

**RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS À  
LA PRÉSENCE DE CONTAMINANTS ORGANI-  
QUES DE SYNTHÈSE DANS DIFFÉRENTES  
BOUES RÉSIDUAIRES LORS DE LEUR  
VALORISATION EN MILIEU AGRICOLE ET  
FORESTIER.**

***Risques environnementaux associés à la présence de contaminants  
organiques de synthèse dans différentes boues résiduelles lors de leur  
valorisation en milieux agricole et forestier***

**REVUE DE LITTÉRATURE**

**Réalisée par:**

**Denis Couillard, professeur  
Pierre Chouinard, M.Sc., agr.  
avec la collaboration de Guy Mercier, M.Sc. eau**

**Université du Québec  
Institut national de la recherche scientifique  
INRS-Eau**

***Composés organiques de synthèse  
dans les boues résiduelles***  
**Revue de littérature**  
**Document no. 381**

**pour la  
Direction de l'environnement du Ministère des Forêts du Québec**

**NOVEMBRE 1993**

## **AVERTISSEMENT**

Ce travail a été subventionné par la Direction de l'environnement du ministère des Forêts du Québec. Les opinions et les recommandations exprimées dans ce document n'engagent que la responsabilité des auteurs et non celle du ministère des Forêts.

Mots clés: boues de stations d'épuration, boues municipales, boues de fosses septiques, boues de pâtes et papiers, boues de désencrage, boues de papeteries, composés organiques de synthèse, valorisation agricole, valorisation sylvicole

## TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux	iii
Liste des annexes	v
Problématique	1
1 Contamination des boues résiduaires	5
1.1 Caractérisation	6
1.2 Normes d'épandage	39
1.3 Situation au Québec et ailleurs au Canada	43
2 Comportement	49
2.1 Air	49
2.2 Sol	53
2.3 Eau	65
3 Effets sur l'environnement	71
3.1 Végétation	71
3.2 Organismes du sol	75
3.3 Faune terrestre	79
3.4 Faune aquatique	85
4 Risques d'atteinte à la santé humaine	87
Conclusion, recommandations sur les guides de bonnes pratiques et priorités recherche	91
Bibliographie et coordonnées de différents experts	97
Glossaire et abréviations	107



## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b>	Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse . . . . .	10
<b>Tableau 2</b>	Principales classes de composés organiques de synthèse retrouvées dans les boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques . . . . .	31
<b>Tableau 3</b>	Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage par différents composés organiques de synthèse . . . . .	34
<b>Tableau 4</b>	Normes et recommandations relatives aux composés organiques de synthèse qui sont en vigueur ou envisagées dans différents pays pour la valorisation agricole ou sylvicole des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques . . . . .	40
<b>Tableau 5</b>	Normes et recommandations relatives aux composés organiques de synthèse qui sont en vigueur ou envisagées dans différents pays pour la valorisation agricole ou sylvicole des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage . . . . .	41
<b>Tableau 6</b>	Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par les composés organiques de synthèse au Québec et au Canada . . . . .	44
<b>Tableau 7</b>	Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage par les composés organiques de synthèse au Québec et au Canada . . . . .	48
<b>Tableau 8</b>	Résumé des études sur les risques de contamination de l'air par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduelles en milieux agricole ou forestier . . . . .	50
<b>Tableau 9</b>	Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduelles en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination . . . . .	55

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 10</b>	Résumé des études sur le comportement et le devenir des composés organiques de synthèse dans l'eau et les sédiments à la suite de l'épandage de boues résiduares en milieux agricole et forestier et sur l'établissement des risques de contamination . . . . .	66
<b>Tableau 11</b>	Résumé des études sur les risques de contamination de la végétation par les composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduares en milieu agricole et forestier . . . . .	72
<b>Tableau 12</b>	Résumé des études sur les risques de contamination des organismes du sol par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduares en milieux agricole et forestier . . . . .	76
<b>Tableau 13</b>	Résumé des études sur les risques de contamination de la faune terrestre par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduares en milieux agricole et forestier . . . . .	80
<b>Tableau 14</b>	Résumé des études sur les risques de contamination de la faune aquatique par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduares en milieux agricole et forestier . . . . .	86
<b>Tableau 15</b>	Résumé des études sur la toxicité et sur les problèmes de santé humaine pouvant être associés aux composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduares en milieux agricole et forestier . . . . .	89
<b>Tableau 16</b>	Composés organiques de synthèse à privilégier et tests généraux à envisager pour la caractérisation des boues résiduares du Québec . . . . .	94

## LISTE DES ANNEXES

<b>ANNEXE 1:</b>	Établissement des niveaux de risque des différents composés organiques dans le cadre d'une valorisation agricole ou sylvicole des boues résiduares . . . . .	109
------------------	--	-----





## **Problématique**

Le traitement des eaux usées municipales et industrielles génère des quantités importantes de boues résiduelles composées principalement de matières organiques. La valeur fertilisante et les propriétés d'amendement organique de ces résidus en font des matières intéressantes à recycler en agriculture et en sylviculture, ce qui va de pair avec les politiques de conservation des ressources.

Avec la mise en place récente du réseau québécois d'assainissement des eaux usées municipales, le volume de boues produit devient en effet de plus en plus élevé dans la province (5, 13). En 1991, 98.5 % des boues municipales étaient éliminées par incinération ou par enfouissement alors que le reste était valorisé en agriculture à des fins de fertilisation et d'amendement (5). Une étude de caractérisation de 34 usines d'épuration des boues du Québec (65) montre que près de 50 % de celles-ci satisfont aux critères des guides de bonnes pratiques de valorisation agricole et sylvicole (40, 41).

La valorisation des boues originant de la vidange des fosses septiques peut également être envisagée en agriculture et en sylviculture. La composition chimique de ces boues est similaire à celle des boues municipales. Au Québec, elles doivent être stabilisées, par chaulage ou par compostage, lorsque leur valorisation est envisagée. Même s'il n'existe pas de guide de bonnes pratiques pour l'épandage des boues de fosses septiques, les critères pourraient être les mêmes que ceux préconisés pour les boues municipales (4).

L'industrie des pâtes et papiers ainsi que celle du désencrage génèrent par ailleurs des quantités importantes de boues à la suite du traitement des eaux usées des usines. La matière organique de ces deux types de boues est principalement de la cellulose (69). Des essais menés aux États-Unis et en Europe ont démontré que les boues de pâtes et papiers et de désencrage contiennent des éléments nutritifs et qu'elles constituent des amendements organiques très intéressants (11). Très peu d'essais de valorisation agricole ou sylvicole ont été menés avec ces boues au Québec et ailleurs au Canada. Les papetières envisagent de plus en plus cette voie d'élimination de leurs boues et il y a lieu de croire que cette pratique deviendra de plus en plus fréquente au cours des prochaines années.

La grande partie des travaux de valorisation est actuellement réalisée en agriculture. Le milieu forestier, les pépinières et les plantations (ex.: arbres de Noël) s'y prêtent également très bien. Les conifères, les feuillus et différents types de plantes ligneuses ornementales peuvent bénéficier énormément de l'épandage de boues résiduelles. Considérant les coûts importants reliés au temps de régénération des ressources forestières, l'utilisation des boues s'avère une voie intéressante pour améliorer la productivité et raccourcir le temps de reboisement des forêts destinées à l'exploitation (23). Dans les plantations et les pépinières, leur valorisation peut permettre de réduire les coûts de fertilisation et d'améliorer la qualité des sols grâce à l'apport de matière organique. De façon générale, la sylviculture présente aussi des

caractéristiques qui se prêtent très bien à la valorisation des boues résiduaires. En effet, la présence potentielle de contaminants chimiques et biologiques fait en sorte que les producteurs et le public sont souvent réticents à ce que les boues résiduaires soient utilisées pour la production agricole, et cela même si la valorisation s'effectue selon des critères et des normes très restrictifs, comme ceux préconisés par les guides québécois de bonnes pratiques (40, 41). En sylviculture par contre, les risques de contamination de la population humaine sont beaucoup plus faibles (15, 16) qu'en agriculture car l'exposition par voie alimentaire est habituellement faible et les sites valorisés sont généralement éloignés des zones habitées (22,11).

En comparaison avec le domaine agricole, très peu d'essais de valorisation sylvicole des boues résiduaires ont été conduits au Québec jusqu'à maintenant. L'expertise québécoise dans ce domaine est limitée. Les recommandations du guide québécois des bonnes pratiques de valorisation sylvicole des boues d'épuration (40) sont en grande partie basées sur celles du guide agricole (41) et ont également été élaborées d'après les résultats de travaux de recherche et de démonstration réalisés dans d'autres pays. Dans le cas des boues de pâtes et papiers et de désencrage, peu de travaux ont été réalisés au Québec et il n'existe encore aucune ligne de conduite pour leur valorisation, tant en agriculture qu'en sylviculture. Par ailleurs, l'écosystème forestier québécois est unique et spécifique et il comporte ses propres caractéristiques climatiques, édaphiques et hydrologiques. Ce milieu diffère considérablement des agro-écosystèmes. Il est donc important qu'une expertise propre au contexte québécois soit développée pour la valorisation sylvicole.

Étant donné leur origine, les boues de fosses septiques et d'épuration des eaux usées municipales ainsi que celles provenant de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage sont susceptibles d'apporter certains contaminants dans le milieu forestier, les plantations et les pépinières. La présence de contaminants biologiques (organismes pathogènes) et chimiques (métaux lourds et composés organiques de synthèse) dans les boues peut être limitante et doit être considérée afin de s'assurer que leur valorisation ne comporte aucun risque pour la population humaine et les écosystèmes (13). Le recyclage des boues résiduaires en sylviculture ne doit pas être envisagé seulement comme une voie d'élimination facile et économique. La valorisation doit être bénéfique et profitable pour les milieux visés et doit absolument éviter tout risque de contamination. Une approche préventive et comportant des marges de sécurité suffisantes doit être préconisée. Le degré de contamination des boues, le devenir des contaminants dans le milieu et les risques que ceux-ci pourraient représenter pour les populations humaines et les différents écosystèmes doivent être bien établis.

Plusieurs travaux de recherche ont permis de mesurer le niveau d'accumulation des métaux lourds dans différents types de boues et de mieux connaître les risques de contamination qu'ils peuvent comporter. Les organismes pathogènes qui sont susceptibles de coloniser les boues provenant des fosses septiques et de l'épuration des eaux usées municipales ont également été l'objet de nombreux travaux. À partir des résultats de recherche obtenus, plusieurs pays ont adopté des normes et des règles précises à l'égard des métaux lourds et des agents pathogènes pour la

valorisation agricole ou sylvicole des boues.

Dans le cas des composés organiques de synthèse, l'état des connaissances est beaucoup moins avancé. Deux raisons principales expliquent l'avancement moindre des travaux de recherche dans ce domaine: la multitude de composés organiques qui peuvent se retrouver dans les boues et la contrainte de recherche importante reliée aux méthodes complexes et dispendieuses de leur analyse. Au cours des dernières années, la mise au point de nouvelles méthodes analytiques a permis la réalisation d'un plus grand nombre de travaux. Même s'il subsiste encore de nombreux besoins de recherche, des travaux récents permettent de mieux évaluer les risques qui pourraient être associés aux composés organiques des boues résiduelles dans un contexte de valorisation agricole ou sylvicole.

Ce document constitue une revue exhaustive de différents travaux de recherche qui portent sur la présence de composés organiques de synthèse dans quatre types de boues résiduelles (boues d'épuration des eaux usées municipales, de fosses septiques, de traitement des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage). Il est présenté de façon à repérer facilement et rapidement les différents risques que pourraient comporter certains contaminants chimiques. Il identifie également des priorités de recherche à envisager au cours des prochaines années dans le domaine de la valorisation sylvicole (milieu forestier, plantations et pépinières) des boues résiduelles au Québec. Des données sur l'accumulation de différents composés organiques de synthèse dans les boues ainsi que sur leur comportement dans l'environnement et les écosystèmes à la suite des épandages en milieux agricoles et forestiers sont présentées. Cette revue expose également l'état de la situation concernant les risques de contamination et de toxicité que certains composés pourraient avoir pour les populations humaines et les différents organismes vivants. Les lignes de conduite adoptées ou envisagées par certains pays afin de limiter les risques associés à la présence de composés organiques de synthèse dans les boues résiduelles sont également soulignées.



## **1. Contamination des boues résiduares**

L'identification entière et complète des différents composés organiques de synthèse susceptibles de contaminer les boues résiduares constitue une tâche extrêmement laborieuse et qui ne peut être envisagée avec les techniques d'analyse actuellement disponibles. En effet, on compte plusieurs milliers de composés organiques de synthèse (14, 53, 60). L'approche retenue jusqu'à présent a été de limiter les analyses à des polluants dits prioritaires et à des composés indicateurs. Deux listes de contaminants prioritaires sont largement reconnues dans le monde. Il s'agit de celles proposées par l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.) et par la Communauté économique européenne (C.E.E.) (74). Au Canada, Environnement Canada a également développé une liste similaire à celles de l'E.P.A. et de la C.E.E. et elle regroupe environ 150 composés organiques de synthèse (74). Par définition, les contaminants prioritaires sont des composés dont les caractéristiques de toxicité (propriétés cancérigènes, mutagènes, tératogènes, etc.), de persistance et de bioaccumulation font en sorte qu'ils peuvent comporter des risques pour les humains et les différents écosystèmes susceptibles d'y être exposés (42).

La plupart des études de caractérisation des composés organiques prioritaires et indicateurs se limitent aux boues d'épuration des eaux usées municipales. Peu de données sont en effet disponibles en ce qui concerne les boues de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage. Au Canada, une firme privée de consultants a analysé 144 composés organiques de synthèse (la plupart prioritaires) dans les boues de 37 stations des eaux usées municipales (31). Aux États-Unis, une enquête nationale (National Sewage Sludge Survey) a été menée et a permis d'analyser près de 300 composés organiques de synthèse dans les boues de plus de 200 stations (35, 73). D'après les résultats de ces enquêtes, les boues municipales sont généralement très peu contaminées par les composés organiques (31, 35, 73). Dans le cas des boues de fosses septiques, il existe très peu de données disponibles. Toutefois, les experts estiment généralement que ces boues sont semblables aux boues d'épuration et que leur niveau de contamination par les composés organiques de synthèse est plus faible étant donné leur origine exclusivement domestique (68).

Afin d'évaluer le degré de contamination des boues résiduares, des approches plus générales et plus faciles à réaliser que l'analyse et l'identification individuelle de différents composés prioritaires sont également envisagées. Parmi celles-ci, on retrouve des méthodes qui permettent de doser un ensemble de composés. En Allemagne, des travaux (36) ont démontré que les organohalogènes totaux adsorbés ("Adsorbed organohalogen compounds", AOX) constituent un indice intéressant pour évaluer le degré de contamination des boues. D'autre part, des tests du potentiel mutagène peuvent également servir à évaluer le niveau de risques que les boues résiduares pourraient représenter pour l'environnement. Ce type de test consiste à évaluer les effets mutagènes d'extraits de boues sur des populations bactériennes (20, 53). Selon Jacobs *et al.* (cités dans 53), l'interprétation de ces tests est difficile et doit être effectuée avec prudence puisque plusieurs substances d'usage courant (eau potable, aliments, etc.) et composantes de l'environnement (eau, sol, etc.), reconnues

inoffensives, donnent des tests positifs.

Les sections qui suivent présentent de façon plus détaillée les différents travaux permettant d'évaluer le niveau de contamination des boues résiduairees par les composés organiques de synthèse. Afin de limiter l'ampleur du document, seules les données les plus importantes et jugées d'intérêt lors de ces études sont présentées.

## 1.1 Caractérisation

Le **tableau 1** présente diverses données sur l'accumulation de divers composés organiques dans les boues d'épuration des eaux usées municipales et les boues de fosses septiques. Étant donné leurs caractéristiques semblables et le nombre réduit d'études ayant trait aux boues de fosses septiques, celles-ci ont été regroupées avec les boues municipales. Dans le cadre de cette revue de littérature, il est donc considéré que les boues de fosses septiques sont semblables aux boues d'épuration et que leur niveau de contamination par les composés organiques de synthèse est plus faible étant donné leur origine exclusivement domestique.

Le **tableau 2** résume les informations du tableau 1 et dresse un bilan de la contamination des boues d'épuration municipales et de fosses septiques par différentes classes de composés.

Le **tableau 3** présente l'état actuel des connaissances sur la contamination des boues de pâtes et papiers et de désencrage par les composés organiques de synthèse. Étant donné leur nature semblable, ces deux types de boues ont été regroupées ensemble. Des précisions tenant compte des particularités de chacune des boues ont été apportées lorsque jugé nécessaire et utile.

Afin de faciliter la consultation des tableaux 1 à 3, les composés y sont présentés par ordre alphabétique. L'appartenance des différents composés aux grandes classes chimiques et aux catégories de la liste des contaminants prioritaires de l'E.P.A est également soulignée dans la colonne '**Autres informations**'. Dans le cas de la classification de l'E.P.A.(présentée par Gschwind et al. (26)), il faut préciser que les catégories (volatils, semi-volatils, etc.) se rapportent aux méthodes utilisées pour l'analyse des composés organiques de synthèse dans les eaux et les boues. Elles ne doivent donc pas être utilisées pour établir la persistance des composés dans l'environnement. Les teneurs mesurées (colonne '**Teneurs mesurées**') lors de différentes études et enquêtes et présentées dans les tableaux 1 à 3 permettent d'estimer le niveau possible d'accumulation de plusieurs composés organiques de synthèse dans les boues résiduairees. Ces données peuvent provenir de méthodes analytiques différentes. Des données sur la toxicité (colonne '**Toxicité générale**') et la persistance générale des composés dans l'environnement (colonne '**Persistance générale...**') servent à mieux évaluer les impacts possibles sur les écosystèmes. Des évaluations du niveau de risque (colonne '**Niveau de risque**') que pourraient comporter certains composés organiques de synthèse sont également rapportées. Lorsqu'aucun niveau de risque n'a pu être relevé

dans la littérature, une approche semblable à celle de Jacobs et al. (cité dans 53) a été utilisée. Cette approche se résume comme suit:

Se basant sur les taux d'application des pesticides (0,2 à 4,0 kg/ha de matière active), Jacobs et al. estiment qu'à des taux de 10 T de boues sèches à l'hectare (~200 kg/ha d'azote disponible si 2 % d'azote disponible dans les boues), l'épandage de boues comportant des composés organiques dont la teneur se situe à 1, 10 et 100 mg/kg boue sèche, correspond à des taux respectifs d'application au champ de 0,01, 0,1 et 1,0 kg/ha. D'après ces estimations, Jacobs et al. considèrent qu'il existe peu de risques pour la plupart des composés organiques de synthèse lorsque leur teneur est inférieure à 100 mg/kg sec de boues et que les taux d'épandage sont à un niveau agronomique (maximum de 10 T de boues sèches à l'hectare, i.e. ~200 kg/ha d'azote disponible si 2 % d'azote disponible dans les boues). Cette approche vaut pour les composés organiques de synthèse dont la dégradation est relativement rapide et pour ceux dont la toxicité est faible à modérée. Le niveau de risque établi dans les tableaux 1 à 3 tient donc compte de la plus grande persistance ou toxicité de certains composés. Enfin, les données des tableaux 7 à 14 ont aussi été considérées lors de l'établissement des risques. L'Annexe 1 montre comment le niveau de risque a été établi lorsqu'aucune référence ne permettait de le faire.

Bien qu'elle permette de mieux apprécier le niveau de risque associé à différents composés organiques de synthèse, cette méthode demeure empirique. Le lecteur devrait donc l'utiliser avec précaution et discernement, puisque les niveaux de risque établis par cette approche n'ont pas tous été établis par le biais de la réalisation d'expériences scientifiques rigoureuses.

Certains composés organiques du tableau 1 méritent une **attention particulière**. Le lecteur retrouvera facilement ces composés car ils ont été mis en **caractère italique gras** dans le tableau 1. Une attention particulière a ainsi été apportée aux composés les plus fréquents, à ceux dont la teneur peut être relativement élevée (>10 mg/kg sec) et à ceux qui pourrait comporter des risques plus importants pour l'environnement. Les composés dont certaines caractéristiques demeurent mal définies ont également été mis en évidence de la même façon. Les informations sur la toxicité, la persistance et le niveau de risque permettent au lecteur d'évaluer rapidement les risques de contamination associés à chacun des composés. Les risques environnementaux sont traités de façon plus exhaustive dans les sections 2, 3 et 4 du document.

### Commentaires sur les données des tableaux 1 à 3

La plupart des composés organiques de synthèse sont hydrophobes, peu solubles et ont tendance à se lier à la matière organique, ce qui facilite leur élimination des eaux usées mais qui par contre mène à leur concentration dans les boues (26, 64). Une partie de ces composés peuvent être dégradés lors de la stabilisation biologique des boues (64). De façon générale, les composés comportant un niveau élevé de chloration ou des cycles benzène sont plus résistants à la dégradation par la flore



bactérienne des boues (64). Les composés volatils ont quant à eux peu tendance à s'accumuler dans les boues (12, 73). L'utilisation restreinte de produits persistants (ex.: pesticides organochlorés et BPC) et la mise en place des réglementations visant la réduction des déversements de produits chimiques dans les eaux usées municipales ont contribué à réduire le niveau de contamination des boues municipales par les composés organiques de synthèse au cours des dernières années (64).

Dans l'ensemble, les données des tableaux 1 et 2 montrent que le degré de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et de fosses septiques est relativement faible. En effet, la majorité des composés organiques de synthèse des tableaux 1 et 2 (environ 150 composés) sont généralement retrouvés à des concentrations inférieures à 10 mg/kg de boue sèche. La plupart des enquêtes de grande envergure ont d'ailleurs démontré que la concentration de la plupart des composés organiques de synthèse se situe sous le seuil de 10 mg/kg de boue sèche (35, 49, 74). Dans le tableau 1, seul une vingtaine de composés dépassent la concentration de 10 mg/kg sec. À l'exception des composés organiques de synthèse très persistants ou dont la toxicité est très aigüe, des teneurs de ce niveau sont en effet considérées comme peu élevées (35, 53, 74). On retrouve aussi dans le tableau 1 une douzaine de composés dont les teneurs moyennes se situent entre 10 et 100 mg/kg sec de boue. Dans cette gamme de concentration, on relève plusieurs phtalates (butylbenzyl phtalate, diéthyl phtalate, diméthyl phtalate et di-n-butyl phtalate) et des composés tels que le benzidine, le chlorobenzène, le chloroéthane, le cresyldiphényl phosphate, le dibenzo(ah)anthracène, le naphtalène, le N-nitrosodiphétylamine, le toluène, le 1,2-trans-dichloroéthylène et le styrène. Par ailleurs, dans le cas de trois composés, des concentrations moyennes entre 100 et 10 000 mg/kg sec de boue ont été mesurées lors de certaines études de caractérisation du tableau 1. Parmi ces composés, on retrouve un phtalate (bis(2-ethylhexyl) phtalate) et des surfactants (LAS et nonylphénol ethoxylate). Les phtalates sont largement répandus dans l'environnement car ils sont utilisés pour la fabrication de plusieurs produits (PVC, adhésifs, colles, lubrifiants, etc.) (2). Les alkyl benzène sulphonates linéaires (Linear alkyl benzene sulfonates, LAS) sont utilisés comme surfactants dans les détergents à lessive alors que les nonylphénol éthoxylates et leurs dérivés entrent dans la composition de plusieurs produits de nettoyage commerciaux et industriels (38).

Les travaux de recherche menés au cours des dix dernières années permettent de constater qu'un nombre restreint de composés organiques de synthèse sont susceptibles de se retrouver dans les boues d'épuration des eaux usées municipales et de fosses septiques. Bien que plusieurs composés ont été étudiés jusqu'à ce jour, il subsiste un manque d'information à l'égard de certains produits chimiques largement utilisés. Le tableau 1 montre en effet qu'il existe très peu de travaux de recherche qui ont permis d'étudier l'accumulation des pesticides (atrazine, captan, carbaryl, diazinon, malathion, parathion, pyréthrinés et simazine) et d'autres composés de la liste des contaminants prioritaires (2-chloronaphtalène, 1,1-dichloroéthane, dichlorométhane, 1,3-dichloropropylène, bromure de méthyle) dans les boues d'épuration des eaux usées municipales et de fosses septiques.

Le tableau 3 révèle qu'il existe très peu de données qui permettent de bien établir le niveau de contamination des boues de pâtes et papiers et de désencrage par les composés organiques de synthèse. Les besoins de recherche dans ce domaine demeurent importants. Certains auteurs (11, 30, 55) affirment que ces boues sont peu contaminées, sans toutefois fournir de données à l'appui. Les boues provenant d'usines employant le blanchiment au chlore sont susceptibles de produire des boues contaminées par certains composés organochlorés (30, 54). Les dioxines et les furannes, des composés extrêmement toxiques, peuvent être retrouvés à des teneurs qui méritent d'être prises en considération lorsque la valorisation de ces boues est envisagée (8, 50). La substitution des procédés au chlore au cours des prochaines années devrait toutefois permettre de réduire la teneur des composés organochlorés des boues de pâtes et papiers. L'utilisation de solvants au cours des procédés de désencrage pourrait également être responsable de la présence de certains composés organiques dans ces boues (30). Plusieurs substances organiques naturelles de la matière ligneuse peuvent aussi s'accumuler dans les boues de pâtes et papiers (11). Leurs effets possibles sur les écosystèmes restent mal connus. Enfin, les résultats préliminaires d'essais menés à l'Université Laval montrent que les boues de désencrage sont légèrement contaminées par des composés organiques de synthèse. Ceux-ci seraient cependant peu persistants et seraient dégradés rapidement lors du compostage (25).

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	AUTRES INFORMATIONS
Acenaphtene* (Acénaphtène)	Traces <sup>a</sup> (#74) <1 à 115 <sup>c</sup> (#11,74)	Non cancérigène (#11)	Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Acenaphtylene* (Acénaphtylène)	Traces <sup>a</sup> (#74) <1 à 8 <sup>c</sup> (#74)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: >50 jrs (#60)	?	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Acrolein* (Acroléine)	ND <sup>a</sup> (#53)	Modérément toxique (#84)	Demi-vie: 10-50 jrs (#60)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Acrylonitrile*	1,04 <sup>a</sup> (#53) 0,04 à 82 <sup>c</sup> (#20,53)	Potentiellement cancérigène et mutagène (#20)	Demi-vie: <10 jrs (#60)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Aldrin*	0,00186 à 2 <sup>a</sup> (#53,68,74,80,82) 0,013 à 16,2 <sup>c</sup> (#20,53,61,74,80,82)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant (#85)  Demi-vie: >50-1237 jrs (#60,80)	Faible	Insecticide organochloré Prioritaire*
Alpha-BHC*	ND <sup>a</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	Très persistant (#85)	? (Probablement faible)	Insecticide organochloré Prioritaire*
Alpha-endosulfan*	ND <sup>a</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: >50 jrs (#60)	? (Probablement faible)	Insecticide organochloré Prioritaire*
Anthracene* (Anthracène)	1 à 7,6 <sup>a</sup> (#43,74) 0,6 <sup>b</sup> (#76) <1 à 250 <sup>c</sup> (#11,22,43,74) Présence fréquente (#43)	Non cancérigène (#11)	Persistant (#53) Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	AUTRES INFORMATIONS
<i>Atrazine</i>	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Faiblement toxique et potentiellement cancérigène (#86)</i>	Persistent (#85)	?	Herbicide
<i>Benzene*</i> (Benzène)	ND à 0,336 <sup>a</sup> (#26,53,68,80) 0,053 à 11,3 <sup>c</sup> (#53,80) <i>Présence fréquente</i> (#149)	Modérément toxique (#43)	Volatil (#64,75,77) Demi-vie: <10 jrs (#60,80)	Faible	Aromatique monocyclique Prioritaire volatil* Solvant
<i>Benzidine*</i>	0,281 à 12,7 <sup>a</sup> (#26,53)	Potentiellement cancérigène (#63)	Demi-vie: <10 jrs (#60)	Faible	Aromatique monocyclique Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Benzo (ghi) perylene* (Benzo (ghi) perylène)	0,065 à 1,42 <sup>a</sup> (#53,74,82,,80) ND à 9,1 <sup>c</sup> (#11,53,74,80,82)	Non cancérigène (#11)	Demi-vie: >50 jrs-<9,5 années (#60,80)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Benzo(a)anthracene* (Benzo(a)anthracène)	ND <sup>a</sup> (#74) <1 à 38 <sup>c</sup> (#11,74)	Potentiellement cancérigène (#11,17,63)	Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Benzo(a)pyrene*</i> ( <i>Benzo(a)pyrène</i> )	0,001 à 5,6 <sup>a</sup> (#26,53,74,80,82) ND à 2,8 <sup>b</sup> (#68,76) ND à 914 <sup>c</sup> (#11,20,22,53,74,80,82)	Potentiellement cancérigène et mutagène (#11,20,76,63)	Persistent (#63) Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)* <i>Un des principaux HAP des boues. Souvent utilisé comme indicateur de la contamination en HAP (#150)</i>

\* Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\* Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	AUTRES INFORMATIONS
Benzo(b)fluoranthène* (Benzo(b)fluoranthène)	ND à 7,5 <sup>a</sup> (#74,80,82) 8,7 <sup>b</sup> (#76) 0,06 à 14,8 <sup>c</sup> (#11,53,74,80,82)	Potentiellement cancérigène (#11)	Demi-vie: 67-252 jrs (#80)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Benzo(k)fluoranthène (Benzo(k)fluoranthène)	0,42 à 5 <sup>a</sup> (#74,82) 0,064 à 1,6 <sup>c</sup> (#11,74,82)	Non cancérigène (#11)	Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	HAP
Beta-BHC*	ND <sup>a</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	Très persistant (#85)	? ( <i>Probablement faible</i> )	Insecticide organochloré Prioritaire*
Beta-endosulfan*	ND <sup>a</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	? ( <i>Probablement faible</i> )	Insecticide organochloré Prioritaire*
Biphenyls polybromés (PBB)	ND <sup>a</sup> (#53)	Potentiellement cancérigène (#63)	Persistant (#14)	Faible	Phenyl polyhalogéné
Bis(2-chloroethyl) ether* (Bis(2-chloroéthyl) éther*)	0,1 <sup>a</sup> (#74) Traces à 0,3 <sup>c</sup> (#74) Présence fréquente (#43)	Potentiellement cancérigène (#63)	<i>Données non répertoriées</i>	?	Ether halogéné Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Bis(2-ethylhexyl) phtalate*	5,4 à 168 <sup>a</sup> (#26,49,66,74) 0,42 à 58300 <sup>c</sup> (#11,20,53,74) Teneur élevée dans les boues et fréquent (#2,12,49,35,43)	Relativement peu toxique (#2,43) Potentiellement cancérigène (#20,63)	Peu à modérément persistant (#14,18,49,74) Demi-vie: 10-50 jrs (#60,80)	Peu élevés à des taux d'application agronomiques (#2)	Phtalate Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>BPC totaux</i>	0,034 à 5,15 <sup>a</sup> (#26,27,49,74,82) <0,5 à 10 <sup>b</sup> (#40,77) 0,001 à 170 <sup>c</sup> (#5,11,14,20,22,27,61,64,74,82,86)	Potentiellement cancérigène et mutagène (#14,20,64) Risques de toxicité chronique (#14)	Très persistant (#14,64,78) Persistance augmente avec degré de chloration (#14,182) Demi-vie: >50 jrs-4 années (#60,80)	Peu élevés pour la plupart des boues et lorsque les épandages sont effectués à des taux agronomiques (#48)	BPC Plupart des boues peu contaminées ° (#14) <i>L'utilisation maintenant très restreinte des BPC fera en sorte que la teneur de ceux-ci dans les boues diminueront au cours des prochaines années</i>
BPC-1016 (Arochlor-1016)*	1,2 <sup>a</sup> (#80) ND <sup>b</sup> (#53,68) 0,20 à 75 <sup>c</sup> (#80)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant Demi-vie: 4 années (#60,80)	Faible	BPC Prioritaire* Peu fréquent dans les boues
BPC-1221 (Arochlor-1221)*	ND <sup>b</sup> (#53,68)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	BPC Prioritaire* Peu fréquent dans les boues
BPC-1232 (Arochlor-1232)*	ND <sup>b</sup> (#53,68)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant Demi-vie: 4 années (#60,80)	Faible	BPC Prioritaire* Peu fréquent dans les boues
BPC-1242 (Arochlor-1242)*	ND <sup>b</sup> (#53,68) 0,180 <sup>c</sup> (#11)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	BPC Prioritaire* Peu fréquent dans les boues
BPC-1248 (Arochlor-1248)*	ND à 0,084 <sup>a</sup> (#53,68) ND à 0,180 <sup>c</sup> (#11,80)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant Demi-vie: 4 ans (#60,80)	Faible	BPC Prioritaire*

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
BPC-1254 (Arochlor-1254)*	5,4 <sup>a</sup> (#53,74) ND <sup>b</sup> (#68) 0,07 à 1960 <sup>c</sup> (#11,53,74)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	BPC Prioritaire* Un des principaux BPC des boues (#49)
BPC-1260 (Arochlor-1260)*	0,164 à 4,2 <sup>a</sup> (#53,68,74,80) 0,02 à 4,33 <sup>c</sup> (#11,53,74,80)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant Demi-vie: 730 jrs- 4 années (#60,80)	Faible	BPC Prioritaire* Un des principaux BPC des boues (#49)
<i>4-Bromophenyl ether*</i> (4-Bromophényl éther)	ND <sup>a</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	Persistant (#78)	?	Ether halogéné Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Butylbenzylphthalate*</i>	2,5 à 59 <sup>a</sup> (#43,53,74,80) 0,05 à 12800 <sup>c</sup> (#11,43,53,74,80) <i>Présence fréquente</i> (#43)	Potentiellement cancérigène (#17) Modérément toxique (#43)	Demi-vie: <7-50 jrs (#60,80)	Faible	Phtalate Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Captan</i>	<i>Données non répertoriées</i>	Potentiellement cancérigène (#63)	Peu persistant (#45)	? ( <i>Probablement faible</i> )	Fongicide
<i>Carbaryl</i>	<i>Données non répertoriées</i>	Potentiellement cancérigène (#63)	Dégradation rapide en conditions de compostage (#57) Faiblement persistant (#85)	? ( <i>Probablement faible</i> )	Insecticide

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Carbon tetrachloride (Tétrachlorure de carbone)*</i>	0,000006 à 4,2 <sup>a</sup> (#26,143,80) <0,1 à 0,2 <sup>c</sup> (#80) <i>Présence fréquente (#43)</i>	Modérément toxique (#43) Potentiellement cancérigène (#63)	<i>Données non répertoriées</i>	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
<i>Chlordane*</i>	ND à 2,75 <sup>a</sup> (#53) ND <sup>b</sup> (#68) 0,008 à 12 <sup>c</sup> (#20,53)	Potentiellement cancérigène (#63)	Très persistant (#85) Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	Insecticide organochloré Prioritaire* Banni
<i>Chlorobenzene* (Chlorobenzène)</i>	10,2 <sup>a</sup> (#53,80) 2,1 à 846 <sup>c</sup> (#20,53,80)	Potentiellement mutagène (#20)	Demi-vie: 75 jrs (#80)	<b>Modéré</b>	Chlorobenzene Prioritaire volatil*
<i>Chloroethane (Ethyl chloride)* (Chlorure d'éthyl)</i>	19 <sup>a</sup> (#43) 14,5 à 24 <sup>c</sup> (#149)	Modérément toxique (#84)	Volatil (#43) Demi-vie: <10 jrs (#60)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil* <i>Présence fréquente (#43)</i>
<i>2-Chloroethyl vinyl ether* (2-Chloroéthyl vinyl éther)</i>	ND <sup>a</sup> (#43)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: <10 jrs (#60)	? <i>(Probablement faible)</i>	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Chloroform (Chloroforme)*	0,026 à 1 <sup>a</sup> (#26,80) 0,015 à 2,2 <sup>c</sup> (#11,80)	Potentiellement cancérigène (#63)	Volatil (#64,75) Demi-vie: 10-50 jrs (#60,80)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
<i>2-Chloronaphtalene* (2-Chloronaphtalène)</i>	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: >50 jrs (#60)	?	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*

\* Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\* Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant



Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
2-Chlorophenol* (2-Chlorophénol)	3,28 <sup>a</sup> (#80) 0,0277 à 93,3 <sup>c</sup> (#74,80)	Données non répertoriées	Demi-vie: <7-50 jrs (#60,80)	?	Phenol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)*
4-Chlorophenyl phenyl ether* (4-Chlorophényl phényl éther)	<1 <sup>a</sup> (#74) ND <sup>a</sup> (#53)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	Ether halogéné Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Chrysene* (Chrysène)	1,5 à 2,0 <sup>a</sup> (#43,74) <600 <sup>b</sup> (#20) 0,25 à 38 <sup>c</sup> (#11,22,43,74) Présence fréquente (#43)	Potentiellement cancérigène et mutagène (#11,17,20,63)	Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Cresyldiphenyl phosphate (Cresyldiphényl phosphate)	18,9 <sup>a</sup> (#178) 0,607 à 179 <sup>c</sup> (#178)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	Ester triaryl phosphate
2,4-D	0,1 à 0,122 <sup>a</sup> (#53,74,80) 0,0005 à 41 <sup>c</sup> (#20,53,74,80)	Potentiellement mutagène (#20) Très toxique (#43)	Peu à modérément persistant (#64,85) Demi-vie: <15 jrs (#80)	Faible	Herbicide organochloré
4,4-DDD*	ND à 0,4 <sup>a</sup> (#53,74,80) ND <sup>b</sup> (#68) 0,001 à 84 <sup>c</sup> (#20,53,74,80,82)	Potentiellement cancérigène (#20)	Très persistant (#85) Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	Organochloré Prioritaire* Métabolite du DDT
4,4'-DDE*	ND à 1,14 <sup>a</sup> (#53,74,80) ND à 0,011 <sup>b</sup> (#20,68) ND à 564 <sup>c</sup> (#53,74,80)	Potentiellement cancérigène (#20)	Très persistant (#85) Demi-vie: 5-15 jrs (#60,80)	Faible	Organochloré Prioritaire* Métabolite du DDT

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
4,4'-DDT*	ND à 0,211 <sup>a</sup> (#53,74,80,82) 0,0292 <sup>b</sup> (#68) 0,00006 à 135 <sup>c</sup> (#20,53,61,74,80)	Potentiellement cancérogène (#20,63)	Très persistant (#64,78,85) Demi-vie: 1657-3837 jrs (#60,80)	Faible	Insecticide organochloré Prioritaire* Banni
Delta-BHC*	ND <sup>a</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	Très persistant (#85)	? ( <i>Probablement faible</i> )	Insecticide organochloré Prioritaire*
Diazinon	<i>Données non répertoriées</i>	Très toxique (#43)	Dégradation rapide en conditions de compostage (#57) Modérément persistant (#85)	? ( <i>Probablement faible</i> )	Insecticide organochloré
Dibenzo(a,h)anthracene* (Dibenzo(a,h)anthracène)	ND à 13 <sup>a</sup> (#43,74) Présence fréquente (#43)	Potentiellement cancérogène (#11)	Demi-vie: >50 jrs (#60)	<b>Modéré</b>	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
1,2-Dichlorobenzène* (1,2-Dichlorobenzène)	0,5 à 7,9 <sup>a</sup> (53,71,74) 0,029 à 809 <sup>c</sup> (#20,53,71,74)	Potentiellement mutagène (#20)	Volatil (#77)	Faible	Chlorobenzène Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
1,3-Dichlorobenzène* (1,3-Dichlorobenzène)	1,76 à 1,90 <sup>a</sup> (#53,71,74) <0,02 à 1650 <sup>c</sup> (#20,53,71,74)	Potentiellement mutagène (#20)	Volatil (#77)	Faible	Chlorobenzène Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
1,4-Dichlorobenzène* (para-dichlorobenzène)	0,3 à 9,8 <sup>a</sup> (#53,71,74) 0,0402 à 633 <sup>c</sup> (#53,71,74)	Potentiellement cancérigène (#28)	Volatil (#75,77) Peu persistant (#67)	Faible	Chlorobenzène Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
3,3-Dichlorobenzidine*	ND <sup>b</sup> (#74)	Potentiellement cancérigène (#17)	Demi-vie: <10 jrs (#60)	Faible	Aromatique monocyclique Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
1,1-Dichloroéthane* (1,1-Dichloroéthane)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	Volatil (#75) Demi-vie: <10 jrs (#60)	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
1,1-Dichloroéthylène* (1,1-Dichloroéthylène)	0,200 <sup>c</sup> (#11)	Données non répertoriées	Demi-vie: 10-50 jrs (#60)	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Dichlorométhane* (Dichlorométhane)	Données non répertoriées	Très toxique (#43)	Demi-vie: 10-50 jrs (#60)	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
2,4-Dichlorophénol* (2,4-Dichlorophénol)	ND à 4,8 <sup>a</sup> (#53,74,80) <1 à 203 <sup>c</sup> (#22,53,74,80)	Données non répertoriées	Demi-vie: 3-28 jrs (#60,80)	?	Phénol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)*
1,2-Dichloropropane*	0,464 <sup>a</sup> (#53) 0,00243 à 66,0 <sup>c</sup> (#53)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
1,3-Dichloropropylène* (1,3-Dichloropropylène)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	Demi-vie: 10-50 jrs (#60)	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Dieldrin*	ND à 3,90 <sup>a</sup> (#53,74,80,82) ND <sup>b</sup> (#68) ND à 16 <sup>c</sup> (#53,61,64,74,80,82)	Potentiellement cancérigène (#20,63)	Très persistant (#64,85) Demi-vie: 868-1237 jrs (#60,80)	Faible	Insecticide organochloré Prioritaire*

\* Fait partie de la liste des contaminants prioritaires de l'Agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\* Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane    b) Moyenne    c) Étendue    ND: Non détecté    Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Diethyl phtalate*</i> ( <i>Diéthyl phtalate</i> )	2,5 à 50 <sup>a</sup> (#53,74) 0,10 à 3780 <sup>c</sup> (#146,178)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: 10-50 jrs (#60)	?	Phtalate Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>2,4-Dimethylphenol*</i> ( <i>2,4-Diméthylphenol</i> )	ND à 2,2 <sup>a</sup> (#53,74) 0,09 à 87 <sup>c</sup> (#53,74)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Phenol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)*
<i>Dimethyl phtalate*</i> ( <i>Diméthyl phtalate</i> )	12 <sup>a</sup> (#53,74) 0,11 à 941 <sup>c</sup> (#53,74)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: 10-50 jrs (#60)	?	Phtalate Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Dimethylnitrosamine</i> ( <i>Diméthyl-nitrosamine</i> )	0,281 à 1,16 <sup>a</sup> (#26) ND <sup>b</sup> (#35)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Nitrosamine Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Di-n-butyl phtalate*</i>	3,5 à 17 <sup>a</sup> (#43,53,74,80) 0,08 à 3210 <sup>c</sup> (#11,43,53,74,80)	Potentiellement cancérogène et mutagène (#17,20) Modérément toxique (#43)	Persistant (#53) Demi-vie: 10-180 jrs (#60,80)	<b>Modéré</b>	Phtalate Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)* Présence fréquente (#43)
<i>4,6-Dinitro-o-cresol*</i> ( <i>4,6-Dinitro-o-crésol</i> )	1,3 à 2,3 <sup>a</sup> (#53,74) 0,20 à 187 <sup>c</sup> (#53,74)	<i>Données non répertoriées</i>	Peu volatil (#39)	?	Cresol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)* Insecticide et herbicide

\* Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\* Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Taleau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>2,4-Dinitrophenol*</i> ( <i>4-Dinitrophénol</i> )	ND à 4,6 <sup>a</sup> (#53,74,80) 0,15 à 500 <sup>c</sup> (#53,74,80)	<i>Données non répertoriées</i>	Dégradation rapide (#47,49) Demi-vie: <9->50 jrs (#60,80)	?	Phenol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)*
<i>2,4-Dinitrotoluene*</i> ( <i>2,4-Dinitrotoluène</i> )	Traces <sup>a</sup> (#74) ND <sup>a</sup> (#53)	Potentiellement cancérogène (#63)	<i>Données non répertoriées</i>	?	Aromatique monocyclique Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>2,6-Dinitrotoluene*</i> ( <i>2,6-Dinitrotoluène</i> )	ND à 2 <sup>a</sup> (#53,74) Traces à 4 <sup>c</sup> (#74)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Aromatique monocyclique Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Di-n-octyl phtalate*</i>	4,9 à 7 <sup>a</sup> (#53,74,80) 0,02 à 2610 <sup>c</sup> (#53,74,80)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: 10-50 jrs (#60)	?	Phtalate Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>1,2-Diphenylhydrazine*</i> ( <i>1,2-Diphénylhydrazine</i> )	Traces <sup>a</sup> (#74) ND <sup>a</sup> (#53)	Potentiellement cancérogène (#63)	<i>Données non répertoriées</i>	?	Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Endosulfan sulfate*</i>	ND <sup>a</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	? ( <i>Probablement faible</i> )	Insecticide organochloré Prioritaire*
<i>Endrin aldehyde*</i>	ND <sup>a</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	? ( <i>Probablement faible</i> )	Insecticide organochloré Prioritaire*
<i>Endrin*</i>	ND à 0,14 <sup>a</sup> (#53,74,82) ND à 0,27 <sup>c</sup> (#53,61,74,82)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	Insecticide organochloré Prioritaire* Banni

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Ethylbenzene*</i> ( <i>Ethylbenzène</i> )	5,5 à 19,8 <sup>a</sup> (#43,53,80) 0,5 à 66 <sup>c</sup> (#11,20,43,53,80) <i>Présence fréquente</i> (#43)	Modérément toxique (#43)	Peu persistant Demi-vie: <10 jrs (#60,80)	Faible	Aromatique monocyclique Prioritaire volatil*
<i>Fluoranthene*</i> ( <i>Fluoranthène</i> )	1,80 à 9,1 a (#43,53,74,80,82) 8,1 <sup>b</sup> (#76) 0,35 à 334 <sup>c</sup> (#11,43,53,74,82,80) <i>Présence fréquente</i> (#43)	Modérément toxique (#43) Non cancérigène (#11)	Demi-vie: 44-322 jrs (#60,80)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Fluorene* (Fluorène)	2 <sup>a</sup> (#74) 0,8 à 115 <sup>c</sup> (#11,20,22,74)	Non cancérigène (#11)	Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Gamma-hexachloro-cyclohexane</i>	0,025 à 0,28 <sup>a</sup> (#82) <0,01 à 1,60 <sup>c</sup> (#82)	Potentiellement cancérigène (#63)	<i>Données non répertoriées</i>	?	Non classé
Gamma-BHC* (Lindane)	ND à 0,18 a (#53,74,80,82) ND <sup>b</sup> (#68) ND à 70 <sup>c</sup> (53,61,74,80,82)	Potentiellement cancérigène (#20,63)	Très persistant (#45,78,85) Demi-vie: >50-266 jrs (#60,80)	Faible	Insecticide organochloré Prioritaire*
<i>Heptachlor epoxide*</i> ( <i>Epoxide heptachlor</i> )	ND à <1 <sup>a</sup> (#53,74) ND à 0,55 <sup>c</sup> (#53)	Potentiellement cancérigène (#87)	Demi-vie: >50 jrs (#60)	?	Insecticide organochloré Prioritaire*

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
Heptachlor*	ND à 0,036 <sup>a</sup> (#53,82) ND <sup>b</sup> (#68) 0,001 à 0,214 c#20,82)	Potentiellement cancérogène (#20,63)	Très persistant (#85) Demi-vie: <10 jrs (#60)	Faible	Insecticide organochloré Prioritaire* Banni
Heptachlorodibenzo-furan (Heptachlorodibenzo-furanne)	ND <sup>a</sup> (#53)	Extrêmement toxique (#14)	Données non répertoriées	?	Furanne
Heptachlorodibenzo-p-dioxin (Heptachlorodibenzo-p-dioxine)	2,3ppb <sup>a</sup> (#80) 0,7 à 73ppb <sup>c</sup> (#31,53)	Extrêmement toxique (#14)	Très persistant (#64)	Faible à modéré	Dioxine
Hexachloro-1,3-butadiène (Hexachloro-1,3-butadiène)	0,031 à 4,3 <sup>a</sup> (#26,43,53,82) ND <sup>b</sup> (#68,74) <0,0001 à 8 <sup>c</sup> (#11,43,53,82) Présence fréquente (#43)	Très toxique (#43) Potentiellement cancérogène (#63)	Données non répertoriées	?	Aliphatique halogéné
Hexachlorobenzène* (Hexachlorobenzène)	0,018 à 0,060 <sup>a</sup> (#53,71,74,80,82) ND <sup>b</sup> (#68) <0,01 à 26,2 <sup>c</sup> (22,53,71,74,80,82)	Potentiellement cancérogène (#63)	Persistant (#45,78) Demi-vie: >50-1530 jrs (#60,80)	Faible	Chlorobenzène Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Hexachlorocyclopentadiène* (Hexachlorocyclopentadiène)	ND <sup>b</sup> (#74)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Hexachlorodibenzo-furan (Hex.-furanne)	ND <sup>a</sup> (#31,53)	Extrêmement toxique (#14)	Données non répertoriées	?	Furanne

\* Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Etendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
Hexachloroethane* (Hexachloroéthane)	0,0199 à <sup>1</sup> (#53,74) 0,0004 à 61,5° (#20,53)	Potentiellement cancérigène et mutagène (#20,63)	Peu persistant (#78)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Hexachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxin (Hex.- <i>p</i> -dioxine)	0,094 ppb <sup>a</sup> (#80) 0,015 à 4 ppb <sup>c</sup> (#31,53,80)	<b>Extrêmement toxique (#14)</b>	<b>Très persistant (#1)</b>	<b>Modéré</b>	Dioxine
Hydroquinone	2,55 <sup>a</sup> (#53) 0,138 à 233 <sup>c</sup> (#53)	<b>Données non répertoriées</b>	Peu persistant (#53)	?	Phenol
Indeno(1,2,3cd)pyrene* (Indeno(1,2,3cd)pyrène)	0,42 <sup>a</sup> (#11) <sup>1</sup> à 6,9° (#74)	Potentiellement cancérigène (#11)	Demi-vie: >50 jrs (#60)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Isophorone*	ND à 1 <sup>a</sup> (#74) <sup>1</sup> à 71° (#74)	<b>Données non répertoriées</b>	<b>Données non répertoriées</b>	?	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
Linear alkyl benzene sulfonates (LAS) (Alkyl benzène sulfonates linéaires)	10700 <sup>a</sup> (#80) 5000 <sup>b</sup> (#38) 1600 à 14300 <sup>c</sup> (#59,72,77,78,80) <b>Présence très fréquente et teneurs élevées (#72,78)</b>	<b>Données non répertoriées</b>	Dégradation rapide (#59,72,77,78) Demi-vie: <sup>3</sup> à 22 jrs (#78,80)	Peu élevés à des taux d'application agronomiques (#72) <b>Besoin de recherche (#38)</b>	Surfactants largement employé (détergents)
Malathion	<b>Données non répertoriées</b>	Modérément toxique (#43)	Persistant (#45,85)	?	Insecticide et acaricide
Methoxychlor	ND <sup>a</sup> (#53)	<b>Données non répertoriées</b>	<b>Données non répertoriées</b>	?	Organochloré

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant



Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Methyl bromide (Bromomethane)* (Bromure de méthyl)</i>	<i>Données non répertoriées</i>	Potentiellement cancérigène (#63)	Demi-vie: 10-50 jrs (#60)	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Methyl chloride (Chloromethane)* (Chlorure de méthyl)	2,5 <sup>a</sup> (#80) 0,06 à 30 <sup>c</sup> (#80)	Potentiellement cancérigène (#63)	Demi-vie: >50 jrs->1 année (#60,80)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
<i>Naphtalene* (Naphtalène)</i>	1 à 30,3 <sup>a</sup> (#43,53,74,80) 0,2 <sup>b</sup> (#76) ND à 6610 <sup>c</sup> (#11,22,43,53,74,80) <i>Présence fréquente (#43)</i>	Non cancérigène (#11,17) Modérément toxique (#43)	Peu persistant (#78) Volatil (#77)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Nitrobenzene* (Nitrobenzène*)</i>	ND à 3,5 <sup>a</sup> (#53,74) <1 à 9 <sup>c</sup> (#74)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: >50 jrs (#60)	?	Aromatique monocyclique Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>2-Nitrophenol* (2-Nitrophénol)</i>	ND <sup>a</sup> (#53,74) ND à 1,3 <sup>c</sup> (#74)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: >50 jrs (#60)	?	Phenol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)*
<i>4-Nitrophenol* (para-nitrophénol) (4-Nitrophénol/para-nitrophénol)</i>	ND à Traces <sup>a</sup> (#53,74)	<i>Données non répertoriées</i>	Peu persistant (#29) Demi-vie: 5-10 jrs (#60)	?	Phenol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)* Utilisé dans l'industrie des pesticides et pharmaceutique (#29) Un des principaux métabolites de la dégradation microbienne du parathion (#29)

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane      b) Moyenne      c) Etendue      ND: Non détecté      Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>N-nitrosodi-n-propylamine*</i>	ND à 2 <sup>a</sup> (#53,74) <1 à 2 <sup>c</sup> (#74)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Alkyl amine Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>N-nitrosodi-méthylamine*</i> ( <i>N-nitrosodi-méthylamine</i> )	2,5 à 5,3 ppb <sup>a</sup> (#53) ND <sup>b</sup> (#68) 0,5 à 93 ppb <sup>c</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	Modérément persistant (#53)	? ( <i>Probablement faible</i> )	Alkyl amine Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>N-nitrosodiphényl-amine*</i> ( <i>N-nitrosodiphényl-amine</i> )	ND à 16 <sup>a</sup> (#53,74) 0,950 à 43 <sup>c</sup> (#11,22,74)	Potentiellement cancérigène (#63)	<i>Données non répertoriées</i>	?	Alkyl amine Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
<i>Nonylphenol</i> ( <i>Nonylphénol</i> )	1010 <sup>a</sup> (#80) 1000 <sup>b</sup> (#38) 45 à 2530 <sup>c</sup> (#77,80) <i>Teneurs élevées</i> (#77)	Toxicité élevée pour les organismes aquatiques (#70,77)	Peu persistant (#14,18) Demi-vie: <10 jrs (#80)	<i>Modéré</i> <i>Besoin davantage de recherches</i> (#38,77)	Produit de dégradation des Nonylphenol ethoxylates (en conditions anaérobies surtout)
<i>Nonylphenol ethoxylate</i> ( <i>Nonylphénol éthoxylate</i> )	400 à 2200 mg/m <sup>3c</sup> (#24)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Besoin davantage de recherches</i> (#38)	Surfactants largement utilisés (détergents)
<i>Octachlorodibenzo-furan</i> ( <i>Oct.-furanne</i> )	ND-1,3 ppb <sup>a</sup> (#31,53)	<i>Extrêmement toxique</i> (#14)	<i>Données non répertoriées</i>	?	Furanne
<i>Octachlorodibenzo-p-dioxin</i> ( <i>Oct.p-dioxine</i> )	7,7 ppb <sup>a</sup> (#212) 0,00048 à 304ppb <sup>c</sup> (#152,178,212)	<i>Extrêmement toxique</i> (#3)	<i>Très persistant</i> (#64)	<i>Modéré</i>	Dioxine

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Organohalogènes totaux adsorbés ("Adsorbed organohalogen", AOX)</i>	70-400 <sup>b</sup> (#36)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	<b>Faible lorsque valeur inférieure à 500 mg/kg(#36)</b>	Classe regroupant plusieurs organohalogènes
<i>p-Chloro-m-cresol* (p-Chloro-m-crésol)</i>	0,8 à 1 <sup>c</sup> (#74)	<b>Données non répertoriées</b>	<b>Données non répertoriées</b>	?	Cresol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)*
<i>Parathion</i>	<b>Données non répertoriées</b>	Extrêmement toxique(#149)	Faiblement persistant (#85)	? <i>(Probablement faible)</i>	Insecticide
<i>Pentachlorodibenzo-furan (Penta.-furanne)</i>	ND <sup>a</sup> (#53) 1ppb <sup>c</sup> (#31)	<b>Extrêmement toxique(#3)</b>	<b>Données non répertoriées</b>	?	Furanne
<i>Pentachlorodibenzo-p-dioxin (Penta.-p-dioxine)</i>	ND à 0,017 ppb <sup>a</sup> (#53,80) ND à 1ppb <sup>c</sup> (#31,80)	<b>Extrêmement toxique(#3)</b>	<b>Très persistant(#64)</b>	<b>Modéré</b>	Dioxine
<i>Pentachlorophenol* (Pentachlorophénol)</i>	ND à 5,0a (#7,49,53,74,80) 0,06 à 8490 <sup>c</sup> (#7,11,22,53,74,80)	Très toxique(#7)	Dégradation rapide(#15,19) Demi-vie: <10-<100 jrs (#200,212)	Peu élevés à des taux d'application agronomiques (#6,7)	Phenol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)* Préservatif pour le bois. Fongicide, herbicide et insecticide
<i>Phenanthrene* (Phénanthrène)</i>	2 à 7,4 <sup>a</sup> (#43,74,80) 4,7 <sup>b</sup> (#76) 0,89 à 250 <sup>c</sup> (#11,43,74,80) <b>Présence fréquente(#43)</b>	Non cancérigène (#11,17) Modérément toxique(#43)	Persistant en conditions de compostage(#32) Demi-vie: >50jrs-<5,7 années (#200,212)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Phenol (Phénol)</i>	2 <sup>a</sup> (#80) 0,0166 à 288 <sup>c</sup> (#80)	<i>Données non répertoriées</i>	Demi-vie: 2-5 jrs(#80)	?	Phenol
<i>Polybrominated dibenzofurans (Dibenzofurannes polybromées)</i>	0,29 à 3,05ppb <sup>c</sup> (#27)	<i>Extrêmement toxique(#14)</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Furanne
<i>Polybrominated diphenylethers (Diphényléthers polybromés)</i>	0,49 à 16,25ppb <sup>c</sup> (#27)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Non classé
<i>Polychlorodibenzo-dioxins (PCDD) (Poly.-dioxines)</i>	9,2 ppb <sup>a</sup> (#27) 3,27 à 27,82 ppb <sup>c</sup> (#27)	<i>Extrêmement toxique(#14)</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Dioxine
<i>Polychlorodibenzo-furans (PCDF) (Poly.-furannes)</i>	0,53 ppb <sup>a</sup> (#27) 0,18 à 7,09 ppb <sup>c</sup> (#27)	<i>Extrêmement toxique(#14)</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Furanne
<i>Pyrene* (Pyrène)</i>	2,5 à 4,9 <sup>a</sup> (#43,74,80) 6,8 <sup>b</sup> (#76) 0,33 à 100 <sup>c</sup> (#11,22,43,7480) <i>Présence fréquente(#43)</i>	Non cancérigène (#11,17)	Demi-vie: >50-229 jrs (#60,80)	Faible	HAP Prioritaire semi-volatile (extraction basique ou neutre)*
<i>Pyrethrines (Pyréthrines)</i>	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	Peu persistant(#64)	? (Probablement faible)	Insecticide
<i>Simazine</i>	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Potentiellement cancérigène (#86)</i>	Persistant (#85)	?	Herbicide
<i>Styrene (Styrène)</i>	26,6 <sup>a</sup> (#53) 1,53 à 5850 <sup>c</sup> (#53)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Aromatique monocyclique

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
2,4,5-T	<i>Données non répertoriées</i>	Potentiellement cancérigène (#300)	Modérément persistant(#64,85)	? (Probablement faible)	Herbicide Banni
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD)* (Tetra,-p-dioxine)	ND à 0,007 ppb <sup>a</sup> (#31,53,80)	<b>Extrêmement toxique(#14)</b>	Très persistant(#64) Demi-vie: >50 jrs(#60)	<b>Modéré</b>	Dioxine Prioritaire* <b>La plus toxique des dioxines</b>
Tetrachlorodibenzo-p-dioxin * (Tetra,-p-dioxin (TCDD, +isomères)	ND à 7,2 ppb <sup>a</sup> (#53,80) ND à 0,37 ppb <sup>c</sup> (#53,80)	<b>Extrêmement toxique(#14)</b>	Très persistant Demi-vie: 1-10 ans(#60,80)	<b>Modéré</b>	Dioxine Prioritaire*
Tetrachlorodibenzo-furan (TCDF) (Tetra.-furanne)	ND <sup>a</sup> (#31,53)	<b>Extrêmement toxique(#14)</b>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Furanne
1,1,2,2-Tetrachloroethane* (1,1,2,2-Tétrachloroéthane)	<0,1 <sup>a</sup> (#80) 0,00001 à 5,0 <sup>c</sup> (#20,80)	Potentiellement cancérigène (#20)	Demi-vie: <10-50 jrs (#60,80)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Tetrachloroethylene* (Tétrachloroéthylène)	0,00052 à 0,38 <sup>a</sup> (#26,43,53,80) 0,00001 à 42 <sup>c</sup> (#11,43,53,80)	Potentiellement cancérigène (#63)	Demi-vie: 10-50 jrs (#60,80)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil* Présence fréquente(#43)
Toluene (methyl benzene)* (Toluène )	0,033 à 15 <sup>a</sup> (#43,80) 15 <sup>b</sup> (#46) 0,022 à 705 <sup>c</sup> (#11,43,46,80) <b>Présence fréquente(#43)</b>	Toxicité moyenne (poissons)(#46) Faiblement toxique (#43)	Peu persistant(#78) Volatil (#46,49,75,77) Demi-vie: <10 jrs(#60,80)	Faible	Aromatique monocyclique Prioritaire volatil* Solvant organique d'usage répandu

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
Toxaphene* (Toxaphène)	ND <sup>a</sup> (#53,68,80)	Potentiellement cancérigène (#63)	Demi-vie: >50jrs-10 années (#60,80)	Faible	Insecticide organochloré Prioritaire*
1,2-Trans-dichloroéthylène* (1,2-Trans-dichloroéthylène)	21 <sup>a</sup> (#43) 0,72 à 865 <sup>c</sup> (#43) Présence fréquente(#43)	Données non répertoriées	Volatil(#43) Demi-vie: 10-50 jrs(#60)	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
1,2,3-Trichlorobenzène (1,2,3-Trichlorobenzène)	0,0667 à 0,16 <sup>a</sup> (#53,71) 0,00278 à 152 <sup>c</sup> (#20,53,71)	Potentiellement mutagène(#20)	Données non répertoriées	?	Chlorobenzène
1,2,4-Trichlorobenzène* (1,2,4-Trichlorobenzène)	0,274 à 0,36 <sup>a</sup> (#53,71,74,80) 0,00551 à 51,2 <sup>c</sup> (#53,71,74,80)	Données non répertoriées	Demi-vie: <10-140 jrs (#60,80)	?	Chlorobenzène Prioritaire semi-volatil (extraction basique ou neutre)*
1,3,5-trichlorobenzène (1,3,5-trichlorobenzène)	0,0632 <sup>a</sup> (#53) 0,00502 à 39,7 <sup>c</sup> (#53)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	Chlorobenzène
1,1,1-Trichloroéthane* (1,1,1-Trichloroéthane)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	Volatil(#78)	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
1,1,2-Trichloroéthane* (1,1,2-Trichloroéthane)	3,5 <sup>a</sup> (#43) 0,036 <sup>b</sup> à 6,9 <sup>c</sup> (#43) Présence fréquente(#43)	Modérément toxique (#43)	Données non répertoriées	?	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Trichloroéthylène* (Trichloroéthylène)	0,10 à 0,98 <sup>a</sup> (#26,43,80) 0,848 <sup>b</sup> (#35) 0,024 à 44 <sup>c</sup> (#35,43,80) Présence fréquente(#43)	Modérément toxique (#43)	Volatil(#64,75) Demi-vie: <1 jr(#80)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
2,4,6-Trichlorophénol* (2,4,6-Trichlorophénol)	Traces à 4,8 <sup>a</sup> (#53,74) Traces à 1330 <sup>c</sup> (#53,74)	Potentiellement cancérigène (#63)	Données non répertoriées	?	Phénol Prioritaire semi-volatil (extraction acide)*

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 1 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
1,2,3-trichloropropane	0,352 <sup>a</sup> (#53) 0,00459 à 19,5 <sup>c</sup> (#53)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	Aliphatique halogéné
1,2,3-trichloropropène (1,2,3-trichloropropène)	1,14 <sup>a</sup> (#53) 0,0001 à 167 <sup>c</sup> (#53)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	Aliphatique halogéné
Tricresyl phosphate	6,85 <sup>a</sup> (#53) 0,069 à 1650 <sup>c</sup> (#53)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	Ester triaryl phosphate
Triphenyls polychlorés (TPC)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	Persistant(#14)	?	Phenyl polyhalogéné
Trixylyl phosphate	7,11 <sup>a</sup> (#53) 0,0273 à 2420 <sup>c</sup> (#53)	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	Ester triaryl phosphate
Vinyl chloride (Chloroethylene)* (Chlorure de vinyl)	0,000076 à 5,7 <sup>a</sup> (#26,43,80) 3 à 110 <sup>c</sup> (#43,80) Présence fréquente(#43)	Modérément toxique (#43)	Demi-vie: <1-50 jrs(#60,80)	Faible	Aliphatique halogéné Prioritaire volatil*
Xylene (Xylène)	0,025 <sup>a</sup> (#80) ND à 0,164 <sup>c</sup> (#80)	Modérément toxique(#43)	Peu persistant Volatil(#75,77) Demi-vie: <10 jrs(#80)	Faible	Aromatique monocyclique Solvant

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

**Tableau 2** Principales classes de composés organiques de synthèse retrouvées dans les boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques

CLASSE	Teneurs moyennes retrouvées dans les boues* (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Alkyl amines</i>	ND-15	Certains potentiellement cancérigènes	Modérément persistant	Faible	
<i>Aliphatiques halogénés à courte chaîne</i>	ND à 20 (Pour chacun des composés)	Modérément à très toxiques. Certains potentiellement cancérigènes et mutagènes	Modérément persistants. Demi-vie inférieure à 50 jours Plusieurs volatils	Faible	Utilisés pour la fabrication d'extincteurs de feu, de réfrigérants, de pesticides et de solvants et pour le nettoyage à sec
<i>Aromatiques monocycliques (excluant les chlorobenzènes, les phénols, les crésols et les phtalates)</i>	ND à 25 (Pour chacun des composés)	Modérément toxiques. Certains potentiellement cancérigènes et mutagènes	Plupart faiblement à modérément persistants. Quelques-uns plus persistants. Demi-vie inférieure 10 jours pour la plupart	Faible	Largement utilisés par l'industrie (explosifs, teintures et pigments, solvants, pesticides)
<i>Biphényles polychlorés et phényles polyhalogénés</i>	ND à 10 (Phényles/Biphényles totaux)	Très toxiques. Potentiellement cancérigènes et mutagènes. Sujets à la bioaccumulation	Très persistants Demi-vie de 4 ans	Peu élevés pour la plupart des boues et lorsque les épandages sont effectués à des taux agronomiques (#48)	Utilisés dans l'industrie du matériel électrique, des peintures, des plastiques, des pesticides et d'autres produits Usage très limité depuis la fin des années '70

\*D'après les données du tableau 1, numéros de référence entre parenthèses et en indices, ND=Non détecté

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)



**Tableau 2** Principales classes de composés organiques de synthèse retrouvées dans les boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques (suite)

CLASSE	Teneurs moyennes retrouvées dans les boues* (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Chlorobenzènes</i>	ND à 10 (Pour chacun des composés)	Modérément toxiques. Certains potentiellement cancérigènes et mutagènes.	Modérément à très persistants Demi-vie de 50 jours à 4 ans	Faible à modéré	Ubiquistes Utilisations: solvants, fumigants, et fabrication pesticides et teintures
<i>Dioxines et furannes</i>	ND à 10 ppb (polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofuranes)	Extrêmement toxiques Potentiellement cancérigène	Très à extrêmement persistants. Demi-vie de 1 à 10 ans	Faible à modéré	Sous-produit de la fabrication de pesticides et du blanchiment du papier. Impuretés des BPC
<i>Ethers halogénés</i>	ND à <1	Potentiellement cancérigène	Données non répertoriées	Faible	
<i>Esters triaryl phosphate</i>	5 à 20	Données non répertoriées	Données non répertoriées	?	
<i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</i>	ND à 30 (pour chaque HAP) Détection fréquente	Modérément toxique Certains potentiellement cancérigènes et mutagènes	Modérément à extrêmement persistants. HAP de faible poids moléculaire rapidement dégradés et lourds + persistants. HAP légers volatils et facilement oxydables. Demi-vie de 25 jours à 10 ans	Relativement faible, lorsque les épandages sont effectués à des taux agronomiques (#72,76)	Classe regroupant de nombreux composés, certains pas encore identifiés (#14) Benzo-a-pyrene un des plus représentatifs (#14) Ubiquistes et originant des combustions incomplètes (#14)

\*D'après les données du tableau 1, numéros de référence entre parenthèses et en indices, ND=Non détecté

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

**Tableau 2** Principales classes de composés organiques de synthèse retrouvées dans les boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques (suite)

CLASSE	Teneurs moyennes retrouvées dans les boues* (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
Nitrosamines	ND à 1 (pour chaque composé)	Potentiellement cancérigènes	Données non répertoriées	?	Utilisés par l'industrie de la chimie organique et du caoutchouc synthétique
Pesticides	ND à 3 (pour chaque composé)	Modérément à très toxiques. Certains potentiellement cancérigènes	Plupart modérément à très persistants Demi-vie de 15 jours à 10 ans	Faible	Les pesticides les plus persistants ne sont plus homologués
Phénols et crésols	ND à 5 (pour chaque composé)	Très toxiques Toxicité augmente avec le degré de chloration	Faiblement à modérément persistants. Demi-vie de 2 à 50 jours	Faible	Utilisés pour la production de polymères, de pigments, et de pesticides
Phtalates	5 à 170 (pour chaque composé) Un des contaminants les plus importants des boues (#64)	Relativement faible (#64) Certains potentiellement cancérigènes et mutagènes (#43)	Faiblement à modérément persistants Demi-vie de <7 à 180 jours	Faible à modéré	Largement utilisé par l'industrie du plastique
Surfactants (Alkyl benzène sulfonates linéaires (LAS) et nonylphénol))	1000 à 11000 Un des contaminants les plus importants des boues (#72,78)	Nonylphenol comporte une toxicité élevée pour les organismes aquatiques (#70,77)	Dégradation LAS rapide (#59,72,77,78) Nonylphenol peu persistant (#14,18) Demi-vie de <4 à 22 jours	Peu élevés à des taux d'application agronomiques (#72) Besoin de recherche (#38)	Surfactant largement employé (détergents)

\*D'après les données du tableau 1, numéros de référence entre parenthèses et en indices, ND=Non détecté

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

**Tableau 3** Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage par différents composés organiques de synthèse

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
Abietic acid	Teneurs pouvant être supérieures à 10 mg/kg (#11)	<b>Données non répertoriées</b>	<b>Données non répertoriées</b>	?	Extrait naturel du bois
Biphenyls polychlorés (BPC/PCB)*	Teneurs pouvant être supérieures à 10 mg/kg (#11) 1,0 <sup>b</sup> (#62)	Potentiellement cancérigène et mutagène (#14,20,64) Risques de toxicité chronique (#14) Sujets à la bioconcentration	Très persistant (#14,64,78) Persistance augmente avec degré de chloration(#14,82) Demi-vie: de 4 ans (#80)	Faible	Boues de désencrage et du recyclage du papier sont surtout susceptibles de contenir des BPC (#11) Utilisation maintenant très restreinte
<i>Chlorocymenes et cymenenes</i>	<0,08 à 1,9 (#58)	<b>Données non répertoriées</b>	<b>Données non répertoriées</b>	?	Organochlorés Blanchiment au chlore responsable de leur formation (#58)
Chloroform*	Teneurs pouvant être supérieures à 10 mg/kg (#11)	Potentiellement cancérigène (#63)	Volatil(#64,75) Demi-vie: 10-50 jrs(#60,80)	Faible	Aliphatique halogéné
<i>Dehydroabietic acid</i>	Teneurs pouvant être supérieures à 10 mg/kg (#11)	<b>Données non répertoriées</b>	<b>Données non répertoriées</b>	?	Extrait naturel du bois
Dieldrin*	0,16 <sup>a</sup> (#11) 0,3 à 2,2 <sup>c</sup> (#11)	Potentiellement cancérigène (#20,63)	Très persistant (#64,85) Demi-vie: 868-1237 jrs (#60,80)	Faible	Insecticide organochloré

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

Tableau 3 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP/PAH)</i>	Détection au niveau du mg/kg (#54)	Modérément toxique Certains potentiellement cancérigènes et mutagènes (cf. tabl. 1 et 2)	Modérément à extrêmement persistants. HAP de faible poids moléculaire rapidement dégradés et HAP lourds dégradés plus lentement. HAP légers volatils et facilement oxydables Demi-vie de 25 jours à 10 ans (cf. tableaux 1 et 2)	?	
Naphtalene*	Teneurs pouvant être supérieures à 10 mg/kg (#11)	Non cancérigène (#11,17) Modérément toxique (#43)	Peu persistant (#78) Volatil (#77)	Faible	Composé du groupe des HAP
<i>Norabietriene</i>	Teneurs pouvant être supérieures à 10 mg/kg (#11)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Extrait naturel du bois

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

**Tableau 3** Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<i>Organochlorés</i>	<600 à 1900 (#54) (Organochlorés totaux)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Guaiacols chlorés, Phénols chlorés, acides résino-chlorés, pentachlorophenol, et BPC les plus fréquents du groupe(#54) Blanchiment au chlore responsable de leur formation (#5,11)
<i>Organohalogènes totaux (Total organic halogens (TOX))</i>	Teneurs pouvant atteindre 600 à 1900 mg/kg (#11)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	En grande partie des dérivés ligno-chlorés de poids moléculaire élevé(#11) Blanchiment au chlore responsable de leur formation(#11)
<i>Retene</i>	Teneurs pouvant être supérieures à 10 mg/kg (#11)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Extrait naturel du bois
<i>2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD)</i> *	<10 à 370 ppt <sup>c</sup> (#10) <1 ppt <sup>c</sup> (#54) ND à 10 ppt <sup>c</sup> (#32) 13 à 681ppt <sup>c</sup> (#50)	Extrêmement toxique et potentiellement cancérigène (#32,50)	Très persistant (#32,50) Demi-vie: >50 jrs (#60)	<b>Risque à considérer</b> (#98) Risques faibles avec concentrations 50-80 ppt (#147)	Blanchiment au chlore responsable de la formation (#50) La plus toxique des dioxines

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant

**Tableau 3** Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage par différents composés organiques de synthèse (suite)

COMPOSÉ	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)	Toxicité générale	Persistance générale dans l'environnement	Niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole**	Autres informations
<b>2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-furan (TCDF)*</b>	<20 à 5600 ppt <sup>c</sup> (#10) 0 à 1300 ppt <sup>c</sup> (#50)	Très toxique (#32)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Risque à considérer</i> (#98)	Blanchiment au chlore responsable de la formation (#50) La plus toxique des furannes
<b>Tetrahydroretene</b>	Teneurs pouvant être supérieures à 10 mg/kg (#11)	<i>Données non répertoriées</i>	<i>Données non répertoriées</i>	?	Extrait naturel du bois

\*Fait partie de la liste des contaminants prioritaire de l'agence américaine de protection de l'environnement (E.P.A.)

\*\*Déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 lorsqu'aucune référence dans la littérature ne permettait d'évaluer le niveau de risque (? : niveau de risque ne peut être évalué car données insuffisantes)

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND: Non détecté Références entre parenthèse et en exposant



## 1.2 Normes d'épandage

Les **tableaux 4 et 5** résument les normes en vigueur ou envisagées pour la valorisation agricole ou sylvicole des boues résiduelles dans certains pays. Actuellement, très peu de normes considérant les composés organiques ont été élaborées dans la plupart des pays industrialisés. Seuls les BPC ont été l'objet de recommandations ou de normes pour les boues d'épuration des eaux usées municipales (40,41,73). De plus en plus de pays étudient les possibilités d'établir des lignes de conduite plus précises en ce qui concerne les boues d'épuration (26, 36, 79, 80). Au Québec, les guides de bonnes pratiques sylvicole et agricole recommandent que les boues contenant plus de 10 mg/kg sec de BPC ne soient pas valorisées alors que celles comportant entre 3 et 10 mg/kg sec de BPC soient enfouies ou injectées dans le sol (40, 41). La nouvelle réglementation de 1992 de l'EPA (73) quant à elle n'impose aucune exigence au niveau des composés organiques pour la valorisation agricole et sylvicole. Cette réglementation se base sur les résultats d'une enquête nationale (National Sewage Sludge Survey) sur la composition des boues et qui indique que celles-ci sont peu contaminées. L'ancienne norme concernant les BPC a également été éliminée. L'usage restreint et la diminution de la teneur des BPC dans les boues au cours des dernières années motivent cette décision.

Au niveau de la valorisation des boues de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage, il existe encore très peu de normes ou de recommandations ayant trait aux composés organiques de synthèse. Seules les dioxines ont été l'objet de recommandations dans certains états américains (33).



**Tableau 4** Normes et recommandations relatives aux composés organiques de synthèse qui sont en vigueur ou envisagés dans différents pays pour la valorisation agricole ou sylvicole des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques

PAYS	Normes et recommandations en vigueur ou envisagés	# Référence
ALLEMAGNE	Limites envisagées en 1991 pour restreindre la teneur des organohalogénés persistants (BPC, dioxines/furannes, etc.) pour la valorisation agricole des boues d'épuration des eaux usées. Valeur limite de 500 mg/kg de boue sèche pour les organohalogènes totaux adsorbés ("Adsorbed organohalogen", AOX)	36
CANADA (Alberta)	Aucune ligne de conduite ne vise spécifiquement les composés organiques pour la valorisation agricole ou sylvicole.	44
CANADA (Ontario)	Aucune ligne de conduite ne vise spécifiquement les composés organiques pour la valorisation agricole ou sylvicole. "Il existe des lacunes importantes dans l'ensemble des connaissances acquises sur la destinée des contaminants organiques dans les boues d'épuration appliquées sur des terres agricoles. Cependant, rien n'indique présentement qu'ils posent un problème."	51
CANADA (Québec)	Les boues d'épuration des eaux usées contenant plus de 10 mg/kg sec de BPC ne peuvent être valorisées en agriculture et en sylviculture. Dans le cas des boues comportant de 3 à 10 mg/kg sec de BPC, celles-ci doivent être enfouies ou injectées dans le sol (10 cm de profondeur) (Valorisation agricole et sylvicole)	40 41
COMMUNAUTÉ ÉCONOMIQUE EUROPÉENNE	Aucune restriction légale en vigueur dans les pays de la CEE en ce qui concerne la valorisation agricole et sylvicole des boues d'épuration des eaux usées municipales au niveau des composés organiques. Plusieurs pays de la CEE envisagent des limites et des recommandations afin de restreindre les risques de pollution associés à la présence de composés organiques de synthèse dans les boues.	26 79 80
ÉTATS-UNIS	La nouvelle réglementation de l'EPA (1992) n'impose aucune exigence au niveau des composés organiques pour la valorisation agricole et sylvicole. Cette réglementation se base sur les résultats d'une enquête nationale (National Sewage Sludge Survey) sur la composition des boues et qui indique que celles-ci sont peu contaminées. L'ancienne norme concernant les BPC a également été éliminée. L'usage restreint et la diminution de la teneur des BPC dans les boues au cours des dernières années motivent cette décision.	49 73 74
SUÈDE	Sous la pression du public, l'épandage de boues d'épuration des eaux usées municipales sur des sols agricoles est désormais interdit (1992)	80

**Tableau 5** Normes et recommandations relatives aux composés organiques de synthèse qui sont en vigueur ou envisagées dans différents pays pour la valorisation agricole ou sylvicole des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage

PAYS	Normes et recommandations en vigueur ou envisagées	# Références
CANADA (Ontario)	"Il existe des lacunes significatives dans le champ de connaissances relatives aux impacts des contaminants organiques industriels contenus dans les déchets et d'autres matières sur les sols agricoles." Lorsque le niveau de connaissance sera suffisant, des normes concernant les concentrations dans les déchets, les taux d'application et les concentrations en place seront établies.	52
ÉTATS-UNIS	Le Département de la Protection de l'Environnement du Maine limite la teneur en dioxines des boues de pâtes et papiers pour leur valorisation (agricole et sylvicole). Les boues valorisables ne doivent pas contenir plus de 250 ppt d'équivalent TCDD*. Les boues contenant entre 27 et 250 ppt d'équivalent TCDD ne peuvent être épandues sur les sols destinés au pâturage et à la production de végétaux destinés à la consommation humaine. Dans tous les cas, une limite de concentration de 27 ppt d'équivalent TCDD doit également être respectée au niveau du sol.	3

\*TCDD: 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxine



### 1.3 Situation au Québec et ailleurs au Canada

Même si elles sont peu nombreuses et relativement restreintes, quelques études (62, 146, 152) permettent d'évaluer le degré de contamination des boues résiduelles québécoises et canadiennes. Les **tableaux 6 et 7** présentent des données sur la teneur de certains composés (moyennes, médianes et étendues) ainsi que des informations relatives aux lignes de conduite concernant la valorisation qui sont préconisées au Québec et ailleurs au Canada. Par l'entremise des données des tableaux 6 et 7 et des informations de la section 1.1, un niveau de risque pour la valorisation agricole ou sylvicole a été établi. Le lecteur est invité à consulter le paragraphe explicatif de la section 1.1 afin de connaître les détails de l'approche employée pour déterminer ces niveaux.

Selon le tableau 6, on constate qu'il existe peu d'information sur la contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et de fosses septiques par les composés organiques de synthèse au Québec. Quelques travaux concernant les boues municipales ont été réalisés en Ontario (31) et à l'échelle canadienne (22, 74). De façon générale, les résultats indiquent que la composition des boues municipales ontariennes et canadiennes est très semblable à celle des boues américaines et européennes (74). Lorsque la charge industrielle est conventionnelle, il y a lieu de croire que les boues du Québec sont très comparables à celles de l'Ontario et du reste du Canada.

Tout comme c'est le cas ailleurs dans le monde, il existe très peu de données sur les boues de pâtes et papiers et de désencrage au Québec et ailleurs au Canada (tableau 7). Les dioxines et les furannes ont fait l'objet de quelques travaux en Ontario (10). Considérant les recommandations du tableau 5 (33), on constate que certaines boues de pâtes et papiers comportent un niveau de contamination relativement élevé, ce qui ferait en sorte qu'elles ne pourraient pas être valorisées en agriculture ou en sylviculture. Ces boues originent d'usines employant un procédé de blanchiment au chlore. Au Québec, des recherches sur la valorisation agricole des boues de désencrage sont actuellement en cours à l'Université Laval. Les résultats préliminaires de cette étude montrent que les boues de désencrage sont légèrement contaminées par des composés organiques de synthèse. Ceux-ci seraient cependant peu persistants et seraient dégradés rapidement lors du compostage (25).

**Tableau 6** Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par les composés organiques de synthèse au Québec et au Canada

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)		Normes et recommandations en vigueur ou envisagées		Niveau de risque spécifique au Québec*
	Québec	Autres provinces	Québec	Autres provinces	
Anthracène (HAP)	Données non répertoriées	1 <sup>a</sup> (#74) Traces à >100 <sup>c</sup> (#22,74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Benzo-a-pyrène (HAP)	Données non répertoriées	5,6 <sup>a</sup> (#74) >1 à <100 <sup>c</sup> (#22,74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Bis(2-ethylhexyl) phtalate (Phtalate)	Données non répertoriées	Traces à 215 <sup>c</sup> (#22,74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
BPC (Classe)	<0,5 <sup>b</sup> (#165) <0,2-0,76 <sup>c</sup> (#3) 0,001-0,5 <sup>c</sup> (#188)	<1,6 <sup>b</sup> (#31) (Ontario)	Les boues d'épuration des eaux usées contenant plus de 10 mg/kg sec de BPC ne peuvent être valorisées. Dans le cas des boues comportant de 3 à 10 mg/kg sec de BPC, celles-ci doivent être enfouies ou injectées dans le sol (10 cm de profondeur) (Valorisation agricole et sylvicole)(40,41)	Aucune norme ou recommandation	Faible

\*Lorsqu'aucune référence, déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 (? ne peut être évalué)

\*\*Basé sur la similarité qui existe entre les boues canadiennes et américaines

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND=Non détecté Références entre parenthèses et en indices

Tableau 6 Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par les composés organiques de synthèse au Québec et au Canada (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)		Normes et recommandations en vigueur ou envisagées		Niveau de risque spécifique au Québec*
	Québec	Autres provinces	Québec	Autres provinces	
Chlorobenzènes (Classe)	Données non répertoriées	0,3 à 0,5 <sup>a</sup> (#74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Chrysène (HAP)	Données non répertoriées	1,5 <sup>a</sup> (#74) Traces à 23 <sup>c</sup> (#22,74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
2,4-Dichlorophénol (Phenol)	Données non répertoriées	Traces à <10 <sup>c</sup> (#22,74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Fluorène (HAP)	Données non répertoriées	2 <sup>a</sup> (#74) Traces à >100 <sup>c</sup> (#22,74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible
HAP (Classe)	Données non répertoriées	Traces à 5,6 <sup>a</sup> (#74) Traces à 36 <sup>c</sup> (#74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Heptachlorodibenzo-furanne (Furanne)	Données non répertoriées	ND <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Heptachlorodibenzo-p-dioxine (Dioxine)	Données non répertoriées	1-73 ppb <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible à modéré**
Hexachlorobenzène (Chlorobenzène)	Données non répertoriées	>1 à <10 <sup>c</sup> (#22) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Hexachlorodibenzo-furanne (Furanne)	Données non répertoriées	ND <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**

\*Lorsqu'aucune référence, déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 (?ne peut être évalué)

\*\*Basé sur la similarité qui existe entre les boues canadiennes et américaines

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND=Non détecté Références entre parenthèses et en indices

**Tableau 6** Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par les composés organiques de synthèse au Québec et au Canada (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)		Normes et recommandations en vigueur ou envisagées		Niveau de risque spécifique au Québec*
	Québec	Autres provinces	Québec	Autres provinces	
Hexachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxine (Dioxine)	Données non répertoriées	1-4 ppb <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible à <i>modéré</i> **
N-nitrosodiphénylamine (Alkyl amine)	Données non répertoriées	>1 à <100 <sup>c</sup> (#22) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Naphtalène (HAP)	Données non répertoriées	1 <sup>a</sup> (#74) >1 à <100 <sup>c</sup> (#22,74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Nitrosamines (Classe)	Données non répertoriées	2 à 16 <sup>a</sup> (#74) Traces à 43 <sup>c</sup> (#74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	?
Octachlorodibenzo-furanne (Furanne)	Données non répertoriées	ND <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Octachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxine (Dioxine)	Données non répertoriées	0,6-304 ppb <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible à <i>modéré</i> **
Pentachlorodibenzo-furanne (Furanne)	Données non répertoriées	1 ppb <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Pentachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxine (Dioxine)	Données non répertoriées	1 ppb <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible
Pentachlorophénol (Phénol)	Données non répertoriées	Traces à <10 <sup>c</sup> (#22,74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**

\*Lorsqu'aucune référence, déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 (? :ne peut être évalué)

\*\*Basé sur la similarité qui existe entre les boues canadiennes et américaines

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND=Non détecté Références entre parenthèses et en indices

**Tableau 6** Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées municipales et des boues de fosses septiques par les composés organiques de synthèse au Québec et au Canada (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)		Normes et recommandations en vigueur ou envisagées		Niveau de risque spécifique au Québec*
	Québec	Autres provinces	Québec	Autres provinces	
Phénols et crésols (Classe)	Données non répertoriées	0,4 à 1,3 <sup>a</sup> (#74) Traces à 68 <sup>c</sup> (#74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
<i>Phtalates</i> (Classe)	Données non répertoriées	Traces à 80 <sup>a</sup> (#74) Traces à 430 <sup>c</sup> (#74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Pyrène (HAP)	Données non répertoriées	Traces à >100 <sup>c</sup> (#22,74) 3,5 <sup>a</sup> (#74) (Canada)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Tétrachlorodibenzo-furanne (Furanne)	Données non répertoriées	ND <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**
Tétrachlorodibenzo-p-dioxine (Dioxine)	Données non répertoriées	ND <sup>c</sup> (#31) (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible**

\*Lorsqu'aucune référence, déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif de la section 1.1 (?ne peut être évalué)

\*\*Basé sur la similarité qui existe entre les boues canadiennes et américaines

a) Médiane    b) Moyenne    c) Étendue    ND=Non détecté    Références entre parenthèses et en indices



**Tableau 7** Niveau de contamination des boues d'épuration des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers et du désencrage par les composés organiques de synthèse au Québec et au Canada

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	Teneurs mesurées (mg/kg de matière sèche lorsque unités non précisées)		Normes et recommandations en vigueur ou envisagées		Niveau de risque spécifique au Québec*
	Québec	Autres provinces	Québec	Autres provinces	
BPC (Classe)	1.0 <sup>b</sup> (#62)	Données non répertoriées	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Faible
<i>2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (Dioxine)</i>	Données non répertoriées	<b>&lt;10-370 ppf (#10)</b> (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible à modéré**
<i>2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-furan (Furanne)</i>	Données non répertoriées	<b>&lt;20-5600 ppf (#10)</b> (Ontario)	Aucune norme ou recommandation	Aucune norme ou recommandation	Probablement faible à modéré**

\*Lorsqu'aucune référence, déterminé par les critères présentés dans le paragraphe explicatif la section 1.1 (? :ne peut être évalué)

\*\*Basé sur la similarité qui existe entre les boues canadiennes et américaines

a) Médiane b) Moyenne c) Étendue ND=Non détecté Références entre parenthèses et en indices

## 2. Comportement

Les **tableaux 8 à 10** résument l'état actuel des connaissances sur le comportement et le devenir des composés organiques de synthèse dans le milieu naturel, à la suite de l'épandage de boues résiduaires. Les principales conclusions et les données pertinentes de diverses études y sont présentées. Il faut noter que peu de travaux ont été réalisés en milieu forestier et qu'une grande partie des études présentées dans ces tableaux concernent la valorisation agricole. Malgré que le milieu sylvicole comporte ses propres particularités climatiques, édaphiques et hydrologiques, certaines données des études de valorisation agricole peuvent être y être transposées ou adaptées assez facilement afin de mieux connaître le comportement probable des composés organiques de synthèse dans ses différentes composantes.

### 2.1 Air

Les composés volatils ont généralement peu tendance à s'accumuler dans les boues (cf. section 1.1). Une forte proportion de la volatilisation des composés organiques de synthèse se produit en effet lors du traitement des eaux usées à l'usine (6, 37). La matière organique des boues est tout de même en mesure d'adsorber une certaine partie de ceux-ci (77). De façon générale, les données du tableau 8 indiquent que la volatilisation dans l'air de certains composés organiques de synthèse peut se produire à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieu agricole ou sylvicole (46, 75, 76, 80). Les composés volatils non chlorés peuvent se volatiliser complètement en 48 heures alors que les organochlorés le font moins rapidement, i.e. à l'intérieur d'une douzaine de jours (75). Pour les BPC et les dioxines, les risques semblent faibles (32, 44). Ces deux composés sont toutefois relativement peu volatils. Dans le cas d'autres composés plus volatils, les connaissances sont restreintes (voir la liste du document #80 pour plus d'information). Les épandages effectués en surface des sols forestiers et sans enfouissement pourraient aussi être favorables à une plus grande volatilisation. Dans le cas du toluène, des travaux démontrent en effet que l'enfouissement dans le sol des boues est recommandable afin de ralentir sa volatilisation (46). La présence de matière organique dans les sols contribue à l'adsorption des composés organiques et à ralentir leur volatilisation. Cependant, cet effet a comme conséquence de réduire leur élimination et d'en maintenir une teneur élevée dans les sols (46, 75).

**Tableau 8** Résumé des études sur les risques de contamination de l'air par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole ou forestier

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandation de l'étude
Benzène Chloroforme 1,1-Dichloroéthane 1,4-Dichlorobenzène 1,3-Diéthylbenzène Ethylbenzène 3-Ethyltoluène Toluène Trichloroéthylène Xylène	75	Boues municipales. Incubation en laboratoire de plusieurs types de sols agricoles	Volatilisation rapide (4 à 48 heures) des composés organiques volatils non chlorés à la suite de l'incorporation des boues au sol. Volatilisation des organochlorés plus lente (144 à 288 heures). Les sols à forte teneur en carbone organique adsorbent plus fortement les composés volatils, ce qui contribue à réduire leur volatilisation et à maintenir leur concentration élevée dans les sols.	Non établi	Éviter l'épandage des boues contaminées par des composés organiques volatils sur des sols organiques car ceux-ci ont tendance à les accumuler de façon plus importante
BPC	44	Valorisation agricole des boues municipales. Laboratoire et champ	Volatilisation des BPC représente une voie d'exposition peu importante pour les animaux.	Peu élevé	
Dioxines, 2,3,7,8- Tétrachlorodibenzo- p-dioxine ( TCDD)	32	Boues de pâtes et papiers. Restauration de sites miniers	Risque d'exposition par poussières contaminées (exposition dermique et par inhalation) très faible	Peu de risque pour des boues comportant moins de 310 ppt de dioxines (équivalent TCDD)	
HAP Benzène Toluène	76	Valorisation agricole des boues municipales	Même après digestion, les boues peuvent contenir des teneurs élevées de composés volatils (ex. naphtalène, benzène, toluène). L'adsorption des composés organiques sur les particules de sol après épandage réduit la volatilisation. Volatilisation possible après épandage pour les HAP légers (ex. naphtalène)	Non établi	

**Tableau 8** Résumé des études sur les risques de contamination de l'air par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole ou forestier (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandation de l'étude
Toluène	46	Valorisation agricole des boues municipales. Incubation de sols amendés en serre.	La volatilisation constitue le principal mécanisme de perte du toluène des boues épandues sur le sol. Les auteurs ont observé une disparition complète 10 jours après l'épandage. Les sols riches en matière organique et à forte teneur en eau ralentissent la volatilisation. La matière organique du sol augmente l'adsorption du toluène dans le sol.	Non établi	Afin de réduire les risques possibles de pollution de l'air par le toluène, il serait préférable d'enfouir les boues dans le sol peu de temps après l'épandage
Général	77	Comportement des composés volatils lors du traitement des eaux usées.	Les composés ayant une constante de Henry* supérieure à $10^{-3}$ atm (mol <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> ) seraient en grande partie volatilisés lors du traitement des eaux usées et de la stabilisation des boues. Une partie des ceux-ci pourrait toutefois s'adsorber sur la matière organique et demeurer dans les boues après traitement.	Non établi	
Général	53	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	Peu de données disponibles. Toutefois, les données et les modèles utilisés pour étudier le potentiel de volatilisation des pesticides peuvent servir de base à la compréhension du phénomène pour les contaminants organiques des boues	Non établi	

\*Voir glossaire à la page 107

**Tableau 8** Résumé des études sur les risques de contamination de l'air par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduelles en milieux agricole ou forestier (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandation de l'étude
Général	80	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	<p><u>Potentiel élevé de volatilisation</u> benzène, tétrachlorure de carbone, chlorobenzène, chloroforme, chlorure de vinyl, chlorure de méthyl, dichlorobenzène, éthylbenzène, naphthalène, toluène, tétrachloroéthane, tétrachloroéthylène, tétrachlorure de carbone, 1,2,4-trichlorobenzène, trichloroéthylène, xylène</p> <p><u>Volatilisation possible:</u> arochlor 1016, arochlor 1232, arochlor 1248, arochlor 1260, chlorophénol, 2,4-D, DDE, 2,4-dichlorophénol, fluoranthène, phénanthrène, phénol di-n-butylphtalate, pyrène, TCDD, toxaphène</p> <p><u>Potentiel de volatilisation très faible:</u> benzo-b-fluoranthène, benzo-ghi-perylène, benzo-a-pyrène, butylbenzylphtalate, diéthylhexylphtalate, di-n-octylphtalate</p>	Non établi	Besoin de recherches

## 2.2 Sol

Le comportement et le devenir des composés organiques dans les sols amendés avec des boues résiduaire représente un des aspects les plus importants sur le plan environnemental. Les autres composantes de l'écosystème (air, eau, végétation et faune) sont en effet en relation étroite avec le milieu édaphique, récepteur et accumulateur des boues. Une partie importante des travaux de recherche concernant les risques environnementaux associés aux composés organiques des boues résiduaire a d'ailleurs été consacrée à leur comportement et à leur devenir dans le sol (Tableau 9).

Lorsque les boues sont incorporées au sol, la plupart des composés organiques de synthèse sont adsorbés par les particules et la matière organique du sol (14, 18, 21, 53, 64, 75, 78, 80). L'adsorption limite ainsi leur mobilité dans le profil du sol (18, 64, et cf. section 2.3). Il existe cependant peu de travaux qui ont étudié leur comportement lorsque les boues ne sont pas enfouies au sol, comme c'est le cas généralement pour la valorisation sylvicole. Il y a lieu de croire que ceux-ci sont probablement liés aux particules de matière organique des boues et de la couche de litière sous-jacente. Le ruissellement de l'eau de pluie (cf. section 2.3) et le transport des particules de boues par le vent pourraient toutefois permettre la mobilité des composés organiques de synthèse dans l'écosystème. Bien que ces phénomènes soient habituellement de faible envergure dans le milieu forestier, on manque de données pour les évaluer de façon plus précise.

La dégradation par la flore microbienne constitue le mécanisme principal de dégradation de la plupart des composés organiques de synthèse dans le sol (53, 59, 64, 72, 76, 79, 80, 81). Les micro-organismes responsables demeurent mal connus, mais on sait que certains peuvent utiliser les composés organiques de synthèse comme source de carbone. Certains composés comportant des molécules de chlore et des cycles benzène (ex: BPC, polymères à haute stabilité, pesticides organochlorés) peuvent être plus réfractaires à la dégradation microbienne (53, 64, 80, 83). Le degré d'adaptation de la flore microbienne à la dégradation des composés organiques de synthèse peut varier considérablement. Les sols ayant déjà été exposés à des boues contaminées par des composés organiques semblent comporter une flore microbienne mieux adaptée (81). La matière organique des boues peut aussi stimuler l'activité des micro-organismes (53). Par ailleurs, la présence d'autres contaminants associés aux boues peut interférer avec l'activité microbienne. Des travaux ont en effet démontré que certains métaux (ex.: Ni) peuvent interférer avec l'activité microbienne (79). Les voies abiotiques (hydrolyse, neutralisation, oxydation, photolyse et volatilisation) peuvent également contribuer à la dégradation de certains composés (ex.: composés volatils, HAP, phénols). Ces mécanismes ont cependant été peu étudiés (78).

Les caractéristiques physico-chimiques du sol (aération, pH, teneur en eau et en matière organique, température et texture) influencent fortement l'activité microbienne et les mécanismes de dégradation abiotiques des composés organiques. Il existe cependant peu de données qui permettent de bien comprendre les phénomènes impliqués. Certaines études montrent que les sols alcalins favorisent la dégradation

microbienne du 2,4-dinitrophénol et du pentachlorophénol. Ces sols comportent toutefois une capacité d'adsorption plus faible pour ces deux composés (4, 47). Des travaux indiquent aussi que des teneurs élevées de l'eau du sol accroissent le potentiel de volatilisation de plusieurs composés organiques (60). Par ailleurs, le phénomène d'adsorption est reconnu comme étant plus élevé dans les sols organiques et argileux (75, 80). Enfin, selon une étude (59), la demi-vie des LAS est plus longue lorsque la température du sol est basse.

Dans l'ensemble, à l'exception de certains polymères très stables et de molécules insolubles (ex.: BPC), très peu de composés organiques de synthèse ne peuvent être dégradés dans le sol (53). Leur vitesse de dégradation peut cependant varier en fonction de leur nature. Ainsi, les composés halogénés ou comportant des cycles benzène sont généralement plus réfractaires (64). Les composés fortement chlorés et comportant plusieurs cycles benzène sont les plus résistants (64, 76, 81). Considérant le taux relativement faible de contamination des boues pour la plupart des composés organiques de synthèse (cf. section 1.1) et leur nature, les risques d'accumulation importante dans les sols semblent assez faibles lorsque les épandages sont effectués à des taux agronomiques (17, 47, 83). Toutefois, certaines études (76, 79) démontrent que les HAP lourds peuvent s'accumuler dans les sols amendés pendant plusieurs années avec des boues municipales. Les niveaux atteints sont cependant comparables à plusieurs sols plus exposés aux retombées atmosphériques de HAP. Certains surfactants (LAS et nonylphénol ethoxylate) et les phtalates peuvent être présents en quantités importantes dans les boues municipales (cf. section 1.1). Des travaux indiquent que les phtalates se dégradent rapidement et qu'ils sont peu propices à une accumulation dans les sols. Les données concernant la dégradation des surfactants dans les sols sont peu nombreuses et parfois même contradictoires. Des travaux montrent en effet que les LAS et le nonylphénol ethoxylate disparaissent rapidement du sol (14, 18, 59, 72, 78, 80). Par contre, selon certaines études (38), ces deux composés pourraient s'accumuler dans les sols amendés annuellement avec des boues qui en comportent des teneurs fréquemment observées. La poursuite des recherches est par conséquent requise afin de mieux comprendre leur dégradation dans les sols.

**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
BPC HAP Bis-2-éthylhexyl-phtalate (DEHP) 4-Nonyl-phénol	14	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales. Revue de littérature.	Forte adsorption des BPC par la matière organique. Pertes de BPC des sols par volatilisation. HAP légers sont rapidement dégradés, un mois après épandage (dégradation et volatilisation). Accumulation possible des HAP lourds après plusieurs épandages. Disparition du DEHP et du 4-nonylphénol dans le sol, 3 mois après l'application.	Peu élevés à des taux d'application agronomiques	Aucune
BPC LAS Nonylphénol éthoxylate	38	Valorisation agricole des boues municipales. Essais au champ	Dégradation moins rapide des nonylphénol éthoxylates par rapport aux LAS. Dégradation peu rapide des BPC. Accumulation potentielle des nonylphénol éthoxylates (et de leurs dérivés) et des LAS dans les sols amendés annuellement	Non établi	Besoin de recherches
BPC Bis-2-éthylhexyl-phtalate (DEHP) HAP 4-Nonylphénol	18	Valorisation agricole des boues municipales. Essais au champ.	Augmentation de la teneur du sol en BPC légers, HAP légers, DEHP et 4-Nonylphenol peu de temps après l'épandage et retour aux concentrations initiales après un mois. La matière organique des boues contribue à l'adsorption et à l'immobilisation des composés organiques dans les sols.	Non établi	Aucune



**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
BPC HAP Organochlorés	83	Valorisation agricole des boues municipales. Essais en serre et au champ.	Augmentation de la la teneur des BPC, des HAP et des organochlorés dans le sol à court terme (une saison de croissance) à des taux d'épandage supérieurs à 50 T boues sèches/ha. (10 fois les taux agronomiques habituels) . Le niveau d'accumulation s'est avéré plus élevé avec les BPC (surtout ceux comportant un fort degré de chloration). À long terme (~130 T boue sèche en 25 ans), les résultats ne montrent pas d'accumulation significative des BPC, des HAP et des organochlorés.	Apparaît faible	Poursuivre les recherches afin de générer des données pour un plus grand nombre de composés organiques
BPC	64	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales. Revue de littérature.	Les BPC tétra à octachlorés sont peu dégradés dans le sol, 500 jours après l'épandage. Pas de mouvement des BPC dans le profil du sol.  Forte adsorption des BPC sur les particules de sol et la matière organique. L'activité microbienne constitue la voie la plus importante de dégradation des composés organiques dans les sols. Les composés comportant des atomes de chlore et des cycles benzène sont plus persistants dans les sols.	Non établi	Aucune

**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Composés volatils: Benzène Chloroforme 1,1-Dichloroéthane 1,4-Dichlorobenzène 1,3-Diéthylbenzène Ethylbenzène 3-Ethyltoluène Toluène Trichloroéthylène Xylène	75	Boues municipales. Incubation en laboratoire de plusieurs types de sols agricoles	Volatilisation rapide (4 à 48 heures) des composés organiques volatils non chlorés à la suite de l'incorporation des boues au sol. Volatilisation des organochlorés plus lente (144 à 288 heures). Les sols à forte teneur en carbone organique adsorbent plus fortement les composés volatils, ce qui contribue à réduire leur volatilisation et à maintenir leur concentration élevée dans les sols.	Non établi	Éviter l'épandage des boues contaminées par des composés organiques volatils sur des sols organiques car ceux-ci ont tendance à les accumuler de façon plus importante
2,4-Dinitrophénol (2,4-DNP)	47	Boues municipales. Incubation en serre. Sols calcaires	Le 2,4-DNP est peu adsorbé par les sols calcaires. Dégradation rapide (8 à 16 jours) du 2,4-DNP dans les sols calcaires (en absence et en présence de boues), ce qui limite les risques d'absorption par les plantes et de contamination de l'eau. Les sols acides favorisent l'adsorption du 2,4-DNP. Les sols alcalins ont un niveau d'adsorption moins élevé et favorisent la dégradation microbienne	Peu élevés à des taux d'application agronomiques pour la plupart des boues	Le 2,4-DNP étant moins adsorbé par les sols alcalins, éviter une irrigation trop intensive dans les 30 jours suivant l'épandage afin de limiter les risques de contamination de l'eau.
2,4-Dinitrophénol (2,4-DNP) Pentachlorophénol (PCP)	49	Boues municipales. Incubation de sols amendés en serre.	Dégradation rapide du 2,4-DNP et du PCP dans les sols	Non établi	Aucune

**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduelles en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
HAP	76	Valorisation agricole des boues municipales sur une période d'environ 40 ans	<p>En 1984, on a retrouvé trois fois plus de HAP dans les sols amendés régulièrement avec des boues entre 1942 et 1961 que dans ceux qui ne l'avaient pas été. Les HAP de poids moléculaire plus élevé se sont avérés les plus persistants. L'augmentation, qui a été observée dans un milieu rural, a atteint un niveau souvent retrouvé dans les sols situés en milieu urbain.</p> <p><u>Mécanismes d'élimination des HAP du sol:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dégradation biologique constitue le mécanisme le plus important</li> <li>-Migration négligeable avec les colloïdes dans la macroporosité du sol</li> <li>-Volatilisation, bien que limitée par l'adsorption, peut constituer un mécanisme important pour certains HAP (ex.: naphtalène)</li> </ul>	Non établi	Aucune

**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
HAP	79	Valorisation agricole des boues municipales. Essais en champ. Effets à long terme	<p>Présence de HAP résiduaires, 20 ans après l'application (125 T/ha de boue sèche en 1968)            Demi-vie des HAP dans le sol: 2 ans à 16 ans. Les HAP de poids moléculaire plus important ont une demi-vie plus longue. Les demi-vies mesurées se sont avérées plus longues que celles obtenues avec des expériences menées en serre où les conditions de dégradation semblent alors plus optimales. Les données obtenues avec des essais de dégradation en serre doivent ainsi être utilisées avec précaution car elles peuvent sous-évaluer la persistance réelle en conditions naturelles.</p> <p>La dégradation biologique constitue le mécanisme principal de dégradation des HAP. Certains métaux lourds (Ni) peuvent interférer avec la dégradation microbienne des composés organiques</p>	Non établi	Aucune

**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
HAP	81	Boues municipales. Sols agricoles et forestiers. Incubation en serre.	<p>Les HAP légers (moins de 4 cycles benzène) peuvent être dégradés par des mécanismes de dégradation abiotique (oxydation, hydrolyse, photolyse, volatilisation). Cette voie de dégradation est peu importante pour les HAP lourds.</p> <p>Plusieurs HAP se sont dégradés de façon importante par voie microbienne dans les sols agricoles et forestiers à l'étude. Dans le cas particulier de l'anthracène et du phénanthrène, la dégradation a été plus élevée dans le sol forestier. La flore microbienne des sols qui ont déjà été amendés avec des boues contaminées par des HAP semble mieux adaptée à la dégradation des autres HAP apportés de façon subséquente.</p> <p>Les HAP ajoutés seuls au sol (sans boues) ont eu un taux de dégradation plus rapide que ceux des sols amendés avec des boues contaminées.</p>	Non établi	Aucune
LAS	59	Valorisation agricole des boues municipales. Essais en champ	<p>Les LAS peuvent être dégradés rapidement dans les sols par voie microbienne. Diminution des teneurs de 45 à 5 mg/kg de sol observée au cours des 104 premiers jours suivants l'épandage.</p> <p>(Demi-vie moyenne des LAS de 7 à 22 jours). Les températures plus froides ralentissent la vitesse de dégradation des LAS (Demi-vie de 70 à 120 jours en hiver).</p>	Non établi	Aucune

**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
LAS	72	Valorisation agricole des boues municipales	La flore microbienne des sols peut dégrader efficacement les LAS. Demi-vie mesurée: 18-26 jours.	Peu élevés puisque la dégradation biologique rapide prévient l'accumulation dans les sols	Aucune
Pentachlorophénol (PCP)	7	Boues municipales. Incubation de sols amendés en serre.	Degradation rapide du PCP dans les sols alcalins (demi-vie de 10 à 15 jours) et plus lente dans les sols acides (demi-vie de 38 jours). Adsorption du PCP moins grande et activité microbienne favorisée dans les sols alcalins.	Non établi	Aucune
Toluène	46	Valorisation agricole des boues municipales. Incubation de sols amendés en serre.	La volatilisation constitue le principal mécanisme de perte du toluène des boues épandues sur le sol. Les auteurs ont observé une disparition complète 10 jours après l'épandage. Les sols riches en matière organique et à forte teneur en eau ralentissent la volatilisation. La matière organique du sol augmente l'adsorption du toluène dans le sol.	Non établi	Aucune
Général LAS	78	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales.	La matière organique des boues contribue à l'adsorption des composés organique dans le sol.  La photolyse, l'hydrolyse et la neutralisation des composés organiques constituent des voies de dégradation abiotique qui sont mal connues. Demi-vie des LAS dans les sols amendés: 7 à 22 jours	Non établi	Aucune

**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	17	Valorisation agricole des boues municipales	À des taux d'application de 100 T/ha de boues sèches, la plupart des composés organiques se dégradent considérablement à l'intérieur d'une saison de croissance. Pour un taux d'application de 25 T/ha de boues sèches, la dégradation est supérieure à 50 %	Peu élevés à des taux de 25 T/ha de boues sèches.	Aucune
Général	53	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	La plupart des composés organiques sont adsorbés par le sol et la matière organique. La matière organique des boues qui est apportée au sol contribue à l'adsorption des composés organiques et favorise la prolifération des micro-organismes responsables de leur dégradation. Les phénols et les HAP peuvent être dégradés par photolyse. La photolyse est toutefois peu importante si les boues sont enfouies. À l'exception de certains polymères très stables (non précisés) et des molécules insolubles (ex. BPC), peu de composés organiques sont résistants à la dégradation dans le sol. L'activité microbienne constitue la principale voie de dégradation pour les phénols, les phtalates, le naphthalène et les nitrosamines. Certains composés aromatiques monocycliques et polycycliques, aliphatiques halogénés, BPC, et éthers halogénés sont plus persistants. Certains pesticides organochlorés peuvent aussi être très persistants.	Non établi	L'ajout seul (sans boues) d'un composé organique au sol n'est pas suffisant pour bien étudier sa dégradation.

**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaire en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	60	Dégradation des composés organiques dans les sols	<p>Les composés organiques avec une demi-vie dans l'eau supérieure à 14 jours pourraient comporter des risques d'accumulation et de contamination dans les sols.</p> <p>L'augmentation de la teneur en eau du sol accroît le potentiel de volatilisation de plusieurs composés organiques.</p> <p>Ce document comporte une liste exhaustive de quelques propriétés chimiques des composés organiques (Demi-vie[eau], <math>K_{ow}</math>* et constante de Henry*)</p>	Non établi	Aucune

\*Voir glossaire à la page 107



**Tableau 9** Résumé des études sur le comportement et le devenir dans le sol des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et établissement des risques de contamination (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	80	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	<p>L'adsorption des composés organiques est très importante dans les sols, surtout ci ceux -ci contiennent une forte proportion d'argile et de matière organique.</p> <p>La dégradation biologique constitue le principal mécanisme de dégradation de plusieurs composés organiques dans les sols.</p> <p><u>Potentiel élevé de dégradation (1/2 vie &lt; 10 jrs)</u> benzène, chlorure de vinyl, éthylbenzène, butylbenzylphtalate, chloroforme, chlorophénol, LAS, nonylphénol, phénol, toluène, trichloroéthylène, xylène</p> <p><u>Potentiel modéré de dégradation (1/2 vie &gt;10-&lt;50jrs)</u> 2,4-D, 2,4-dichlorophénol, 2,4-dinitrophénol, pentachlorophénol, di-n-butylphtalate, diéthylhexylphtalate, tétrachlororoéthane, tétrachloroéthylène</p> <p>Potentiel faible de dégradation (1/2 vie &gt;50jrs) aldrin, arochlor 1016, arochlor 1232, arochlor 1248, arochlor 1260, chlorobenzène, chlorure de méthyl, DDT, dichlorobenzène, dieldrin, fluoranthène, benzo-b-fluoranthène, hexachlorobenzène, lindane, naphtalène, benzo-ghi-perylène, phenanthrène, pyrène, benzo-a-pyrène, TCDD, toxaphène, 1,2,4-trichlorobenzène</p>	Non établi	Besoin de recherches

## 2.3 Eau

Les connaissances sur les risques de contamination des eaux de ruissellement et souterraines par des composés organiques de synthèse associés aux boues résiduelles sont très limitées (tableau 10). Quelques travaux indiquent cependant que ceux-ci semblent peu élevés (11, 14, 18, 37, 47, 53, 64, 79). La majorité des composés organiques de synthèse seraient en effet fortement adsorbés par le sol et leur dégradation rapide limiterait également les risques de lessivage (11, 18, 47, 53, 64, 79). Il faut toutefois être prudent dans ce domaine car des recherches menées avec les pesticides organiques de synthèse montrent que certains de ceux-ci peuvent comporter des risques pour la qualité de l'eau (53). La migration dans les macropores du sol des composés organiques de synthèse, associés à de fines particules de sol ou de matière organique, représente une voie potentielle qui a été l'objet de peu de recherches (14, 78, 79). On connaît aussi très peu le potentiel de lessivage de certains composés (ex.: LAS et nonylphenol ethoxylates) (38). Par ailleurs, il existe très peu d'études qui permettent de bien établir les risques de contamination des eaux de ruissellement (37). Enfin, un nombre limité d'essais ont été conduits en milieu forestier. Comme il a déjà été mentionné précédemment, le milieu forestier a ses propres particularités climatiques, édaphiques et hydrologiques. Le comportement des composés organiques de synthèse dans l'eau des écosystèmes forestiers pourrait ainsi être différent.

**Tableau 10** Résumé des études sur le comportement et le devenir des composés organiques de synthèse dans l'eau et les sédiments à la suite de l'épandage de boues résiduares en milieux agricole et forestier et sur l'établissement des risques de contamination

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
BPC LAS Nonylphénol éthoxylate	38	Valorisation agricole des boues municipales. Essais au champ	Le potentiel de lessivage et de contamination des eaux souterraines par les LAS et les nonylphénol éthoxylates est mal connu	Non établi	Besoin de recherches
BPC Bis-2-éthylhexyl- phtalate (DEHP) HAP 4-Nonylphénol	18	Valorisation agricole des boues municipales. Essais au champ.	La matière organique des boues contribue à l'adsorption des composés organiques, ce qui peut limiter le potentiel de lessivage et de contamination de l'eau.	Non établi	Aucune
BPC	64	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales. Revue de littérature.	Les BPC sont très peu lessivés car ceux-ci sont fortement adsorbés sur les particules de sol et la matière organique	Non établi	Aucune
BPC	14	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales. Revue de littérature.	Les BPC sont très peu solubles (leur solubilité diminue avec degré de chloration) dans l'eau mais ils peuvent s'adsorber aux solides en suspension	Peu élevés à des taux d'application agronomiques	Aucune

**Tableau 10** Résumé des études sur le comportement et le devenir des composés organiques de synthèse dans l'eau et les sédiments à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et sur l'établissement des risques de contamination

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
2,4-Dinitrophénol (2,4-DNP)	47	Boues municipales. Incubation en serre. Sols calcaires	Le 2,4-DNP est peu adsorbé par les sols calcaires. Dégradation rapide (8 à 16 jours) du 2,4-DNP dans les sols calcaires (en absence et en présence de boues), ce qui limite les risques d'absorption par les plantes et de contamination de l'eau Les sols acides favorisent l'adsorption du 2,4-DNP. Les sols alcalins ont un niveau d'adsorption moins élevé et favorisent la dégradation microbienne	Peu élevés à des taux d'application agronomiques pour la plupart des boues	Le 2,4-DNP étant moins adsorbé par les sols alcalins, éviter une irrigation trop intensive dans les 30 jours suivants l'épandage sur ces sols afin de limiter les risques de contamination de l'eau.
HAP	79	Valorisation agricole des boues municipales. Essais en champ. Effets à long terme	Les HAP sont hydrophobes et s'adsorbent fortement aux particules de sol et à la matière organique. Les HAP adsorbés sur les colloïdes peuvent migrer au niveau des macro-pores du sol. Le lessivage des HAP dans le profil de sol constitue cependant un phénomène de très faible envergure	Non établi	Aucune
Général	78	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales.	La migration des composés organiques complexés avec de la matière organique dissoute ou des colloïdes du sol au travers des macro-pores du sol vers les eaux souterraines est possible. La matière organique dissoute peut augmenter la solubilité des BPC et du DDT. Les sols poreux pourraient être plus susceptibles au lessivage.	Non établi	Besoin important de recherches

**Tableau 10** Résumé des études sur le comportement et le devenir des composés organiques de synthèse dans l'eau et les sédiments à la suite de l'épandage de boues résiduares en milieux agricole et forestier et sur l'établissement des risques de contamination

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	37	Général	<p>Le potentiel de contamination des eaux de ruissellement et souterraines par les composés organiques de synthèse des boues résiduares a été peu étudié.</p> <p>Il n'existe aucun cas connu de contamination de l'eau de ruissellement par des composés organiques de synthèse suite à des épandages de boues. Au niveau de l'eau souterraine, des augmentations de la teneur en certains composés organiques ont été observées lors de certaines études. Sauf pour le lindane, les teneurs se sont toutefois situées sous les normes de qualité pour l'eau potable aux E.-U.</p>	Non établi	Besoin de recherches
Général	1	Qualité de l'eau suite à des épandages de boues municipales	La contamination des eaux de ruissellement et souterraines par les composés organiques de synthèse des boues résiduares a été très peu étudiée et peu de données sont disponibles.	Non établi	Besoin de recherches
Général	11	Valorisation sylvicole	Les mécanismes d'adsorption et de dégradation des composés organiques de synthèse dans le sol limitent les risques de lessivage et de contamination des eaux souterraines.	Risques de contamination des eaux souterraines généralement faibles	Suivi recommandable de la qualité de l'eau pour les sites valorisés avec des boues fortement contaminées (niveau de contamination non précisé)

**Tableau 10** Résumé des études sur le comportement et le devenir des composés organiques de synthèse dans l'eau et les sédiments à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et sur l'établissement des risques de contamination

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	53	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	La courte demi-vie de plusieurs composés organiques réduit considérablement les risques de lessivage et de contamination des eaux souterraines	Peu élevé à des taux d'application agronomique	Puisque les recherches menées avec les pesticides organiques de synthèse montrent que leur utilisation peut parfois mener à la contamination de l'eau, il serait important qu'un plus grand nombre de travaux s'intéressent aux composés organiques de synthèse des boues résiduaires qui sont valorisées.

**Tableau 10** Résumé des études sur le comportement et le devenir des composés organiques de synthèse dans l'eau et les sédiments à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier et sur l'établissement des risques de contamination

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	80	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	<p><u>Potentiel élevé de lessivage (1/2 vie &lt; 10 jrs)</u> Chlorobenzène, chlorure de méthyl</p> <p><u>Potentiel modéré de lessivage</u> Benzène, chloroforme, chlorophénol, chlorure de vinyl, 2,4-D, dichlorobenzène, 2,4-dichlorophénol, dieldrin, 2,4-dinitrophénol, éthylbenzène, LAS, lindane, phénol, naphthalène, tétrachlorure de carbone, tétrachloroéthane, tétrachloroéthylène, toluène, toxaphène, trichloroéthylène, xylène</p> <p><u>Potentiel faible de lessivage</u> Aldrin, arochlor 1016, arochlor 1232, arochlor 1248, arochlor 1260, DDE, DDT, fluoranthène, benzo-b-fluoranthène, hexachlorobenzène, naphthalène, nonylphénol, pentachlorophénol, butylbenzylphtalate, di-n-butylphtalate, di-n-octylphtalate, éthylhexylphtalate, benzo-ghi-perylène, phenanthrène, pyrène, benzo-a-pyrène, TCDD, 1,2,4-trichlorobenzène</p>	Non établi	Aucune

### 3. Effets sur l'environnement

Le grand nombre de composés organiques de synthèse et la complexité des écosystèmes rend difficile la détermination des risques que ces contaminants peuvent comporter pour les organismes vivants. Les connaissances sur ce sujet sont également restreintes, ce qui ne permet pas d'établir de façon précise et rigoureuse les risques pour les organismes du sol, la végétation ainsi que pour les faunes terrestre et aquatique. La plupart des travaux menés jusqu'à maintenant indiquent toutefois que ceux-ci sont relativement faibles. Les **tableaux 11 à 14** résument les résultats de ces travaux.

#### 3.1 Végétation

La plupart des études du tableau 11 indiquent que les plantes semblent absorber très peu les composés organiques de synthèse des boues résiduaires. Aucun effet phytotoxique n'a pu être relevé dans la littérature scientifique consultée. La forte adsorption de la plupart des composés organiques de synthèse dans le sol fait en sorte que ceux-ci sont peu disponibles au niveau de la solution du sol (78). Certains composés (ex.: chlorobenzène, chlorure de méthyl, dichlorobenzène, dieldrin, naphtalène) plus disponibles, comporteraient toutefois un potentiel d'absorption par les végétaux plus élevé (voir la liste du document #80). Peu d'études se sont encore intéressées à ceux-ci.

Les parties racinaires sont les plus exposées à la contamination par les composés organiques de synthèse, surtout si les tissus de celles-ci sont riches en huiles ou en lipides (2, 6, 47, 48, 49, 53, 64, 80). L'absorption des composés organiques de synthèse via le système racinaire des végétaux ne semble toutefois pas présenter de risques élevés pour la chaîne alimentaire (2, 6, 47, 48, 49, 53, 64, 80). Les dépôts de boues sur le feuillage constitueraient une voie d'exposition beaucoup plus importante. (37, 78 et cf. section 3.3).



**Tableau 11** Résumé des études sur les risques de contamination de la végétation par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Anthracène Benzo-a-pyrène BPC Pentachloro-phénol (PCP) Trichlorobenzène	75	Soya Raygrass	Boues municipales. Essais en serre.	Aucune absorption de composés organiques de synthèse par les plantes	Faible	Aucune
BPC Dioxines Pesticides	64	Général	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales. Revue de littérature.	Les plantes ont très faiblement absorbé les BPC, les dioxines et les pesticides (appliqués au sol) sans les concentrer dans leurs tissus. Les concentrations les plus élevées ont été observées au niveau des racines. L'absorption foliaire des BPC serait due en grande partie à leur volatilisation à la surface du sol	Non établi	Aucune
BPC Diéthylhexyl phtalate (DEHP) 2,4-Dinitrophénol (DNP) Pentachloro-phénol (PCP)	2 6 47 48 49	Carottes Fétuque Piment Laitue	Boues municipales. Essais en serre.	Absorption négligeable des contaminants organiques par les plantes Les tissus des parties racinaires sont susceptibles d'être les plus contaminés	Faible	Aucune
BPC HAP Organochlorés	83	Blé Canola Carottes Raygrass Seigle Trèfle	Valorisation agricole des boues municipales	Absorption négligeable des composés organiques de synthèse par les plantes	Faible	Aucune

**Tableau 11** Résumé des études sur les risques de contamination de la végétation par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	78	Général	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales	La forte adsorption des composés organiques de synthèse par le sol limite leur solubilisation dans la solution du sol et leur absorption éventuelle par les plantes. La contamination du feuillage par contact en surface apparaît plus importante que l'absorption	De façon générale, les risques sont faibles	Aucune
Général	17	Sorgho	Valorisation agricole des boues municipales	Les plantes n'ont pas absorbé de composés organiques de synthèse suite à leur fertilisation avec des boues municipales (200 T/ha de boues sèches).	Peu élevé à des taux de 25 T/ha de boues sèches	Aucune
Général	37	Général	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales	Les risques de contamination de la végétation et de la chaîne alimentaire sont plus élevés par le contact physique des boues avec les végétaux que par l'absorption à partir du sol.	Non établi	Aucune
Général	53	Général	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	La plupart des composés organiques de synthèse des boues sont peu solubles, ce qui limite leur absorption et leur translocation par les plantes. Certains organohalogénés sont lipophiles et volatils et peuvent être absorbés par les tissus riches en lipides (ex: épiderme des racines de la carotte) Les sols sableux et pauvres en matière organique constituent les conditions les plus propices à l'absorption des composés organiques de synthèse par les plantes	Faible	Aucune

**Tableau 11** Résumé des études sur les risques de contamination de la végétation par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduelles en milieux agricole et forestier (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	80	Général	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	Jusqu'à maintenant, les études ont été restreintes à quelques composés organiques de synthèse seulement (BPC, HAP, certains organochlorés). Les résultats de celles-ci démontrent que les plantes n'absorbent pas les composés organiques de synthèse et qu'il peut toutefois exister une légère contamination des racines riches en lipides pour certaines espèces. Cette référence comprend une liste exhaustive du potentiel d'absorption racinaire et foliaire de plusieurs composés organiques de synthèse.	Semblent peu élevés.	Poursuivre les recherches afin d'étudier d'autres composés organiques de synthèse (voir la liste).

### 3.2 Organismes du sol

Les organismes du sol sont le plus susceptible d'être influencés par l'épandage de boues résiduelles (tableau 12). Les vers de terre constituent les organismes les plus étudiés et certains auteurs rapportent que ceux-ci peuvent accumuler 3 à 10 fois la teneur du sol en dioxines (33, 56, 66). Les insectes du sol peuvent aussi les absorber faiblement (33, 56).

Dans le cas des microorganismes, la matière organique associée aux boues favorise leur prolifération et la dégradation des composés organiques de synthèse (53). D'autre part, la flore microbienne des sols qui ont déjà été amendés avec des boues contaminées par des HAP semble mieux adaptée à leur dégradation. Les résultats de certains travaux indiquent en effet une meilleure dégradation des HAP dans les sols ayant déjà été traités avec des boues (81).

Comme on le constate, les effets que pourraient comporter les composés organiques de synthèse pour les différents organismes du sol (invertébrés, insectes, microorganismes) sont mal connus. Le contact étroit de ceux-ci avec les boues résiduelles peut avoir des conséquences importantes sur la dégradation des composés organiques de synthèse dans le sol et leur accumulation dans la chaîne alimentaire.

**Tableau 12** Résumé des études sur les risques de contamination des organismes du sol par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Dioxines (TCDD)	33	Vers de terre Insectes	Valorisation sylvicole des boues de pâtes et papiers	Bioaccumulation de 3 à 5 fois la teneur initiale en TCDD du sol (50 ppt) par les vers de terre Bioaccumulation < 1 fois la teneur initiale en TCDD du sol (50 ppt) par les coléoptères	Non établi	Aucune
Dioxines	56	Vers de terre Insectes	Valorisation agricole et sylvicole des boues de pâtes et papiers	Concentrations de 0,07 à 32 ppt dans les vers de terre à la suite d'applications en surface en milieu forestier. Concentrations de 0,7 à 49 ppt dans les vers de terre avec enfouissement en milieu agricole. Concentrations de 0,02 à 9 ppt dans les insectes à la suite d'applications en surface en milieu forestier. Concentrations de 0,2 à 14 ppt dans les insectes lors de l'enfouissement de boues en milieu agricole.	Non établi	Aucune
Dioxines et furannes	66	Vers de terre	Valorisation sylvicole des boues de pâtes et papiers	Accumulations de TCDD dans les vers de terre de 0 à 43 ppt. Facteur de bioconcentration de 0,2 à 9,4 (vs la teneur du sol). Aucune accumulation des furannes par les vers de terre.	Non établi	Aucune
HAP	81	Micro-organismes	Boues municipales. Sols agricoles et forestiers. Incubation en serre	La flore microbienne des sols qui ont déjà été amendés avec des boues contaminées par des HAP semble mieux adaptée à la dégradation des HAP apportés de façon subséquente.	Non établi	Aucune

**Tableau 12** Résumé des études sur les risques de contamination des organismes du sol par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduelles en milieux agricole et forestier (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	53	Micro-organismes	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature	La matière organique des boues favorise la prolifération de micro-organismes responsables la dégradation des composés organiques de synthèse	Non établi	Aucune



### 3.3 Faune terrestre

La faune terrestre (mammifères, oiseaux, etc.) peut être exposée de façon assez importante aux composés organiques de synthèse associés aux boues résiduaires (tableau 13). La consommation d'insectes, de vers de terre et autres invertébrés contaminés représente une voie d'exposition importante pour plusieurs espèces d'oiseaux et de mammifères (33, 44, 64). Les vers de terre peuvent accumuler les dioxines associées aux boues résiduaires (section 3.2). Les oiseaux qui les consomment seraient cependant peu sujets à la bioaccumulation et aucun effet toxique n'a d'ailleurs été observé chez ceux-ci (33, 56, 66). Les oeufs d'oiseaux peuvent accumuler de faibles niveaux de TCDD (dioxine) (56). On manque de données sur les effets possibles de ces accumulations sur les embryons des oeufs, mais ceux-ci sont généralement très sensibles aux dioxines (56). Par ailleurs, certains herbivores et rongeurs peuvent ingérer du sol et des végétaux contaminés par des boues et leurs composés organiques de synthèse (44, 78). Afin de limiter ces risques, des périodes de retrait des animaux sont recommandées lorsque des épandages sont effectués sur des aires de pâturage en agriculture (41, 78). En milieu forestier, cette voie d'exposition pourrait présenter plus de risques car il est impossible d'empêcher l'accès des animaux aux sites d'épandage.

De façon générale, les composés organiques de synthèse non-polaires lipophiles et halogénés sont les plus susceptibles à la bioaccumulation par la faune terrestre. Les tissus adipeux (graisses abdominales et sous-cutanées, graisses musculaires) et les glandes riches en lipides (foie, reins) représentent les sites d'accumulation les plus importants des composés organiques de synthèse dans l'animal (80). Le lait des mammifères peut également accumuler les composés organiques de synthèse (78, 80). Des concentrations de dieldrin (insecticide organochloré) atteignant 37 mg/kg de lait ont ainsi été détectées chez des bovins s'alimentant de pâturages ayant été sujets à des épandages de boues fortement contaminées (17 mg/kg de boue sèche de dieldrin). Aucun effet toxique sur les animaux n'a toutefois été observé (78). Des cas de toxicose ont été rapportés seulement chez des animaux domestiques alimentés directement avec de grandes quantités de boues résiduaires fortement contaminées par des composés organiques de synthèse (34). L'ingestion de grandes quantités de boues par les animaux sauvages semble peu probable dans les milieux forestiers valorisés avec des boues résiduaires. Il serait toutefois important de le vérifier.

Chez la faune terrestre, aucun effet toxique ou de bioaccumulation importante des composés organiques de synthèse des boues résiduaires n'a été relevé dans la littérature consultée. Toutefois, on constate que ce sujet est peu documenté et que les besoins de recherche sont appréciables (56, 78, 80).



**Tableau 13** Résumé des études sur les risques de contamination de la faune terrestre par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
BPC Dieldrin Général	78	Général	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales	<p>Les herbivores peuvent consommer des végétaux et du sol contaminés par des particules de boues. En agriculture, on peut limiter les risques en s'assurant d'une période de retrait des animaux des pâturages.</p> <p>Les bovins peuvent accumuler jusqu'à 6 fois la concentration en BPC des aliments qu'ils consomment.</p> <p>Des concentrations de 37 mg/kg de dieldrin ont été retrouvées dans le lait de bovins s'alimentant dans un pâturage où des boues contaminées à 17 mg/kg de dieldrin avaient été appliquées</p>	Non établi	Besoin de recherches
BPC	64	Général	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales. Revue de littérature	<p>Il existe très peu d'information. Quelques études ont rapporté des niveaux de 4 à 7 ppm de BPC dans les tissus d'oiseaux s'alimentant de vers de terre provenant de sols fortement contaminés (sources de contamination et concentrations non précisées)</p>	Non établi	Aucune

**Tableau 13** Résumé des études sur les risques de contamination de la faune terrestre par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Dioxines (TCDD)	33	Bécasse	Valorisation sylvicole des boues de pâtes et papiers	Pas d'effets nocifs sur les populations de bécasse (espèce sensible indicatrice) se nourrissant des vers de terre et des insectes prélevés dans des sols comportant des concentrations de TCDD inférieures à 50 ppt. Les boues les plus contaminées du Maine ne représenteraient que peu de risques à cet effet (données de contamination non précisées).	Peu élevé	Aucune
Dioxines (TCDD)	56	Général	Valorisation agricole et sylvicole des boues de pâtes et papiers	Les oeufs des oiseaux peuvent accumuler de faibles niveaux de TCDD provenant des boues (niveaux non précisés). On manque de données sur les effets possibles de ces accumulations sur les embryons des oeufs, qui sont généralement très sensibles aux dioxines.	Modéré	Besoin de recherches
Dioxines (TCDD) et furannes (TCDF)	66	Petits mammifères et oiseaux	Valorisation sylvicole des boues de pâtes et papiers	Aucun impact négatif avec des épandages menant à des concentrations de 10 à 14 ppt de TCDD et de 100 à 160 ppt de TCDF dans le sol.	Peu élevé	Aucune
Général	34	Général	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	Certains cas de toxicité animale sont rapportés suite à l'ingestion directe de quantités importantes de boues contaminées. Aucun cas relié à des situations d'épandage n'est connu.	Non établi	Aucune

**Tableau 13** Résumé des études sur les risques de contamination de la faune terrestre par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	3	Bovins	Valorisation agricole des boues municipales	Aucun impact négatif relevé.	Peu élevé à des taux d'application agronomiques	Aucune
Général	44	Général	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales. Revue de littérature	La plupart des travaux concernent les animaux domestiques et peu d'études ont été menées avec les espèces du milieu forestier. L'ingestion directe des boues, du sol amendé ou de végétaux souillés, constitue le risque de contamination le plus élevé. Certains cas de toxicité animale ou d'effets métaboliques sont rapportés dans des conditions extrêmes (ingestion directe massive).	Non établi	Aucune
Général	11	Général	Valorisation sylvicole des boues municipales et de pâtes et papiers	Aucun cas de toxicité rapporté en milieu forestier.	Non établi	Aucune

**Tableau 13** Résumé des études sur les risques de contamination de la faune terrestre par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier (suite)

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Espèce(s) à l'étude	Type de boues et milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	80	Animaux à pâturage	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	Les composés organiques non-polaires lipophiles et halogénés sont les plus susceptibles à la bioaccumulation. De façon générale ceux-ci s'accumulent dans les graisses des tissus (graisses abdominales et sous-cutanées, muscles) et des glandes (foie, reins). Le lait des mammifères peut également accumuler les composés organiques de synthèse. Cette référence comprend une liste des potentiels de transfert de plusieurs composés organiques de synthèse aux animaux via le feuillage et le sol.	Non établi	Besoin de recherches



### **3.4 Faune aquatique**

Les effets possibles des composés organiques de synthèse sur les organismes aquatiques dans des milieux valorisés avec des boues résiduaire ont été peu étudiés (tableau 14). Lorsque les pratiques de valorisation sont adéquates (respect des caractéristiques hydrologiques des sols et de bandes de protection pour les cours d'eau), les risques de migration importante des composés organiques de synthèse apportés par les boues résiduaire vers les eaux de ruissellement et souterraines semblent relativement faibles (section 2.3). La faune aquatique serait ainsi peu exposée à ces contaminants (19). La réalisation de recherches sur les risques de migration des composés organiques de synthèse vers les eaux de ruissellement et souterraines pourrait permettre de mieux évaluer leurs conséquences possibles sur la faune aquatique.

**Tableau 14** Résumé des études sur les risques de contamination de la faune aquatique par des composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduelles en milieux agricole et forestier

<b>COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS</b>	<b># réf.</b>	<b>Espèce(s) à l'étude</b>	<b>Type de boues et milieu à l'étude</b>	<b>Résumé de l'étude et données pertinentes</b>	<b>Niveau de risque établi par l'étude</b>	<b>Recommandations de l'étude</b>
Dioxines	56	Général	Valorisation agricole et sylvicole des boues de pâtes et papiers	Peu de risque pour la faune aquatique lorsque la valorisation répond aux critères généraux de bonne pratique	Peu élevé	Aucune

#### 4. Risques d'atteinte à la santé humaine

Quelques études ont été menées afin d'évaluer les risques de toxicité aiguë ou chronique que pourraient comporter les composés organiques de synthèse lors de la valorisation agricole ou sylvicole des boues résiduelles. L'approche employée lors de ces études est plutôt empirique et elle prend habituellement en considération les données toxicologiques des molécules chimiques, leur comportement dans l'environnement et différents scénarios d'exposition de la population humaine. Les risques de toxicité aiguë due aux composés organiques de synthèse sont faibles puisque l'ingestion directe de quantités massives de boues contaminées est peu probable. Les risques de toxicité chronique sont plus vraisemblables. Les conclusions des études, résumées dans le **tableau 15**, montrent que les risques d'atteinte à la santé humaine sont faibles, même pour les scénarios d'exposition les plus extrêmes (32, 43, 53, 73). Aucun cas d'atteinte à la santé humaine pouvant être associé à l'épandage de boues résiduelles n'a d'ailleurs été relevé dans toute la littérature consultée.

Il existe peu de méthodes rigoureuses d'établissement des risques (53). L'approche américaine, qui a servi lors à l'élaboration de la nouvelle réglementation américaine de 1992 (73 et cf. section 1.2), est probablement celle qui est la plus complète et la plus rigoureuse actuellement (9). De façon générale, cette approche est basée sur la prise en considération des données environnementales (comportement, persistance, solubilité, absorption par les plantes et les animaux, etc.) et toxicologiques disponibles ainsi que de différentes voies d'exposition. Plusieurs de ces données environnementales et toxicologiques ont déjà été présentées dans les sections précédentes de ce document. Afin de maintenir des seuils de sécurité suffisants, cette méthode considère des scénarios d'exposition extrême pour la population humaine. L'observation de tels scénarios dans la réalité est très peu probable. Parmi les 18 voies d'exposition potentielle, Chaney et al. (9), considèrent que l'ingestion directe de boues résiduelles par de jeunes enfants et la consommation fréquente de viande ou de lait provenant d'animaux ayant pâture des végétaux souillés de boues sont les voies les plus importantes.

Les personnes travaillant sur des sites ayant été sujets à des épandages pourraient aussi être plus exposées à l'inhalation de composés volatils ou de poussières contaminées. Peu de données permettent toutefois d'établir si ces voies comportent des risques importants. Des travaux sur la qualité de l'air des stations d'épuration des eaux usées montrent que le degré de contamination de l'air par les composés organiques volatils est relativement faible et respecte les normes américaines sur la qualité de l'air (37). Sur cette base et puisque la plus grande partie de la volatilisation se produit lors du traitement des eaux usées, il y a lieu de croire que ce phénomène a peu d'impact sur la qualité de l'air des sites valorisés. Il serait néanmoins pertinent de le vérifier de façon expérimentale. L'inhalation de poussières contaminées par des composés organiques de synthèse est très peu documentée et constitue une voie qui mérite plus d'attention. Les randonneurs pourraient également être exposés à la suite de la cueillette et de la consommation de certains champignons et petits fruits. La



contamination des champignons et végétaux sauvages comestibles par des composés organiques de synthèse a été très peu étudiée jusqu'à maintenant.

Il existe un manque important d'information sur les caractéristiques environnementales et toxicologiques des composés organiques de synthèse pouvant se retrouver dans les boues résiduaire (cf. section 1.1). Cette insuffisance de données peut limiter le potentiel des études servant à établir les risques pour la santé humaine. La réalisation de travaux permettant de combler les besoins de recherche relevés dans les sections précédentes pourrait donc permettre de mieux évaluer le potentiel d'atteinte des composés organiques de synthèse sur la santé humaine, dans le contexte de la valorisation agricole et sylvicole des boues résiduaire.

**Tableau 15** Résumé des études sur la toxicité et sur les problèmes de santé humaine pouvant être associés aux composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduelles en milieux agricole et forestier

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues, milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Caractéristiques toxicologiques du composé	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Dioxines	32	Boues de pâtes et papiers. Restauration de sites miniers	Étude empirique. Les risques d'exposition sont très faibles pour des boues comportant moins de 310 ppt de dioxines (équivalent TCDD). Sources d'exposition considérées: absorption dermique et orale, inhalation de poussières contaminées, consommation de gibier, de lait et de viande de bovins, de végétaux.	Extrêmement toxique	Peu élevé	Aucune
Général	53	Valorisation agricole des boues municipales. Revue de littérature.	La revue de différents travaux suggère que les risques semblent peu élevés. Les conclusions des études empiriques doivent être considérées prudemment. Il existe un besoin de méthodes d'établissement des risques plus rigoureuses		Peu élevé	Aucune
Général	9	Général	Description de la méthodologie américaine concernant les risques de toxicité reliés aux contaminants organiques. Cette méthode a été utilisée pour l'établissement de la réglementation américaine de 1992 (réf. no. 73). Ce document présente 18 voies d'exposition. Les deux voies d'ingestion les plus risquées sont l'ingestion directe par des enfants et l'ingestion de viande d'animaux pâturant des végétaux souillés de boues.		Non établi	Aucune
Général	43	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales	Étude empirique. Plusieurs scénarios à risques potentiellement élevés sont développés dans l'étude. Conclusion de l'étude: les risques pour la santé humaine sont faibles.		Peu élevé	Afin de limiter les risques d'ingestion directe, nettoyer les végétaux comestibles qui ont pu être en contact avec des boues

**Tableau 15** Résumé des études sur la toxicité et sur les problèmes de santé humaine pouvant être associés aux composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduaires en milieux agricole et forestier

COMPOSÉ OU CLASSE DE COMPOSÉS	# réf.	Type de boues, milieu à l'étude	Résumé de l'étude et données pertinentes	Caractéristiques toxicologiques du composé	Niveau de risque établi par l'étude	Recommandations de l'étude
Général	73	Valorisation agricole et sylvicole des boues municipales. Réglementation	Basée sur l'approche de la référence no.9, les composés organiques de synthèse comportent peu de risques pour la santé humaine. Ces polluants ne sont pas l'objet de dispositions particulières dans la réglementation américaine de 1992.		Peu élevé	Aucune

## **Conclusion, recommandations sur les guides de bonnes pratiques et priorités de recherche**

Il n'existe présentement pas de données exhaustives sur le degré de contamination des boues résiduelles québécoises par les composés organiques de synthèse, même si la composition de celles-ci est probablement semblable à celle des boues américaines et européennes. Dans le cas des boues de désencrage et de pâtes et papiers, on constate également qu'il subsiste, ici et ailleurs dans le monde, un manque considérable de données sur cet aspect.

La plupart des études et l'expérience acquise jusqu'à maintenant suggèrent que les risques associés à la valorisation des boues résiduelles en milieux agricole et forestier sont relativement peu élevés pour les écosystèmes et la population humaine. Lorsque les taux d'épandage se situent à des niveaux agronomiques (niveaux pouvant être similaires en milieu forestier), la plupart des composés organiques de synthèse auraient peu tendance à s'accumuler de façon notable dans les milieux valorisés. Dans le cas des contaminants les plus importants (chlorobenzènes, dioxines, phtalates, LAS et nonylphénol ethoxylate), les résultats de quelques travaux de recherche indiquent qu'ils ne semblent pas avoir d'impact appréciable. Les teneurs faibles (dioxines et chlorobenzènes) et la dégradation rapide (phtalates, LAS et nonylphénol ethoxylates) limiteraient en effet les risques d'atteinte aux écosystèmes et à la population humaine. La revue de la littérature scientifique montre cependant que le niveau de connaissance concernant le comportement des surfactants (LAS et nonylphénol ethoxylates) dans l'environnement est plutôt limité.

Aucun pays dans le monde n'a encore adopté de lignes de conduite précises pour la valorisation agricole et sylvicole des boues résiduelles contaminées par des composés organiques de synthèse, bien que rien n'indique présentement qu'ils posent un problème. Comme le mentionnent deux documents récents de l'Ontario (51 et 52), il existe cependant des lacunes importantes dans l'ensemble des connaissances acquises sur la destinée des contaminants organiques des boues résiduelles valorisées en agriculture et en sylviculture.

À la lumière de cette revue de littérature et de l'état actuel des connaissances, certaines recommandations peuvent être apportées afin de limiter les risques de contamination des écosystèmes et de la population humaine par des composés organiques de synthèse associés à la valorisation agricole et sylvicole des boues résiduelles. Le présent document permet également d'identifier les besoins de recherche à prioriser au cours des prochaines années. Ces recommandations et ces besoins de recherche, qui sont spécifiques à la situation québécoise, sont décrits ci-après.

### Recommandations sur les critères de bonnes pratiques:

- 1) Plusieurs études indiquent que des taux d'application de boues équivalents à 135-200 kg/ha d'azote disponible représentent peu de risques pour la contamination du milieu par les composés organiques de synthèse. À cet effet, les limites respectives de 135 kg/ha (sur 5 ans) et 200 kg/ha (sur 10 ans) d'azote disponible des guides québécois de valorisation agricole et sylvicole des boues municipales (40 et 41) constituent un taux d'application qui apparaît sécuritaire. Avec l'appui de données scientifiques fiables et rigoureuses, des doses plus élevées pourraient être envisagées.
- 2) La littérature scientifique indique que les risques de contamination des eaux de ruissellement et souterraines par les composés organiques de synthèse à la suite de l'épandage de boues résiduares sont relativement faibles. Les critères relatifs à l'eau des guides de bonnes pratiques de valorisation agricole et sylvicole des boues municipales (40 et 41) devraient permettre de préserver la qualité des ressources hydriques, même si la rareté de l'information amène à être prudent.
- 3) La valorisation de boues résiduares dans des lieux reconnus comme étant sujets et propices à la cueillette de végétaux et de champignons comestibles devrait être évitée autant que possible. La période de restriction d'accès de 12 mois préconisée par le guide québécois de valorisation sylvicole des boues municipales (40) laisse suffisamment de temps pour la dégradation de la plupart des composés organiques de synthèse. Il serait également important de s'assurer qu'il ne subsiste pas de dépôts de boues sur les champignons et les végétaux avant d'autoriser à nouveau la cueillette.
- 4) La volatilisation des composés organiques de synthèse présente une voie d'exposition peu importante pour les travailleurs affectés aux opérations d'épandage et d'entretien sur les sites valorisés (cf. section 4). L'inhalation de poussières contaminées par des composés organiques de synthèse constitue une voie d'exposition qui mérite plus d'attention. L'insuffisance de données précises sur l'impact de l'épandage des boues résiduares vis-à-vis la qualité de l'air des sites valorisés amène à recommander la prise de mesures élémentaires pour protéger la santé des travailleurs. Comme le recommande le guide québécois de valorisation sylvicole (40), le port d'une protection vestimentaire adéquate et d'un masque anti-poussières sont à prescrire lors des opérations d'épandage. Dans le cas des travailleurs affectés aux opérations d'entretien de cultures, le port d'une protection vestimentaire adéquate (décrite dans 40) est à recommander par la suite, surtout lors de la première saison suivant l'épandage. Lorsque les conditions sont favorables à la dissémination de poussières, le port d'un masque anti-poussières devrait aussi être envisagé pour ces travailleurs au cours de la première saison.

## Priorités de recherches

### **Caractérisation des boues résiduaires**

- 1) Il existe très peu de données qui permettent de dresser un portrait précis de la contamination des boues résiduaires produites au Québec par les composés organiques de synthèse. Une enquête à l'échelle provinciale, permettant d'analyser la teneur des principaux composés devrait être entreprise afin de mieux évaluer la situation québécoise. Cette étude devrait s'intéresser aux boues des stations d'épuration des eaux usées municipales, aux boues de fosses septiques, aux boues de pâtes et papiers ainsi qu'aux boues de désencrage.

Pour les boues municipales et de fosses septiques, l'enquête devrait comporter l'analyse des 20 principaux composés organique identifiés dans la section 1.1 et résumés dans le **tableau 16** ci-après. Certains pesticides utilisés à large échelle au Québec (2,4-D, atrazine, parathion, etc., cf. section 1.1) pourraient aussi être considérés.

Dans le cas des boues de pâtes et papiers et de désencrage, l'analyse des organochlorés devrait être envisagée, notamment celle des dioxines et des furannes. Les solvants utilisés lors des procédés de désencrage, devraient également être considérés lors de la caractérisation des boues de désencrage. Les essais importants menés actuellement à l'Université Laval devraient permettre de mieux identifier les principaux composés organiques de synthèse susceptibles de se retrouver dans ce type de boues résiduaires.

Pour être globale et représentative, une telle enquête devrait tenir compte des boues municipales comportant la charge de différentes activités industrielles et des boues de pâtes et papiers et de désencrage issues des divers procédés. Cette approche permettrait ainsi d'identifier les activités et les procédés susceptibles d'augmenter la teneur de certains composés organiques de synthèse dans les boues résiduaires au Québec. Les stations et les usines qui sont la source de boues plus contaminées pourraient être l'objet d'un suivi plus étroit dans l'avenir.

Dans le cadre de cette enquête, on pourrait également envisager l'utilisation d'indices généraux tels que le dosage des organohalogènes totaux adsorbés ('AOX', cf. section 1), les tests de potentiel mutagène chez des bactéries (cf. section 1) et des essais de microtoxicité (daphnées, algues, etc.) pour évaluer le degré de contamination des boues québécoises. Bien qu'ils ne soient pas encore bien éprouvés, ces indices apparaissent très prometteurs car ils pourraient permettre de déterminer rapidement le niveau de contamination des boues ainsi que les risques que celles-ci pourraient comporter pour l'environnement.

**Tableau 16** Composés organiques de synthèse à privilégier et tests généraux à envisager pour la caractérisation des boues résiduaire au Québec

BOUES MUNICIPALES ET DE FOSSES SEPTIQUES	BOUES DE DÉSENCRAGE ET DE PÂTES ET PAPIERS
<p><u>À prioriser</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-butylbenzyl phtalate</li> <li>-diéthyl phtalate</li> <li>-diméthyl phtalate</li> <li>-di-n-butyl phtalate</li> <li>-benzidine</li> <li>-chlorobenzène</li> <li>-chloroéthane</li> <li>-cresyldiphényl phosphate</li> <li>-dibenzo(a,h)anthracène</li> <li>-naphtalène</li> <li>-N-nitrosodiphénylamine</li> <li>-toluène</li> <li>-1,2-trans-dichloroéthylène</li> <li>-styrène</li> <li>-bis(2-ethylhexyl) phtalate</li> <li>-LAS</li> <li>-nonylphénol ethoxylate</li> <li>-BPC</li> <li>-dioxines</li> <li>-furannes</li> <li>-organohalogènes totaux</li> </ul> <p><u>À envisager</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-pesticides utilisés à grande échelle (ex.: 2,4-D. atrazine, parathion)</li> <li>-tests de potentiel mutagène</li> <li>-essais de microtoxicité</li> </ul>	<p><u>À prioriser</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-dioxines</li> <li>-furannes</li> <li>-solvants utilisés pour le désencrage</li> <li>-organohalogènes totaux</li> </ul> <p><u>À envisager</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tests de potentiel mutagène</li> <li>-essais de microtoxicité</li> </ul>

## **Comportement dans les écosystèmes**

- 2) La dégradation des composés organiques de synthèse dans les sols forestiers a été peu étudiée. De façon générale, l'enfouissement dans le sol des boues résiduelles ne peut être pratiqué en milieu forestier. Le comportement et le devenir des composés organiques de synthèse des boues résiduelles appliquées en surface de la litière forestière, riche en matière organique, sont mal connus.

Il existe très peu d'information concernant les effets des paramètres physico-chimiques du sol (aération, pH, teneur en eau et en matière organique, température et texture) sur la vitesse de dégradation (ou de volatilisation) des composés organiques de synthèse dans les sols.

Il est aussi difficile, avec les données disponibles actuellement, de bien connaître le comportement et le devenir des surfactants (LAS et nonylphénol ethoxylates) dans les sols. Ces composés sont retrouvés à des teneurs appréciables dans les boues municipales et des efforts de recherche devraient être entrepris afin de mieux documenter leur dégradation dans les sols amendés.

- 3) L'impact sur la qualité des eaux de percolation et de surface en milieux agricole et forestier est peu documenté. Le potentiel de lessivage de certains composés (ex.: LAS et nonylphénol ethoxylates), à la suite de l'épandage de boues résiduelles, demeure mal connu. Il existe peu d'information sur le potentiel de migration des composés organiques de synthèse avec les particules de matière organique dans les macropores du sol ou avec les eaux de ruissellement. Des travaux sur la qualité de l'eau considérant les conditions climatiques particulières du Québec devraient être envisagés.
- 4) Les données de quelques études indiquent que les vers de terre peuvent accumuler les dioxines suite à l'épandage de boues résiduelles contaminées (cf. section 3.2). Il existe peu d'information qui permet de savoir si d'autres composés organiques de synthèse (ex.: phtalates, surfactants, autres organochlorés) peuvent aussi s'accumuler dans les vers de terre et d'autres organismes du sol (invertébrés, insectes, bactéries, champignons, etc.). Des recherches plus complètes dans ce domaine permettraient également de mieux établir les risques pour le reste de la chaîne alimentaire.
- 5) Chez la faune terrestre, aucun effet toxique ou de bioaccumulation importante des composés organiques de synthèse des boues résiduelles n'a été relevé dans la littérature consultée. Les connaissances sur ce sujet sont cependant relativement restreintes. Des travaux pourraient être entrepris afin de vérifier le niveau d'accumulation chez quelques espèces de l'écosystème forestier québécois. Les animaux les plus exposés et le plus susceptible d'être influencés devraient être identifiés. Ceux-ci pourraient servir d'indicateurs lors d'études subséquentes. Le transfert par la consommation d'organismes accumulateurs du sol, l'ingestion directe de boues résiduelles par les animaux et la contamination des oeufs d'oiseaux constituent des voies de recherche à privilégier.



### ***Risques d'atteinte à la santé humaine***

- 6) Lorsque des mesures de protection adéquates sont employées, le degré d'exposition aux composés organiques de synthèse pour les travailleurs affectés aux opérations d'épandage ou à l'entretien des productions ayant reçu des boues résiduelles (ex.: pépinières et plantations) est relativement faible (cf. section 4). Ce sujet devrait toutefois être mieux documenté. Les risques associés à l'inhalation de poussières contaminées ont été très peu étudiés. Le suivi de quelques sites valorisés pourrait permettre de vérifier la qualité de l'air et de s'assurer que la santé des travailleurs est protégée. Des mesures devraient être prises notamment en milieu forestier où les boues ne sont pas enfouies habituellement.
- 7) Des évaluations de risque d'atteinte à la population humaine par les composés organiques de synthèse, qui intègrent les données environnementales spécifiques au milieu québécois, devraient être réalisées. Ces évaluations permettraient de mieux s'assurer que les épandages de boues résiduelles ne comportent aucun risque pour l'environnement et la santé humaine.
- 8) La contamination des petits fruits et des champignons comestibles du milieu forestier à la suite de l'épandage de boues résiduelles est peu documentée. Le suivi de quelques sites valorisés pourrait permettre de mieux en évaluer les risques. Les travaux devraient surtout considérer les composés organiques de synthèse fréquemment retrouvés dans les boues résiduelles (cf. section 1.1).

## **Bibliographie et coordonnées de différents experts**

### **Bibliographie**

1. Ahtiainen, M. (1986), "Groundwater quality in relation to land application of sewage sludge". *Water Quality*, pp. 51-62.
2. Aranda, J.M., G.A. O'Connor, G.A. Eiceman (1989), "Effects of sewage sludge on Di-(2-Ethylhexyl) phtalate uptake by plants". *J. Environ. Qual.* 18, 45-50.
3. Baxter, J.C., D.E. Johnson and E.W. Kienholz (1980), "Uptake of trace metals and persistent organics into bovine tissues from sewage sludge - Denver project", dans: *Sludge-Health risks of Land application*, Bitton, G. et al., ed., Ann Arbor Science Publisher inc., pp. 285-310.
4. Beaulieu, R. (1993). Communication personnelle. Service de la gestion des boues, MENVIQ.
5. Beaulieu, R. (1991), "Etat de situation de la valorisation des boues de stations d'épuration des eaux usées municipales au Québec". Présenté au Colloque sur la valorisation des boues de stations d'épuration, 27 septembre 1991.
6. Bellin, C.A. and G.A. O'Connor (1990), "Plant uptake of pentachlorophenol from sludge-amended soils". *J. Environ. Qual.* 19, 598-602.
7. Bellin, C.A., G.A. O'Connor and Y. Jin (1990), "Sorption and degradation of pentachlorophenol in sludge-amended soils". *J. Environ. Qual.* 19, 603-608.
8. Buser, H.R. (1989), "Methyl-, Polymethyl-, and Alkylopolychlorodibenzofurans identified in pulp mill sludge and sediments". *Environ. Sci. Technol.* 23, 1130-1137.
9. Chaney, R.L., J.A. Ryan and G.A. O'Connor (1990), "Risk assessment for organic micropollutants: U.S. point of view". *Proceeding of the EEC Symposium on the Treatment and Use of Sewage Sludge and Liquid Agricultural Wastes* (Athens, September 1990).
10. Clement, R.E., C. Tashiro, S. Suter, E. Reiner and D. Hollinger (1989), "Chlorinated dibenzo-p-dioxins (CDDs) and dibenzofurans (CDFs) in effluents and sludges from pulp and paper mills". *Chemosphere* 18(1-6), 1189-1197.
11. Cole, D.W., C.L. Henry and W.L. Nutter (ed.) (1986), "The Forest alternative for treatment and utilization of municipal and industrial wastes". Univ. of Washington Press, 582 pages.

12. Coleman, W.E., R. Baird and S.M. Gabriellian (1988), "Chemical analysis of distribution and marketing (D&M) municipal sludges". Extended abstract, presented before the Division of Environmental Chemistry, American Chemical Society, Los Angeles, California, September 25-30.
13. Couillard, D. (1989), "Élimination des boues résiduares urbaines pour la fertilisation sylvicole". Canadian J. of Civil engineering, 16(5), 650-661.
14. Couillard, D. et Y. Grenier (1990), "Evaluation des risques environnementaux concernant la présence de composés synthétiques organiques toxiques dans les boues municipales lors de leur valorisation". Water Poll. Res. J. Canada, 1, 109-130.
15. Couillard, D. et Y. Grenier (1989), "Forest management: Trees response to wastewater sludge fertilization". J. of Environmental Management, 28(3), 235-242.
16. Couillard, D. et Y. Grenier (1987), "Alternative à la gestion des boues résiduares municipales: recyclage en sylviculture". Sciences et Techniques de l'eau, 20 (3), 215-220.
17. Demirjian, Y.A., A.M. Joshi and T.R. Westman (1987), "Fate of organic compounds in land application of contaminated municipal sludge". Journal WPCF 59(1), 32-38.
18. Diercxsens, P. and J. Tarradellas (1987), "Soil contamination by some organic micropollutants related to sewage sludge spreading", Intern. J. Environ. Anal. Chem. 28, 143-159.
19. Dion, N.P. and S.S. Sumioka (1991), "Extent and source of organic solvents in ground water in the Argonne Road Area Near Spokane, Washington". Résumé bibliographique SWRA.
20. Donnelly, K.C., K.W. Brown and C.P. Chisum (1988), "Mutagenic potential of municipal sludge amended soil". Chemical and Biological Characterization of Sludge, Sediments, Dredge Spoils and Drilling Muds. ASTM STP 976. J.J. Lichtenberg, J.A. Winter, C.I. Webber and L. Fradkin, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 288-299.
21. Eck, T.E. (1986), "Primary and secondary sludge disposal by spray irrigation". Tappi Journal, pp. 54-59.
22. Environnement Canada (1985), "L'épandage des eaux usées traitées et des boues d'épuration d'origine urbaine". Service de la protection de l'environnement, Guide SPE 6-EP-84-1, 190 pages.
23. Grenier, Y. et D. Couillard (1989), "Avantages et faisabilité de l'épandage forestier des boues résiduares". The forestry chronicle, 65(1), 9-16.

24. Giger, W., M. Ahel, M. Koch, H.U. Laubscher, C. Schaffner and J. Schneider (1987), "Behaviour of alkylphenol polyethoxylate surfactants and of nitrilotriacetate in sewage treatment", *Wat. Sci. Tech.* 19, 449-460.
25. Gosselin, A. (1993). Communication personnelle. Département de phytologie, Université Laval.
26. Gswind, J., D.W. Harper, N.P. Kelada, D.T. Lordi, G.R. Richardson, S. Soszynski and R. C. Sustich (1992), "Chemical constituents present in municipal sewage sludge". dans: *Municipal sewage sludge management: Processing, utilization and disposal*, Lue-Hing, C., D.R. Zenz and R. Kuchenrither, ed., Technomic Publishing Co., pp. 69-138.
27. Hagenmaier, H., J. She, T. Benz, N. Dawidowsky, L. Dusterhoft and C. Lindig (1992), "Analysis of sewage sludge for polyhalogenated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and diphenylethers". *Chemosphere* 25(7-10), 1457-1462.
28. Haigler, B.E., S.F. Nishino and J.C. Spain (1988), "Degradation of 1,2-dichlorobenzene by a pseudomonas sp.". *Applied and Environmental Microbiology* 54(2), 294-301.
29. Heitkamp, M.A., V. Camel, T.J. Reuter and W.J. Adams (1990), "Biodegradation of p-Nitrophenol in aqueous waste stream by immobilized bacteria". *Applied and Environmental Microbiology*, 56(10), 2967-2973.
30. Herman, D.J and F.A. Gilbert Jr (1982), "Prospects for land application of wastewater sludges from the paper industry". *Tappi proceedings*, pp. 79-92.
31. Ho, A.K.W. and R.E. Clement (1990), "Chlorinated dioxins/furans in sewage and sludge of municipal water pollution control plants". *Chemosphere* 20(10-12), 1549-1552.
32. Keenan, R.E., M.M. Sauer and F.H. Lawrence (1989), "Examination of potential risks from exposure to dioxin in paper mill sludge used to reclaim abandoned appalachian coal mines". *Chemosphere* 18(1-6), 1131-1138.
33. Keenan, R.E., J.W. Knight, E.R. Rand and M.M. Sauer (1990), "Assessing potential risks to wildlife and sportmen from exposure to dioxin in pulp and paper mill sludge spread on managed woodlands". *Chemosphere*, 20(10-12), 1763-1769.
34. Kienholz, E.W. (1980), "Effect of toxic chemicals present in sewage sludge on animal health". pp. 153-171.
35. Kuchenrither, R.D. and S.L. McMillan (1990), "Preview analysis of national sludge survey". *BioCycle*, pp. 60-62.

36. Leschber, R. (1991), "Organohalogen compounds in sewage sludges and their determination as cumulative parameters". *J. Environ. Anal. Chem.* 44, 233-241.
37. Majeti, V.A. and C.S. Clark (1981), "Health risks of organics in land application". *Journal of the Environmental Engineering Division* 107(E2), 339-357.
38. Marcomini, A. (1988), "Residues of detergent-derived organic pollutants and polychlorinated biphenyls in sludge-amended soil", *Naturwissenschaften* 75, 460-462.
39. Melcer, H. and W.K. Bedford (1988), "The fate of 4,6-Dinitro-o-cresol in municipal activated sludge systems". *Biotechnology for degradation of toxic chemicals in hazardous wastes*, 532-541.
40. MENVIQ, MFO et MSSS (1991), "Valorisation sylvicole des boues de stations d'épuration des eaux usées municipales: Guide des bonnes pratiques". Québec, 83 pages.
41. MENVIQ et MAPAQ (1991), "Valorisation agricole des boues des stations d'épuration: Guide de bonnes pratiques". Québec, 91 pages.
42. Middleditch, B.S., S.R. Missler and H.B. Hines (1981), "Mass spectrometry of priority pollutants". Plenum Press, New York, pp. 1-6.
43. Naylor, L.M. and R.C. Loehr (1982), "Priority pollutants in municipal sewage sludge - A perspective on the potential health risks of land application". Presented at the 12th Annual BioCycle Conference on Composting and Waste Recycling, May 12-14, Albany, N.Y.
44. Neuman, M.E. and C.L. Henry (1990), "Effects on wildlife and domestic animals from sludge application to forage". Prepared for Regional Sludge Management Committee, pp.1-37.
45. Nylund, K., L. Asplund, B. Jansson, P. Jonsson (1992), "Analysis of some polyhalogenated organic pollutants in sediment and sewage sludge". *Chemosphere* 24(12), 1721-1730.
46. O'Connor, G.A. et Y. Jin (1990) "Behavior of toluene added to sludge-amended soils". *Journal of environmental quality*, 19(3), 573-579.
47. O'Connor, G.A., R.J. Lujan and Y. Jin (1990), "Adsorption, Degradation and Plant Availability of 2,4-Dinitrophenol in Sludge-Amended Calcareous Soils". *J. Envir. Qual.* 19, 587-593.
48. O'Connor, G.A., D. Kiehl, G.A. Eiceman and J.A. Ryan (1990), "Plant uptake of sludge-borne PCBs". *J. Environ. Qual.* 19, 113-118.

49. O'Connor, G.A., G.A. Eiseman, C.A. Bellin and J.A. Ryan (1991), "Sludge organics bioavailability".
50. O'Neal, K., S. Keane, R. Zielinski, P. Jennings and P. Halloran (1990), Assessment of risks from exposure of humans, terrestrial and avian wildlife, and aquatic life to dioxins and furans from disposal and use of sludge from bleached kraft and sulfite pulp and paper mills. Prepared for U.S. EPA., Contracts no. EPA-68-02-4283 and EPA-68-D9-0169, 692 pages.
51. Ontario (1992), "Directives concernant l'utilisation des boues d'épuration sur des terres agricoles". Préparé par le Comité de l'utilisation des boues et déchets, Octobre, Ministère de l'Agriculture, et de l'Alimentation, Ministère de l'Environnement, 32 pages.
52. Ontario (1992), "Directives concernant l'utilisation des déchets (autres que les boues d'épuration) sur des terres agricoles". Préparé par le Comité de l'utilisation des boues et déchets, Octobre, Ministère de l'Agriculture, et de l'Alimentation, Ministère de l'Environnement, 20 pages.
53. Page, A.L., T.J. Logan and J.A. Ryan (ed.) (1987), "Land application of sludge: food chain implications". Lewis Publisher inc., Michigan, 151 pages.
54. Phenicie, D.K. and P. Maher (1985), "Pulp and paper mill sludge characterization". Environmental Conference, pp. 209-216.
55. Pridham, N.F. and R.A. Cline (1988), "Paper mill sludge disposal: completing the ecological cycle". Pulp and Paper Canada 89(2), T73-T75.
56. Rabert, W. and M. Zeeman (1992), "Dioxins/furans: U.S. EPA ecological risk assessment for land application and disposal methods for paper pulp sludge". Chemosphere 25(7-10), 1499-1504.
57. Racke, K.D. and C.R. Frink (1989), "Fate of organic contaminants during sewage sludge composting". Bull. Environ. Contam. Toxicol. 42, 526-533.
58. Rantio, T. (1992), "Chlorocymenes, Cymenenes and other chlorohydrocarbons in pulp mill effluents, sludges and exposed biota". Chemosphere 25(4), 505-516.
59. Rapaport, R.A. and W.S. Eckhoff (1990), "Monitoring linear alkyl benzene sulfonate in the environment: 1973-1986". Environ. Toxic & Chem. 9, 1245-1257.
60. Ryan, J.A., R.M. Bell, J.M. Davidson and G.A. O'Connor (1989), "Plant uptake of non-ionic organic chemicals from soils". Chemosphere 17(12), 2299-2323.
61. Samhan, O. and F. Ghobrial (1987), "Trace metals and chlorinated hydrocarbons in sewage sludges of Kuwait". Water, Air and Soil Pollution 36, 239-246.

62. Simons, H.A. Ltée (Experts-Conseils) (1992), "Etude sur la gestion des boues - Résumé". Etude entreprise par l'Association des Industries Forestières du Québec Limitée, Sainte-Foy (Québec).
63. Sittig, M. (1985), "Handbook of toxic and hazardous chemical and carcinogens". 2nd Ed., Noyes Publications, New Jersey, pp. 946-950.
64. Strand, S.E. (1990), "Literature review on the fate of hazardous organics in sludge applied to soil". Prepared by College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, WA 98195 for Regional Sludge Management Committee (draft copy).
65. St-Yves, A. et R. Beaulieu (1988), "Caractérisation des boues de 34 stations d'épuration des eaux usées municipales (jan.-fév. 1988)". Ministère de l'Environnement du Québec, Direction générale de l'assainissement des eaux et Direction de l'assainissement agricole, rapport no. 262, 11 pages.
66. Thiel, D.A., S.G. Martin, J.W. Duncan and W.R. Lance (1989), "The effects of a sludge containing dioxin on wildlife in pine plantations". Tappi Journal, pp. 94-99.
67. Topping, B. (1987), "The biodegradability of para-dichlorobenzene and its behaviour in model activated sludge plants". Wat. Res. 21(3), 295-300.
68. U.S. EPA (1990), "National sewage sludge survey; availability of information and data, and anticipated impacts on purposed regulations; proposed rule". Federal Register, 55(218), pp. 47210-47283.
69. Valente, C.A., A.R. Vaz and A.P. de Carvalho (1987), "Composting pulp mill sludge". BioCycle, pp. 46-49.
70. Wahlberg, C., L. Renberg and U. Wideqvist (1990), "Determination of nonylphenol and nonylphenol ethoxylates as their pentafluorobenzoates in water, sewage sludge and biota". Chemosphere 20(1-2), 179-195.
71. Wang, M.J., S.P. McGrath and K.C. Jones (1992), "The chlorobenzene content of archived sewage sludges". 121, 159-175.
72. Ward, T.E. and R.J. Larson (1989), "Biodegradation kinetics of linear alkylbenzene sulfonate in sludge-amended agricultural soils". Ecotoxicology and environmental safety 17, 119-130.
73. Water Environment Federation (1993), "Standards for the use and disposal of sewage sludge (40 CFR Parts 257, 403 and 503)-Final rule and Phased-in submission of sludge permit application (revisions to 40 CFR Parts 122, 123 and 501)-Final rule". Material prepared by the Water Environment Federation from information supplied by the U.S. EPA.

74. Webber, M.D. and S. Lesage (1989), "Organic contaminants in canadian municipal sludges". *Waste Management & Research* 7, 63-82.
75. Webber, M.D. and J.D. Goodin (1990), "Studies on the fate of organic contaminants in sludge treated soils". *Proceedings of the European Communities, Land Application of Sludge Working Group*, 6-8 June 1990, Braunschweig, Germany.
76. Wild, S.R. and K.C. Jones (1991), "Organic contaminants in wastewaters and sewage sludges: transfer to the environment following disposal". dans: *Organic contaminants in the environment-Environmental pathways and effects*, K.C. Jones (ed.), Elsevier Applied Science, New York, Chapter 4, pp. 133-158.
77. Wild, S.R. and K.C. Jones (1989), "The effect of sludge treatment of the organic contaminant content of sewage sludges". *Chemosphere*, 19(10/11), 1765-1777.
78. Wild, S.R., Waterhouse, K.S., McGrath, S.P. and K.C. Jones (1990), "Organic contaminants in an agricultural soil with a known history of sewage sludge amendments: polynuclear aromatic hydrocarbons". *Environ. Sci. Technol.*, 24(11), 1706-1711.
79. Wild, S.R., J.P. Obbard, C.I. Munn, M.L. Berrow and K.C. Jones (1991). "The long-term persistence of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) in an agricultural soil amended with metal-contaminated sewage sludges". *The Science of the Total Environment* 101, 235-253.
80. Wild S.R. and K.C. Jones (1992), "Organic chemicals entering agricultural soils in sewage sludges: screening for their potential to transfer to crop plants and livestock". *The Science of the Total Environment* 119, 85-119.
81. Wild, S.R. and K.C. Jones (1993), "Biological and abiotic losses of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) from soils freshly amended with sewage sludge". *Environmental Toxicology and Chemistry* 12, 5-12.
82. Witte, H. T. Langenohl and G. Offenbacher (1988), "Investigation of the entry of organic pollutants into soils and plants through the use of sewage sludge in agriculture - Part A: Organic pollutant load in sewage sludge". *Sewage Sludge*, pp. 118-125.
83. Witte, H., T. Langenohl and G. Offenbacher (1988), "Investigation of the entry of organic pollutants into soils and plants through the use of sewage sludge in agriculture - Part B: Impact of the application of sewage sludge on organic matter contents in soils and plants". *Sewage Sludge*, pp. 126-136.
84. Windholz, M. S. Budavari, L.Y. Stroumstos and M.N. Fertig (ed.) (1976). "The Merck Index". Merck Co., inc. New Jersey, 9856 pages



85. Québec (1991). Colloque sur la valorisation des boues de stations d'épuration, 27 septembre 1991, Textes des conférences, 297 pages.
86. U.S. EPA (1989). Drinking water health advisory: Pesticides. Office of drinking water health advisories, Lewis publishers inc., Michigan, 819 pages.
87. U.S. EPA (1990). Pesticide fact handbook, Noyes data corporation, New Jersey, vol. 2, 810 pages.

## Coordonnées de différents experts

Beaulieu, Richard, agr.  
Service de la gestion des boues  
Ministère de l'Environnement  
930, chemin Sainte-Foy  
3<sup>e</sup> étage, boîte 25  
Québec (Québec)  
G1S 2L4  
(418) 644-3597

Gosselin, André, professeur  
Département de phytologie  
Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation  
Université Laval  
Québec (Québec)  
G1K 7P4  
(418) 656-3742  
(Boues de désencrage)

Webber, Melvin, D.  
Wastewater Technology Center  
P.O. Box 5068  
Burlington (Ontario)  
L7R 4L7  
(416) 336-4765



## GLOSSAIRE ET ABRÉVIATIONS

### Glossaire

#### **Constante de Henry ( $H_c$ )**

Constante qui exprime la répartition d'un composé chimique entre les phases aqueuse et gazeuse. La constante de Henry permet d'évaluer la volatilité d'un composé chimique. Elle ne comporte pas d'unités et se calcule en divisant la concentration d'un composé dans l'air par sa concentration en phase liquide (Référence no. 80).

#### **Coefficient octanol-eau( $K_{ow}$ )**

Ce coefficient se définit comme étant le rapport entre la phase octanol d'un composé chimique et sa phase aqueuse. Il est sans unités. Le  $K_{ow}$  est utilisé pour établir le caractère lipophile et hydrophobe d'un composé chimique (Référence no. 80).

### Abréviations

#### **AOX (Adsorbed organohalogen compounds)**

Composés organohalogènes totaux adsorbés.

Indice général du degré de contamination des boues résiduaires par les composés organiques de synthèse, notamment les organohalogènes.

#### **BPC**

Biphényles polychlorés.

#### **DEHP**

Bis-2-éthylhexyl phtalate

#### **HAP**

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

#### **LAS**

Linear alkyl benzene sulfonates

Alkyl benzène sulfonate linéaires

#### **2,4-DNP**

2,4-Dinitrophénol

**PCDD**

Polychlorodibenzodioxine

**PCDF**

Polychlorodibenzofuranne

**PCP**

Pentachlorophénol

**TCDD**

Tetrachlorodibenzo-p-dioxine

**TCDF**

Tetrachlorodibenzo-p-furanne

## ANNEXE 1

### Établissement des niveaux de risque des différents composés organiques dans le cadre d'une valorisation agricole ou sylvicole des boues résiduelles

Teneur moyenne dans les boues (mg/kg sec)	Persistence générale dans l'environnement (1)	Toxicité générale (2)	Niveau de risque établi
<10	Faible	Faible	Faible
<10	Faible	Modérée	Faible
<10	Faible	Élevée	Faible
<10	Modérée	Faible	Faible
<10	Modérée	Modérée	Faible
<10	Modérée	Élevée	Faible
<10	Élevée	Faible	Faible
<10	Élevée	Modérée	Faible
<10	Élevée	Élevée	Modéré
10-100	Faible	Faible	Faible
10-100	Faible	Modérée	Faible
10-100	Faible	Élevée	Modéré
10-100	Modérée	Faible	Faible
10-100	Modérée	Modérée	Faible
10-100	Modérée	Élevée	Modéré
10-100	Élevée	Faible	Modéré
10-100	Élevée	Modérée	Modéré
10-100	Élevée	Élevée	Élevé
>100	Faible	Faible	Faible
>100	Faible	Modérée	Modéré
>100	Faible	Élevée	Modéré
>100	Modérée	Faible	Modéré
>100	Modérée	Modérée	Modéré
>100	Modérée	Élevée	Élevé
>100	Élevée	Faible	Modéré
>100	Élevée	Modérée	Élevé
>100	Élevée	Élevée	Élevé

1. Persistence faible: Demi-vie dans le sol <10 jours  
 Persistence modérée: Demi-vie dans le sol >10 jours à <50 jours  
 Persistence élevée: Demi-vie dans le sol >50 jours  
 (D'après Ryan et al. (1988), cité dans référence no. 80)

2. Toxicité faible: LD<sub>50</sub> oral (animaux de laboratoire) >5000 mg/kg  
 Toxicité modérée: LD<sub>50</sub> oral (animaux de laboratoire) >500 à <5000 mg/kg  
 Toxicité élevée: LD<sub>50</sub> oral (animaux de laboratoire) <500 mg/kg  
 (Adapté de Naylor et Loehr (1982), cf. référence no. 43)