, R.L. et J.P. Woodyard. *Sampling and decontamination methods for buildings and equipment contaminated with polychlorinated dibenzodioxins*, présenté à l'American Chemical Society Division of Environmental Chemistry symposium, New York, mai 1986.

Weiner, S.A. *Site remediation program*, Department of environmental protection and energy, New Jersey, mars 1992.

ANNEXE 1

**TABLEAU RÉCAPITULATIF DES GROUPES ET CLASSES DES MATÉRIAUX
INVENTORIÉS**

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

TABLEAU 1A

Tableau récapitulatif des groupes et classes des matériaux inventoriés

Description	Class e de maté riau	Volume approxim atif (m ³)	Remarq ues
Matières résiduelles	X		
Matériaux de démantèlement potentiellement exposés à de la contamination			
Équipements de production ou d'exploitation	1		
Béton et matériaux associés	2		
Matériaux métalliques	3		
Matériaux divers	4		
Grand total des matériaux de démantèlement potentiellement exposés à la contamination			
Granulats naturels potentiellement exposés à de la contamination	X		
Matériaux de démantèlement non exposés à de la contamination			
Équipements de production ou d'exploitation	1		
Béton et matériaux associés	2		
Matériaux métalliques	3		
Matériaux divers	4		
Grand total des matériaux de démantèlement non exposés à de la contamination			
Granulats naturels non exposés à de la contamination	X		

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

ANNEXE 2

PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITÉ

Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement

PROGRAMME D'ASSURANCE QUALITÉ

Contrôle et assurance de la qualité

La mise en place d'un programme d'assurance et de contrôle de la qualité est importante pour l'ensemble de la campagne d'échantillonnage, à partir du prélèvement et de la conservation des échantillons jusqu'à leur analyse en laboratoire.

1. Méthodes de prélèvement et de conservation des échantillons

En ce qui concerne le prélèvement et la conservation des différents types d'échantillons, les méthodes recommandées apparaissent dans les éditions courantes des documents suivants :

Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 1 : Généralités, Cahier 2 : Échantillonnage des rejets liquides, Cahier 5 : Échantillonnage des sols, Cahier 8 : Échantillonnage des matières dangereuses, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ)⁴. Ces documents sont vendus par le CEAEQ et par les éditions Le Griffon d'argile.

Ministère de l'Environnement, Liste des méthodes d'analyse relatives à l'application des règlements découlant de la Loi sur la qualité de l'environnement, Règlement sur les matières dangereuses, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), édition courante⁵. Cette liste est disponible dans le site Internet du CEAEQ qui est accessible par le site Internet du MENV (menv.gouv.qc.ca). Les méthodes d'analyse sont vendues par le CEAEQ.

Ministère de l'Environnement, Liste des méthodes suggérées pour la réalisation des analyses de laboratoire, Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), édition courante⁸. Cette liste est disponible dans le site Internet du CEAEQ qui est accessible par le site Internet du MENV. Les méthodes d'analyse sont vendues par le CEAEQ.

2. Programme d'assurance qualité des analyses de laboratoire

L'entrepreneur responsable de la réalisation des étapes I à IV du présent guide met en place et exécute un programme d'assurance qualité pour toutes les analyses de laboratoire. Ce programme est conforme à celui qui est décrit dans le document suivant :

Guide de procédures - Assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie, MEF, 1995¹⁸. Ce document est vendu par Les Publications du Québec.

3. Accréditation des laboratoires

Dans le cas des matières dangereuses, il est obligatoire (art. 18 du RMD) de faire réaliser les analyses chimiques dans des laboratoires accrédités, de façon à assurer une plus grande fiabilité des résultats. Une liste à jour des laboratoires accrédités est disponible dans le site Internet du CEAEQ qui est accessible par le site Internet du MENV (menv.gouv.qc.ca).

Contrôle et assurance de la qualité des travaux de terrain

L'entrepreneur est responsable du contrôle et de la qualité des travaux qui seront effectués sur le terrain.

L'entrepreneur devrait consigner par écrit les moyens qui seront pris lors des travaux pour assurer la qualité des opérations. Le compte rendu peut inclure les points suivants, sans toutefois s'y restreindre : la gestion des matières résiduelles et des matériaux de démantèlement, la manipulation et le transport des matériaux qui sont des matières dangereuses, le suivi des travaux, l'organisation du travail et, s'il y a lieu, le programme de prévention en santé et en sécurité du travail.