

**NUTRIMENTS, MÉTAUX, BACTÉRIES ET COMPOSÉS ORGANIQUES DANS
LES EAUX SOUTERRAINES EXPOSÉES À DES ACTIVITÉS AGRICOLES
DANS LA VALLÉE DU BAS FRASER, COLOMBIE-BRITANNIQUE**

B. Hii, S. Sylvestre, T. Tuominen, M. Sekela et M. Mazalek
Division des sciences atmosphériques et aquatiques,
Direction de la conservation de l'environnement
Environnement Canada, Région du Pacifique et du Yukon
Vancouver C.-B.

Mars 2004

EC/GB/04/76

RÉSUMÉ

Dans le cadre de l'Initiative de l'écosystème du bassin de Georgia, Environnement Canada a mené en 1998 une enquête sur les eaux souterraines d'un certain nombre de sites sélectionnés de la vallée du bas Fraser (VBF). Cette étude portait sur des zones d'agriculture intensive (sites perturbés) ainsi que sur des zones pour lesquelles aucune activité agricole n'était connue (sites de référence). Vingt sites (16 perturbés et 4 de référence) dans plusieurs aquifères de la VBF ont été étudiés par prélèvement d'échantillons afin d'analyser les nutriments, les paramètres bactériologiques, les métaux, les contaminants organiques et effectuer des tests de dépistage d'oestrogènes/d'androgènes.

Les concentrations en nitrate + nitrite étaient élevées sur quatre sites perturbés; deux résultats donnaient plus de 3 milligrammes d'azote par litre (mg N/l) et deux autres dépassaient les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada qui sont de 10 mg N/l. Les concentrations en nitrate + nitrite sur les sites de référence étaient toutes inférieures à 1 mg N/l. La numération totale de coliformes ainsi que celle des coliformes fécaux et de l'*Escherichia coli* étaient de zéro sur les sites de référence et positives sur quatre sites perturbés : les numérations totales de coliformes allaient de 2 à 1300 colonies par 100 ml. De nombreuses concentrations en métaux-traces étaient dans les limites acceptables des recommandations du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) pour l'eau potable, l'irrigation, la protection de la vie aquatique en eau douce et l'abreuvement des animaux d'élevage. D'autres métaux-traces comme le cuivre, le fer et le manganèse dépassaient certaines de ces recommandations. Tous les composés organiques analysés n'ont pas été détectés lors de cette enquête. Tous ceux qui ont été détectés avaient des concentrations inférieures aux recommandations du CCME pour l'eau potable ou la protection de la vie aquatique en eau douce. Peu de pesticides ont été détectés dans les eaux souterraines, cependant de l'endosulphan a été détecté sur plusieurs sites perturbés mais sur aucun des sites de référence. Des composés organiques pas forcément associés à l'agriculture, comme par exemple les HAP et certains stéroïdes (cholestérol et β -sitostérol) ont été décelés sur de nombreux sites perturbés et de référence. Deux tests de dépistage ont été utilisés pour détecter des substances dans l'eau qui imitent les hormones androgènes ou oestrogènes. Les résultats obtenus n'indiquent pas d'activité androgénique ou oestrogénique significative.

Cette étude de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du bas Fraser indique que les activités agricoles peuvent entraîner une augmentation des niveaux en bactéries, nutriments et pesticides ainsi qu'une possible croissance des niveaux en stéroïdes (dans les puits peu profonds). Cependant, l'eau souterraine dans la vallée du bas Fraser est affectée par plus que l'agriculture de surface. Elle subit également les conséquences générales de la présence humaine.

ABSTRACT

As part of the Georgia Basin Ecosystem Initiative, Environment Canada conducted a survey of groundwater quality in 1998 at selected Lower Fraser Valley (LFV) sites. The survey included areas of intensive agricultural use (impacted sites) as well as those with no known agricultural activities (reference sites). Twenty sites (16 impacted and 4 reference) in several LFV aquifers were sampled for nutrients, bacteriological parameters, metals, organic contaminants, and estrogen/androgen screening tests.

Nitrate + nitrite concentrations were elevated at four impacted sites; two were over 3 milligrams nitrogen per litre (mg N/l) and another two also exceeded the 10 mg N/l Canadian Water Quality Guideline for Drinking Water. The nitrate + nitrite concentrations at reference sites were all less than 1 mg N/l. Total and fecal coliform and *Escherichia coli* counts were zero at reference sites and positive at four impacted sites, with total coliform counts ranging from 2 to 1300 colonies per 100 ml. Many trace metals concentrations were within the acceptable limits of the Canadian Council for Ministers of the Environment (CCME) guidelines for drinking, irrigation, protection of fresh water aquatic life and livestock watering. Other trace metals like copper, iron and manganese exceeded some of these guidelines. Not all the organic compounds analyzed were detected in the survey. All the detected organic compounds had concentrations below CCME guidelines, where they have been established, for drinking or protection of freshwater life. Few pesticides were detected in groundwater however endosulphan was detected at several impacted sites but at none of the reference sites. Organic compounds not necessarily associated with agriculture such as PAHs and some sterols (cholesterol and β -sitosterol) were detected at many of the impacted and reference sites. Two screening tests were used to detect substances in the water that mimic estrogen or androgen hormones. The results showed no significant estrogenic or androgenic activity.

This survey of groundwater quality in the Lower Fraser Valley showed that agricultural activities can result in an increase in bacterial, nutrient, and pesticide levels and possibly sterol levels (in shallow wells). However, groundwater in the Lower Fraser Valley is affected by more than just agricultural land activity; it is affected also by other activities and land uses related to general human presence.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Hugh Liebscher et Gail Moyle pour leur aide lors de la conception et la mise en oeuvre de cette étude. Nous avons également apprécié la coopération des habitants de Matsqui et Chilliwack qui nous ont autorisé à prélever des échantillons dans leurs puits. Cette étude n'aurait pas pu être menée à bien sans leur coopération.

Nous remercions également nos laboratoires pour les services rendus : le Centre des sciences environnementales du Pacifique, North Vancouver, Colombie-Britannique et le Laboratoire national des essais environnementaux, Burlington, Ontario, ainsi que CanTest Ltd., Burnaby, C.-B. et Axys Analytical Services Ltd., Sidney, C.-B.

Nous aimerions enfin remercier George Derksen, Andrea Ryan, Donald Bernard et Cecilia Wong d'Environnement Canada ainsi que Marc Zubel du Ministère pour la protection des eaux, des terres et de l'air de la C.-B. pour leurs commentaires très utiles lors de la révision de ce rapport.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
ABSTRACT	iii
REMERCIEMENTS	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES ILLUSTRATIONS	vi
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES TABLEAUX EN ANNEXE	vi
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 MÉTHODES	2
2.1 Sélection des sites	2
2.2 Aquifères dans la zone concernée par l'étude	6
2.2.1 Aquifère d'Abbotsford	6
2.2.2 Aquifère de Vedder	6
2.2.3 Aquifère de Chilliwack	6
2.2.4 Aquifère du cours supérieur du Chilliwack	6
2.2.5 Autres aquifères	7
2.3 Prélèvement des échantillons et analyse	7
2.3.1 Paramètres inorganiques et bactériologiques	7
2.3.2 Composés organiques	7
2.3.3 Tests de dépistage oestrogéniques/androgéniques	10
2.4 Assurance de la qualité/Contrôle de la qualité	11
3.0 RESULTATS	11
3.1 Nutriments et paramètres bactériologiques	11
3.2 Métaux et ions majeurs	12
3.3 Composés organiques	16
3.3.1 Pesticides, benzènes chlorés et BPC Aroclor	16
3.3.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	16
3.3.3 Stéroïdes	17
3.4 Tests de dépistage androgénique et oestrogénique	17
3.5 Assurance de la qualité/Contrôle de la qualité	17
4.0 DISCUSSION	21
4.1 Contamination bactérienne et nutritive	21
4.2 Contamination par les métaux	22
4.3 Contamination organique	23
4.3.1 Pesticides, benzènes chlorés et BPC Aroclor	23
4.3.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	24
4.3.3 Stéroïdes	25
4.4 Test de dépistage oestrogénique/androgénique	25
5.0 RÉSUMÉ	26
6.0 RÉFÉRENCES	28
ANNEXES	31

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1. Principaux aquifères de la vallée du bas Fraser, Colombie-Britannique ...	3
Illustration 2. Sites sur lesquels des échantillons ont été prélevés pour analyser la qualité des eaux souterraines dans la vallée du bas Fraser	5
Illustration 3. Sites de prélèvement ayant des concentrations en fluorure, nitrate + nitrite et coliformes totaux dépassant les recommandations du CCME	14
Illustration 4. Nombre de métaux-traces dépassant les recommandations du CCME sur les sites de prélèvement	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Description des sites de prélèvement, des dates d'échantillonnage, des informations sur le puit et les piézomètres et de l'utilisation du sol	4
Tableau 2. Procédure d'échantillonnage sur le terrain et méthode analytique pour l'analyse des paramètres inorganiques et bactériologiques dans les échantillons d'eau souterraine prélevés dans la vallée du bas Fraser	8
Tableau 3. Composés organiques analysés dans les échantillons d'eau souterraine prélevés dans la vallée du bas Fraser	10
Tableau 4. Résumé des concentrations en nutriments et en composés inorganiques et bactériologiques dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser.....	13
Tableau 5a. Nombre de composés organiques détectés dans chaque groupe de contaminants sur les sites d'échantillonnage de l'eau souterraine.....	18
Tableau 5b. Pourcentage des sites présentant des concentrations détectables de composés organiques sur les sites perturbés et de référence.....	19
Tableau 6. Variabilité analytique sur les échantillons en triple exemplaire prélevés sur le site CHW5E	20

LISTE DES TABLEAUX EN ANNEXE

Tableau A1. Utilisation de l'eau souterraine en 2000 dans les principaux aquifères de la vallée du bas Fraser.....	32
Tableau A2. Concentrations des paramètres inorganiques et bactériologiques dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser	33
Tableau A3. Recommandations pour la qualité de l'eau potable de Santé Canada et recommandations du CCME pour l'utilisation de l'eau et la protection de la vie aquatique en eau douce.....	36
Tableau A4. Concentrations des contaminants organiques (ng/l) dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser	38
Tableau A5. Résumé du test de dépistage par dosage oestrogénique des levures effectué sur l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser	42

1.0 INTRODUCTION

Les différentes utilisations du sol peuvent avoir un impact significatif sur la qualité des eaux souterraines, en particulier dans les aquifères peu profonds et non délimités. De nombreux aquifères de la vallée du bas Fraser (VBF), en Colombie-Britannique, sont exposés aux activités agricoles. De plus, suite aux récents développements de l'urbanisation, une partie significative de ces aquifères est également exposée aux activités urbaines.

L'une des activités agricoles les plus répandues dans la VBF est l'épandage de fumier provenant du bétail sur les champs agricoles. L'effet de cet épandage sur la qualité des eaux de surface et souterraines n'est pas entièrement connu; on ne sait pas non plus si le ruissellement a le potentiel requis pour causer des effets perturbateurs endocriniens sur les organismes vivant dans les cours d'eau alimentés par les eaux souterraines. On pense que le fumier peut contenir des hormones synthétiques et naturelles (Environnement Canada, 1998) qui peuvent potentiellement entraîner des effets endocriniens sur les organismes exposés. Il a également été montré que certains pesticides organochlorés causent des effets perturbateurs endocriniens chez les oiseaux et les amphibiens (Hayes et coll., 2002). Il n'est pas connu si ces contaminants posent problème dans les eaux souterraines de la VBF.

Les contaminants pouvant poser un problème potentiel, en particulier pour la santé humaine, dans les aquifères de la VBF sont le nitrate + nitrite et les pesticides qui ont été détectés dans des aquifères comme ceux d'Abbotsford et de la Columbia Valley (Liebscher et coll., 1992; Carmichael et coll., 1995; Grove et coll., 1998; Cox et Liebscher, 1999; Hii et coll., 1999; Zubel, 2000). Une grande partie de ces eaux souterraines est utilisée pour la consommation et l'irrigation. Dans l'aquifère d'Abbotsford, qui est certainement l'aquifère le plus étudié de la VBF, il a été établi que la principale source de nitrate + nitrite pour les eaux souterraines concerne les activités agricoles (Wassenaar, 1995). En 1997, Cox et Liebscher (1999) ont décelé 27 composés organiques dans l'aquifère.

Plus de 150 aquifères de la VBF ont été délimités et classifiés en fonction d'un index de vulnérabilité (Kreye et Wei, 1994) et ils ont été regroupés en classes qui sont basées sur des critères de classement comprenant la productivité, la vulnérabilité à la contamination, la taille, la demande, le type d'utilisation et les problèmes de qualité/quantité. Un aquifère de Classe 1A est très vulnérable et très productif. Il existe quatre aquifères dans la VBF qui appartiennent à cette classe, dont les aquifères d'Abbotsford et de Chilliwack.

Les aquifères d'Abbotsford et de Chilliwack ainsi que plusieurs autres dans la VBF ne sont pas délimités et sont principalement composés de matériaux de surface non consolidés qui ont été déposés lors des glaciations Fraser il y a environ 12 000 ans. Ces matériaux sont proches de la surface et la nappe phréatique forme sa limite supérieure. Les matériaux de surface ont été subdivisés en unités hydrostratigraphiques (Halstead, 1986) et ceux qui sont perméables (c'est-à-dire ceux qui transmettent des quantités d'eau significatives) sont composés de sable et de gravier. Les contaminants comme le nitrate provenant des activités d'exploitation du sol,

peuvent facilement lessiver dans les eaux souterraines en traversant ces dépôts perméables et être transportés par le débit des eaux souterraines.

Dans le cadre de l'initiative de l'écosystème du bassin de Georgia (IEBG), Environnement Canada a mené, en 1998, une étude sur les eaux souterraines sur différents sites de la VBF. Cette étude a été effectuée à Abbotsford/Matsqui et Chilliwack. Elle comprenait des zones d'agriculture intensive ainsi que des zones pour lesquelles aucune activité agricole n'était connue. La plupart de ces zones recouvrent plusieurs aquifères (Illustration 1), ce qui est significatif en fonction de l'utilisation des eaux souterraines (Tableau A1) et très susceptible de mener à une contamination due à l'exploitation du sol. L'objectif de cette étude était de déterminer les concentrations des nutriments, bactéries, métaux et composés organiques contenus dans les eaux souterraines exposées à des activités agricoles. Un deuxième objectif était de mener un test de dépistage pilote visant à identifier la présence de substances perturbatrices endocriniennes dans les eaux souterraines en utilisant des dosages de dépistage. L'échantillonnage a été effectué à la fin de l'été afin d'inclure les effets des épandages de fumier sur les champs.

2.0 MÉTHODES

2.1 Sélection des sites

Au mois d'août 1998, 20 puits ou piézomètres (Tableau 1) de la vallée du bas Fraser ont été échantillonnés afin d'analyser les contaminants organiques, les variables inorganiques, les nutriments et les paramètres bactériologiques ainsi que d'effectuer des tests de dépistage oestrogénique/androgénique. Seize sites d'échantillonnage (Illustration 2), comprenant des piézomètres ainsi que des puits domestiques et producteurs, ont été sélectionnés comme étant des sites subissant potentiellement les effets des activités agricoles d'Abbotsford et de Chilliwack. La plupart de ces sites perturbés sont des aquifères non délimités, à proximité d'un ou de plusieurs criques qui sont probablement affectés par le lessivage des terres cultivées et/ou qui se trouvent en contrebas de zones d'agriculture intensive. Quatorze de ces sites se trouvent dans les aquifères vulnérables de la Classe 1A – Abbotsford et Chilliwack. Quatre sites d'échantillonnage ont été choisis comme sites de référence et sont situés dans différents aquifères. Ces sites se trouvent à proximité ou en contrebas de criques qui semblent subir des effets minimes provenant des activités humaines.

À Chilliwack, huit puits exposés aux activités agricoles ainsi que quatre puits de référence ont fait l'objet de prélèvements. Cinq piézomètres de l'aquifère d'Abbotsford, qui ont été régulièrement suivis pour les nutriments au cours de ces 10 dernières années, et trois puits de la région de Matsqui ont également fait l'objet de prélèvements. Ces puits sont également principalement exposés aux activités agricoles. Sur chaque site, un questionnaire sur le type de puit, son emplacement et les activités environnantes a été rempli lors de l'échantillonnage. Ces informations sont résumées dans le Tableau 1.

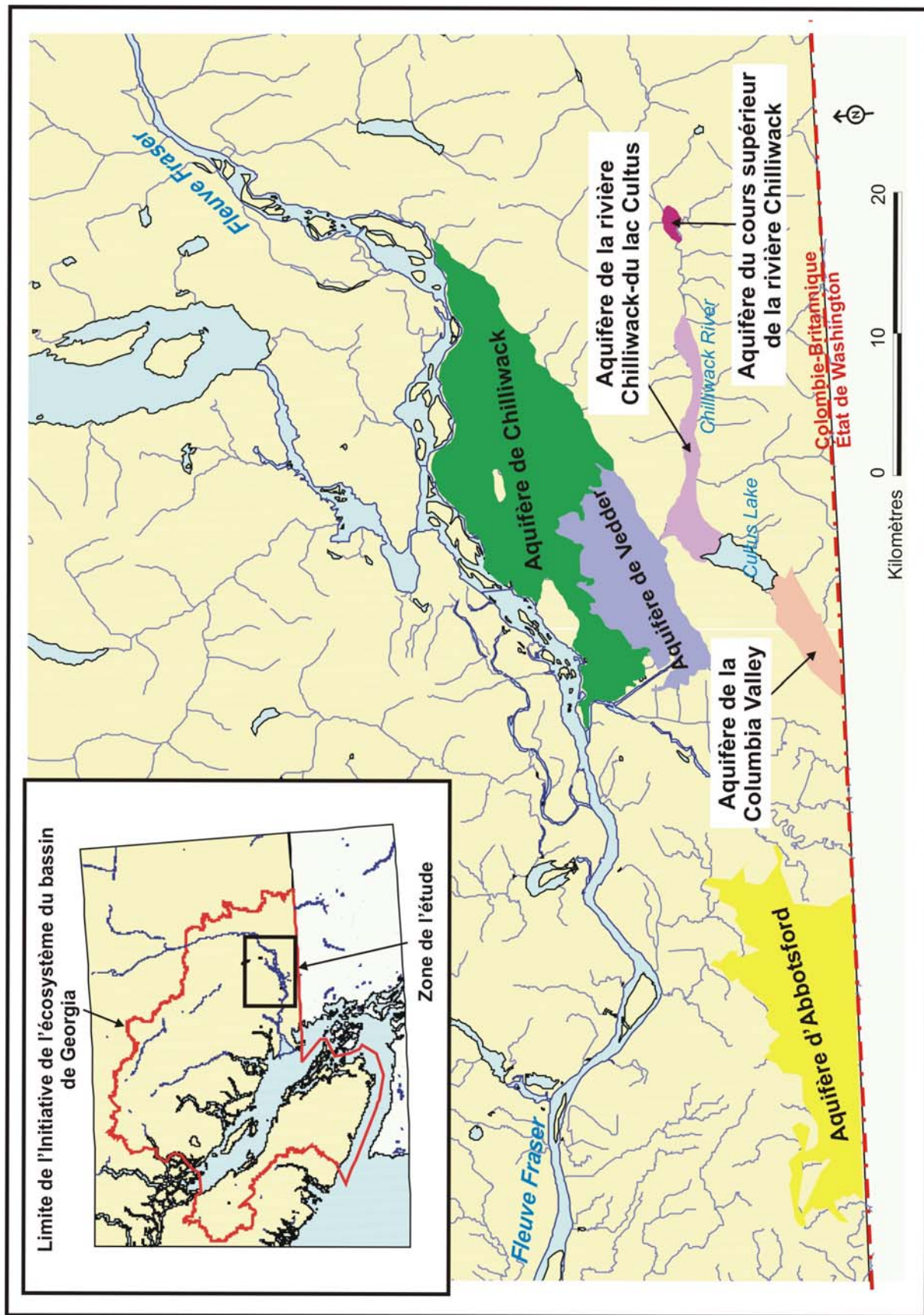


Illustration 1. Principaux aquifères de la vallée du bas Fraser, Colombie-Britannique.

Tableau 1. Description des sites de prélèvement, des dates d'échantillonnage, des informations sur le puit et les piézomètres et de l'utilisation du sol.

ID emplacement	Date d'échantillonnage	Abscisse X	Ordonnée Y	Profondeur du puit (m bgl)	Profondeur jusqu'à l'eau (m bgl)	Piézomètre/ puit peu profond/ profond	Aquifère / Type	Crique/rivière à proximité	Utilisation de l'eau souterraine	Utilisation du sol en amont
ABT1	8/17/1998	543643	5428422	19	4	piézomètre profond	Abbotsford / non délimité sable et gravier	Fishtrap Creek	Echantillonnage et surveillance	Serre, framboises
ABT2	8/17/1998	545989	5429371	16	5	piézomètre profond	Abbotsford / non délimité sable et gravier		Echantillonnage et surveillance	Aéroport, framboises
ABT3	8/17/1998	543570	5428549	8	3	piézomètre peu profond	Abbotsford / non délimité lentilles de	Fishtrap Creek	Echantillonnage et surveillance	Framboises, usage résidentiel
ABT4	8/17/1998	548419	5430276	15	14	piézomètre peu profond	Abbotsford / non délimité aquifère		Echantillonnage et surveillance	Framboises, ferme d'agrément
ABT5	8/17/1998	548419	5428361	18	13	piézomètre peu profond	Abbotsford / non délimité sable et gravier		Echantillonnage et surveillance	Produits laitiers, framboises
MAT1E	8/17/1998	554060	5438497	20		puits certainement profond	Abbotsford / non délimité sable et gravier	Clayburn Creek	Irrigation	Pépinière
MAT2E	8/17/1998	547137	5437216	5	0	puits peu profond	autre / semi délimité	McLennan Creek	Abreuvement du bétail	Volaille, framboises
MAT3E	8/17/1998	553468	5440716	6		puits certainement peu profond	autre / pointe filtrante	Matsqui Slough	Irrigation	Produits laitiers, chemin de fer, herbe
CHW1E	8/20/1998 9/24/1998	576161	5448456	13		puits certainement profond	Chilliwack / sable silteux	Hope Slough	Irrigation	Pépinière, usage résidentiel
CHW2E	8/20/1998	581071	5447695	6		puits certainement peu profond	Chilliwack / type inconnu	Elk Brook	Irrigation	Produits laitiers, maïs
CHW3E	8/20/1998	589893	5448477	55		puits certainement profond	Chilliwack / type inconnu		Irrigation	Pépinière, parc de stationnement recouvert de graviers
CHW4E	8/21/1998 9/24/1998	583921	5448007	14	3	puits profond	Chilliwack / type inconnu	Hope Slough	Consommation - usage domestique	Ferme d'agrément, pâturage
CHW5E	9/24/1998	583766	5447957	12	3	puits intermédiaire	Chilliwack / type inconnu	Hope Slough	Consommation - usage domestique	Ferme d'agrément, pâturage
REP 1 REP 2 REP 3	8/27/1998 8/27/1998 8/27/1998									
CHW6E	8/21/1998	574918	5439647	45	16	puits profond	Vedder / non délimité sable et gravier		Consommation - production	Zone résidentielle
CHW7E	8/27/1998	583614	5446385	18		puits certainement profond	Chilliwack / type inconnu	Elk Creek	Abreuvement du bétail	Produits laitiers, pâturage
CHW8E	8/27/1998	580251	5446650	9	5	puits profond	Chilliwack / type inconnu	Elk Brook	Abreuvement du bétail	Exploitation porcine, framboises
CHW1R*	8/20/1998 9/24/1998	595087	5437551	118		puits certainement profond	Cours supérieur du Chilliwack / type	Chilliwack River	Aération et production de poissons	Forêt
CHW2R*	8/27/1998	575524	5434231	41		puits certainement profond	autre / non délimité localement	Cultus Lake	Consommation - terrain de camping	Forêt
CHW3R*	8/27/1998	603350	5467926	35		puits certainement profond	autre / type inconnu	Hunter Creek	Hygiène - Toilettes publiques	Forêt
CHW4R*	8/27/1998	601130	5467980	12		puits certainement profond	autre / type inconnu	Ruby Creek	Consommation - communauté	Forêt

m bgl = mètres sous le niveau de la terre; puits peu profond = profondeur du puit <5m sous la nappe phréatique; puits profond = profondeur du puit >10m sous la nappe phréatique; *indique un site de référence

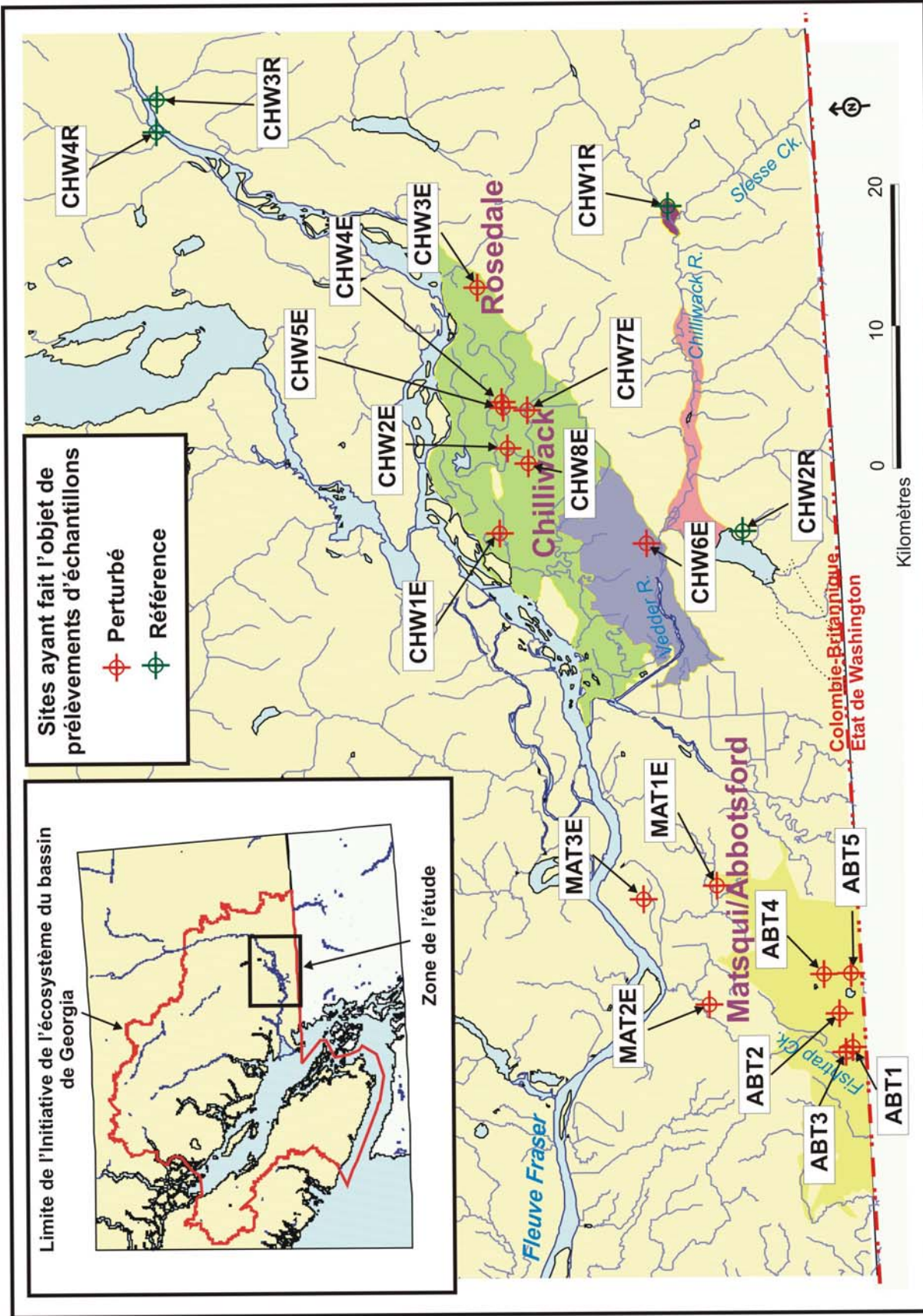


Illustration 2. Sites sur lesquels des échantillons ont été prélevés pour analyser la qualité des eaux souterraines dans la vallée du bas Fraser.

2.2 Aquifères dans la zone concernée par l'étude

2.2.1 Aquifère d'Abbotsford

L'aquifère d'Abbotsford se trouve au sud d'Abbotsford et s'étend au-delà de la frontière entre le Canada et les États-Unis dans le comté de Whatcom, dans l'état de Washington. Il est principalement non délimité et composé de dépôts de sable et de gravier perméables qui peuvent accueillir d'importantes quantités d'eau.

Le débit des eaux souterraines de l'aquifère est radial, avec d'importants déversements vers le sud-ouest, sud et sud-est. Une quantité significative de l'eau prélevée vient du pompage des puits producteurs qui sont principalement regroupés dans le coin sud-est de l'aquifère. Ce dernier est réalimenté par les précipitations directes et par une certaine quantité d'eau de surface par ruissellement. Fishtrap Creek contribue également à le réalimenter pendant certains mois de l'année. Six sites perturbés ont été localisés dans cet aquifère.

2.2.2 Aquifère de Vedder

L'aquifère de Vedder se trouve juste au nord-est de la plaine d'inondation de Sumas Prairie. Il s'agit d'un aquifère non délimité qui est composé d'un dépôt de gravier sableux très perméable qui est le plus épais sur l'extrémité sud-est et qui s'amenuise au-delà de la rivière Vedder en direction du nord et de l'ouest. Cet aquifère est réalimenté par les précipitations ainsi que par les fuites provenant du lit perché de la rivière Vedder. Une quantité significative de l'eau prélevée vient du pompage des puits pour l'irrigation, la consommation et la production. L'un des deux puits producteurs appartenant à la ville de Chilliwack a été utilisé comme site d'échantillonnage dans le cadre de cette étude.

2.2.3 Aquifère de Chilliwack

L'aquifère de Chilliwack n'est pas aussi développé que celui de Vedder. Il est principalement composé de dépôts provenant du lit de la rivière avec une certaine quantité de sédiments fluvio-glaciaire sous-jacents à l'ouest et au nord de Rosedale. Des alluvions de sable grossier et de gravier se trouvent dans les anciens lits de la rivière Fraser. Dans les zones où le lessivage rapide des eaux souterraines a empêché une accumulation de fer dissous dans les sédiments, les puits à fort rendement (> 50 l/s) peuvent être construits pour produire de l'eau potable (Atwater et coll., 1991). Cependant, au sud et à l'ouest de Rosedale, là où le contenu organique de l'aquifère est le plus élevé et les débits de lessivage les plus faibles, l'eau souterraine a généralement un contenu en fer élevé et elle n'est généralement pas potable. Sept sites d'échantillonnage étaient situés dans cet aquifère.

2.2.4 Aquifère du cours supérieur du Chilliwack

Il s'agit d'un aquifère profond (150 m) et délimité, composé de gravier sableux, qui s'étend probablement sur plusieurs kilomètres le long de la vallée de la rivière Chilliwack, à l'ouest du confluent avec le cricque Slesse (Atwater et coll., 1991). L'étendue totale de cet aquifère n'a pas été étudiée. Le champ de captage de l'écloserie Chilliwack Salmon Hatchery comprend trois puits artésiens; son débit continu est d'environ 30 l/s et les rendements

pompés à partir de deux des puits dépassent les 120 l/s (Piteau & Associates, 1985). Un site de référence a été placé à cet endroit.

2.2.5 Autres aquifères

Selon le système de classification des aquifères conçu par Kreye et Wei (1994), les autres aquifères de la VBF sont relativement moins importants en termes de vulnérabilité, d'utilisation et de développement des eaux souterraines. Deux sites perturbés et trois sites de référence se trouvent dans ces autres aquifères. MAT2E peut être dans l'aquifère supérieur de deux ou trois aquifères se chevauchant et deux des sites de référence (CHW3R et CHW4R) semblent être dans des aquifères alluviaux en forme d'éventail qui sont réalimentés par les courants situés plus haut.

2.3 Prélèvement des échantillons et analyse

2.3.1 Paramètres inorganiques et bactériologiques

Des bouteilles d'échantillonnage pour l'analyse des ions majeurs (bromure, chlorure, fluorure, sulfates, calcium, potassium, magnésium et silicium), de la dureté de l'eau, de l'azote, du phosphore total, du phosphore dissous total et des métaux totaux (aluminium, arsenic, argent, baryum, béryllium, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, fer, lithium, manganèse, mercure, molybdène, nickel, plomb, strontium, sélénium, vanadium et zinc) ont été rincées à trois reprises avec l'eau de l'échantillon avant de prélever ledit échantillon. L'échantillon pour le phosphore dissous total a été filtré sur site avec un disque filtrant pour seringue utilisant un filtre Acrodisc de 0,45 µm. Toutes les bouteilles d'échantillonnage destinées à ces analyses spécifiques ont été obtenues auprès du laboratoire d'analyse. Des conservateurs ont été ajoutés aux échantillons pour les métaux totaux, le mercure et le phosphore dissous total après leur prélèvement et filtrage (phosphore dissous total) (Tableau 2).

Les échantillons utilisés pour les paramètres bactériologiques (*Escherichia coli*, coliformes fécaux et coliformes totaux) ont été prélevés dans des bouteilles préparées par le laboratoire d'analyse qui n'ont pas été rincées.

2.3.2 Composés organiques

Huit bouteilles ambrées de 4 l, prélavées et rincées à trois reprises avec de l'acétone et de l'hexane, ont été utilisées pour prélever 32 l d'eau souterraine sur chaque site afin d'effectuer les analyses des composés organiques, comprenant les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les pesticides et leurs produits de dégradation, les benzènes chlorés, les diphényles polychlorés (BPC) Aroclor et les stérols. La présence de contaminants perturbateurs endocriniens a été étudiée en utilisant des tests de dépistage oestrogéniques et androgéniques.

Tableau 2. Procédure d'échantillonnage sur le terrain et méthode analytique pour l'analyse des paramètres inorganiques et bactériologiques dans les échantillons d'eau souterraine prélevés dans la vallée du bas Fraser.

Paramètre	Procédure d'échantillonnage sur le terrain	Méthode analytique et laboratoire
<u>Métaux totaux</u> (Ag, Al, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, V, Zn)	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 500 ml (prélevées dans 25 % v/v d'acide nitrique pendant 2 h, puis rincées avec de l'eau désionisée et séchées à l'air). 2 ml d'acide nitrique à 50 % ont été ajoutés à chaque échantillon immédiatement après leur prélèvement. Les échantillons ont été réfrigérés avant analyse.	Spectroscopie d'émission à plasma inductif (ICP-OES) (digéré à l'acide) LNEE
<u>Arsenic total/ sélénium</u> (As/Se)	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 250 ml (prélevées dans 25 % v/v d'acide nitrique pendant 2 h, puis rincées avec de l'eau désionisée et séchées à l'air). Les échantillons ont été réfrigérés avant analyse.	ICP-OES (digéré à l'acide) LNEE
<u>Mercurure total</u> (Hg)	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en Teflon de 100 ml (prélevées dans 25 % v/v d'acide nitrique pendant 2 h, rincées avec de l'eau désionisée et séchées à l'air). 2 ml d'acide sulfurique/dichroïque ont été ajoutés à chaque échantillon immédiatement après leur prélèvement. Les échantillons ont été réfrigérés avant analyse.	Spectrophotométrie d'absorption atomique à vapeur froide LNEE
<u>Métaux totaux</u> (Ca, Na, K, Mg, Si) et dureté de l'eau	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 1 l. Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 28 jours.	ICP-OES (aspiration directe) CSEP
<u>Anions majeurs</u> (Br, Cl, F, SO ₄ , NO ₂ , NO ₃)	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 1 l. Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 5 jours.	Chromatographie par échange d'ions Dionex DX500 CSEP
<u>Alcalinité</u>	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 1 l. Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 14 jours.	Titration potentiométrique automatisée CSEP
<u>pH</u>	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 1 l. Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 3 jours.	Ampérométrie utilisant une électrode en verre CSEP
<u>Conductivité</u>	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 1 l. Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 28 jours.	Cellule de conductivité de type immersion, 25° C, automatisée CSEP
<u>Azote</u> (NO ₂ +NO ₃ , NO ₂)	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 250 ml. Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 28 jours.	Réduction cuivre/cadmium, automatisée, colorimétrique CSEP
<u>Phosphore total</u>	Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène basse densité non pigmentées de 1 l. Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 5 jours.	Colorimétrie automatisée CSEP
<u>Phosphore dissous total</u>	Les échantillons destinés à l'analyse du phosphore dissous total ont été prélevés séparément dans des bouteilles en verre borosilicaté de 50 ml avec un revêtement intérieur en Teflon. Chaque échantillon a été filtré sur le terrain via un filtre de 0,45 µm et conservé avec 20 µL de H ₂ SO ₄ . Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 14 jours.	
<u>Coliformes</u> (fécaux et totaux, <i>E. coli</i>)	Les échantillons ont été ajoutés directement dans des bouteilles en polyéthylène de 500 ml (fournies par CanTest) contenant de l'EDTA et du thiosulfate de sodium. Les échantillons ont été réfrigérés et analysés dans les 24 heures.	Technique de fermentation à tubes multiples (MPN) CanTest Lab., Burnaby, C.-B.

CSEP – Centre des sciences environnementales du Pacifique, North Vancouver, C.-B.

LNEE – Laboratoire national des essais environnementaux, Burlington, ON

L'eau a été prélevée dans les puits via le robinet domestique ou dans les piézomètres via des pompes dédiées. Des précautions particulières ont été prises afin de ne pas toucher le goulot de la bouteille lors des prélèvements. Les bouteilles ambrées ont été rincées avec l'eau échantillonnée à trois reprises avant le prélèvement. Les bouteilles ont été conservées au frais pendant jusqu'à six heures après le prélèvement jusqu'à la procédure d'extraction en phase solide (ELS).

Avant l'extraction, les disques ELS ont été nettoyés avec 5 ml de dichlorométhane via une filtration sous vide. Avec le vide à l'arrêt, les disques ont ensuite été 'conditionnés' avec 5 ml de méthanol. Le vide a alors été remis en marche pour permettre uniquement l'entrée d'une petite quantité de méthanol dans le disque; laissant ainsi une fine couche de méthanol sur le disque pour l'ajout d'une première aliquote de l'échantillon sous aspiration à vide. Un volume de 24 l d'eau d'échantillonnage (six bouteilles ambrées de 4 l) était nécessaire pour l'analyse des composés organiques. L'eau des échantillons a été préfiltrée via un filtre en fibre de verre de 1,2 µm sous une pression par le vide pour supprimer tout solide. L'échantillon filtré a été transféré dans un flacon dans lequel 5 ml de méthanol ont été ajoutés par litre d'eau d'échantillon. Les contaminants organiques de cet échantillon 'conditionné' ont ensuite été extraits par des disques d'extraction en phase solide (Supelco - Envi-disk™) sous une pression par le vide en utilisant une rampe à vide de manière à ce que six disques puissent extraire l'ensemble de l'échantillon de 24 l en une seule fois.

Le volume exact de l'eau de l'échantillon traversant chaque disque a été enregistré (de 4 à 6 l). Les disques ont été remplacés, nettoyés et conditionnés lorsque le filtrage est devenu lent. Une fois le filtrage terminé, chaque disque a été transféré dans une boîte de Pétri revêtue d'une feuille d'aluminium étuvée et placé dans le congélateur. Tous les disques utilisés pour le filtrage de l'eau des échantillons sur un site donné ont été regroupés dans le laboratoire d'analyse (AXYS Analytical, Sidney, C.-B.) puis extraits pour l'analyse des composés organiques.

Tous les articles de verrerie utilisés pour le filtrage ainsi que les bouteilles d'échantillonnage ambrées ont été nettoyés entre chaque échantillon. Les bouteilles ont été nettoyées avec du savon sans nonylphénol puis rincées avec de l'eau distillée. Les équipements en verre ont été rincés à trois reprises avec de l'acétone pour supprimer l'eau puis à trois reprises avec de l'hexane pour supprimer l'acétone et autres composés organiques. Les articles de verrerie ont été séchés à l'air libre avant de commencer l'échantillonnage suivant. Ils ont alors été rincés avec une petite quantité d'eau filtrée provenant de l'échantillon afin de supprimer tout solvant restant.

Un total de 23 échantillons, y compris des échantillons répliqués (voir la Section 2.4 Assurance de la qualité/Contrôle de la qualité), ont été analysés pour les pesticides et les benzènes chlorés. Douze groupes d'échantillons sélectionnés au hasard ont été soumis à des analyses des stérols et HAP. Les contaminants organiques ont été analysés par AYSX Analytical Services (Sidney, C.-B.). Les pesticides chlorés, leurs produits de dégradation, les benzènes chlorés et les BPC Aroclor ont été analysés en utilisant la chromatographie en phase gazeuse-la spectrométrie de masse/la chromatographie en phase gazeuse avec

détection à capture d'électrons (CG-SM/CG-DCE). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les stéroïdes ont été analysés en utilisant la méthode CG-SM.

Tableau 3. Composés organiques analysés dans les échantillons d'eau souterraine prélevés dans la vallée du bas Fraser.

Pesticides et produits de dégradation, benzènes chlorés, BPC Aroclor	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Stéroïdes
Dichlorobenzène 1,2	Acénaphthylène	Désogestrel
Dichlorobenzène 1,3/1,4	Acénaphthène	Mestranol
Trichlorobenzène 1,2,3	Fluorène	Noréthindrone
Trichlorobenzène 1,2,4	Phénanthrène	Oestrone
Trichlorobenzène 1,3,5	Anthracène	Equilin
Tétrachlorobenzène 1,2,3,4	Fluoranthène	Norgestrel
Tétrachlorobenzène 1,2,3,5/1,2,4,5	Pyrène	Testostérone
Pentachlorobenzène	Benzo(a)anthracène	Ethi-nylestradiol
Hexachlorobenzène	Chrysène	17 α -oestradiol
Hexachlorobutadiène	Benzofluoranthènes	17 β -oeEstradiol
Aldrine	Benzo(e)pyrène	β -oestradiol 3-benzoate
Dieldrine	Benzo(a)pyrène	α -zéranol
Endrine	Pérylène	Coprostérol
Chlordane, alpha (cis)	Dibenzo(ah)anthracène	Épicoprostanol
Chlordane, gamma (trans)	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	Cholestérol
oxy-Chlordane	Benzo(ghi)pérylène	Cholestanol
o ρ '-DDD	Phénanthrène/Anthracène C1	Desmostérol
$\rho\rho$ '-DDD	Phénanthrène/Anthracène C2	Ergostérol
o ρ '-DDE	Phénanthrène/Anthracène C3	Stigmastérol
$\rho\rho$ '-DDE	Phénanthrène/Anthracène C4	β -Sitostérol
o ρ '-DDT	Rétène	
$\rho\rho$ '-DDT	Dibenzothiophène	
α -Endosulphan (I)	Dibenzothiophènes C1	
β -Endosulphan (II)	Dibenzothiophènes C2	
Sulfate d'endosulphan		
α -HCH		
β -HCH		
γ -HCH		
δ -HCH		
Heptachlore		
Époxyde d'heptachlore		
Méthoxychlore		
Mirex		
Nonachlore (cis)		
Nonachlore (trans)		
Aroclor 1242		
Aroclor 1254		
Aroclor 1260		

2.3.3. Tests de dépistage oestrogéniques/androgéniques

L'eau d'un échantillon d'une bouteille ambrée de 4 l a été utilisée pour chaque test de dépistage afin de détecter la présence de substances dans l'eau pouvant reproduire le comportement des hormones œstrogénique ou androgénique. La procédure d'extraction était la même que pour les composés organiques, sauf que les disques SPF n'ont pas été

nettoyés avec du dichlorométhane mais ont été conditionnés avec 5 ml de méthanol. Un disque était généralement suffisant pour extraire 4 l d'eau de l'échantillon, mais dans certains cas, deux disques ont été utilisés. Les disques ayant été utilisés ont été transférés dans des boîtes de Pétri revêtues d'une feuille d'aluminium étuvée et puis congelés.

Une analyse de l'activité androgénique potentielle a été menée par la Division de la recherche toxicologique, Direction générale des produits de santé et des aliments, Direction des aliments, Santé Canada (Schrader et Cooke, 2003) en utilisant un dosage du gène récepteur androgène humain. Le biodosage de dépistage de l'œstrogénicité de la levure (Yeast Estrogenicity Screen Bioassay - YES) a été mené par la Direction de la recherche sur la protection des écosystèmes aquatiques, Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada (Burnison et coll., 2003).

2.4 Assurance de la qualité/Contrôle de la qualité

Des échantillons triples ont été soumis depuis un site (CHW5E) afin d'évaluer la précision analytique. Trois échantillons ont été prélevés en remplissant environ ¼ de chaque bouteille d'échantillonnage consécutivement, répétant la procédure jusqu'à ce que les bouteilles soient entièrement remplies. Elles ont ensuite été soumises comme échantillons 'aveugles' répétés (REP1, REP2 et REP3) pour analyse. Quatre puits (CHW1E, CHW4E, CHW5E et CHW1R) ont fait l'objet d'échantillonnages en août et en septembre afin d'étudier la variabilité temporelle à court terme pour des paramètres bactériologiques et inorganiques sélectionnés.

3.0 RÉSULTATS

3.1 Nutriments et paramètres bactériologiques

Des nitrates + nitrites ont été détectés sur presque tous les sites et les concentrations allaient de <0,002 à 30,11 mg N/l (Tableau A2). Les concentrations les plus élevées ont été principalement mesurées sur les sites perturbés. La concentration moyenne était supérieure sur les sites perturbés (4,5 mg/l) par rapport aux sites de référence (0,15 mg/l; Tableau 4). Deux échantillons provenant de deux sites perturbés (MAT2E, MAT3E; Illustration 3) présentaient des concentrations dépassant les 10 mg N/l, qui est la concentration maximale acceptable (CMA) des recommandations canadiennes pour l'eau potable (Tableau A3). Du nitrite a été décelé dans six échantillons provenant de sites perturbés et deux de ces échantillons (0,28 mg N/l à ABT5 à Abbotsford et 0,2 mg N/l à CHW4E à Chilliwack) dépassaient les recommandations canadiennes pour la qualité des eaux qui est de 0,06 mg N/l pour la protection de la vie aquatique en eau douce (CCME 2002).

Du phosphore total (limite de détection = 0,05 mg/l) a été décelé sur seulement deux sites : un site perturbé (0,09 mg/l à ABT2) et un site de référence (0,13 mg/l à CHW1R en septembre) (Tableau A2). Le site de référence CHW1R ne présentait pas de concentration détectable de phosphore lors de son échantillonnage au mois d'août. Du phosphore dissous total (limite de détection = 0,002 mg/l) a été décelé sur tous les sites étudiés (Tableau A2) et, en moyenne, la concentration avait tendance à être plus importante sur les sites perturbés (Tableau 4).

Les numérations bactériennes étaient positives sur les quatre sites perturbés (ABT4, MAT1E, MAT2E, CHW7E; Illustration 3), avec des numérations pour les coliformes totaux allant de 2 à 1 300 colonies par 100 ml (Tableau A2). Des numérations pour les coliformes totaux, les coliformes fécaux et l'*Escherichia coli* ont toutes été détectées sur le site MAT2E. Seuls des coliformes totaux ont été décelés sur les trois autres sites. Aucun coliforme et *E. coli* n'ont été détectés sur les sites de référence.

3.2 Métaux et ions majeurs

Les concentrations des ions communs et des éléments-traces étaient souvent supérieures sur les sites perturbés par rapport aux sites de référence (Tableau 4). Cependant, la plupart des variables sur les sites perturbés comme sur les sites de référence indiquaient des concentrations relativement faibles (conductivités < 300 µS/cm). Le calcium était le cation le plus courant alors que le sulfate était l'anion le plus courant dans les puits perturbés comme dans les puits de référence (Tableau 4). Des fluorures ont été détectés sur tous les sites sauf un (MAT2E). Un site perturbé (MAT1E) à Abbotsford/Matsqui dépassait la CMA en fluorure pour l'eau potable ainsi que la RQE pour l'irrigation et l'abreuvement du bétail (Illustration 3).

La plupart des métaux-traces ont indiqué des concentrations supérieures sur les sites perturbés par rapport aux sites de référence (Tableau 4). A l'exception de l'arsenic, du sélénium, du cuivre et du zinc. Les concentrations en arsenic et sélénium étaient semblables dans les échantillons provenant des sites perturbés et de référence (Tableau 4; Tableau A2). Les concentrations en cuivre et en zinc étaient variables à la fois pour les échantillons des sites perturbés et ceux des sites de référence. La plupart des concentrations des métaux-traces respectaient les limites acceptables des recommandations du CCME pour l'eau potable, l'irrigation, l'abreuvement du bétail et la protection de la vie aquatique en eau douce (Tableau A3). Cependant, le cuivre dépassait les recommandations sur 11 sites (Tableau A2) et certaines autres concentrations de métaux (sélénium, aluminium, fer, manganèse, plomb et zinc) dépassaient les CMA des recommandations et/ou la RQE pour différents usages dans au moins un puit des zones perturbées comme de référence. L'Illustration 4 présente le nombre de dépassements des recommandations pour les métaux sur chaque site.

Les valeurs de pH des trois sites dans la zone d'Abbotsford/Matsqui étaient inférieures à la CMA de la recommandation canadienne pour l'eau potable ainsi qu'à la plage de la RQE pour la protection de la vie aquatique en eau douce.

Tableau 4. Résumé des concentrations en nutriments et en composés inorganiques et bactériologiques dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser.

Paramètres (unités en mg/l sauf indication contraire)	Sites perturbés					Sites de référence				
	Nbre > LD/ Nbre total échantillonné	Moyenne ¹	Ecart type	Mini	Maxi	Nbre > LD/ Nbre total échantillonné	Moyenne ¹	Ecart type	Mini	Maxi
Bromure	0 /16	< 0,05				0 /4	< 0,05			
Chlorure	15 /16	5,84	± 4,78	< 0,1	15,00	4 /4	2,02	± 1,64	0,43	4,3
Fluorure	15 /16	0,23	± 0,55	< 0,01	2,30	4 /4	0,08	± 0,07	0,02	0,19
Nitrate + Nitrite comme l'azote total	14 /16	4,50	± 8,99	< 0,002	30,10	4 /4	0,15	± 0,09	0,042	0,268
Nitrite comme l'azote	5 /16	0,027	± 0,073	< 0,005	0,280	0 /4	< 0,005			
Phosphore total	1 /16	< 0,05	± 0,023	< 0,05	0,090	1 /4	0,016	± 0,033	< 0,05	0,065
Phosphore total dissous	16 /16	0,062	± 0,176	0,002	0,720	4 /4	0,038	± 0,062	0,003	0,13
Sulfate	15 /16	23,35	± 18,00	< 0,05	70,00	4 /4	19,53	± 21,97	1,7	50
Conductivité ($\mu S/cm$)	16 /16	267	± 110	99	430	4 /4	137	± 108	27	253
pH (unités relatives)	S/O	7,18	± 0,66	5,99	8,03	S/O	7,31	± 0,68	6,68	8,22
Résidu filtrable	16 /16	190	± 85	65	360	4 /4	98	± 64	30	170
Arsenic	16 /16	0,0009	± 0,0016	0,0001	0,0058	2 /4	0,0018	± 0,0032	< 0,0001	0,0066
Sélénium	10 /16	0,0003	± 0,0003	< 0,0001	0,0009	4 /4	0,0006	± 0,0010	0,0001	0,0021
Argent	1 /15	< 0,0001	± <0,0001	< 0,0001	0,0001	0 /4	< 0,0001			
Aluminium	11 /15	0,1926	± 0,6863	< 0,002	2,6700	2 /4	0,0015	± 0,0019	< 0,002	0,004
Baryum	15 /15	0,0387	± 0,0335	0,0021	0,1040	4 /4	0,0101	± 0,0070	0,0049	0,0205
Béryllium ($\mu g/l$)	1 /15	0,0053	± 0,0207	< 0,05	0,0800	0 /4	< 0,05			
Cadmium	5 /15	0,0001	± 0,0001	< 0,0001	0,0005	0 /4	< 0,0001			
Cobalt	12 /15	0,0004	± 0,0007	< 0,0001	0,0022	0 /4	< 0,0001			
Chrome	9 /15	0,0010	± 0,0024	< 0,0001	0,0093	1 /4	0,0002	± 0,0004	< 0,0001	0,0007
Cuivre	15 /15	0,008	± 0,014	0,0002	0,047	4 /4	0,018	± 0,021	0,0004	0,0461
Fer	15 /15	0,522	± 1,066	0,002	3,610	4 /4	0,017	± 0,012	0,0073	0,0347
Mercure ($\mu g/l$)	0 /16	< 0,05				0 /4	< 0,05			
Lithium	14 /15	0,0010	± 0,0008	< 0,0001	0,0032	3 /4	0,0008	± 0,0010	< 0,0001	0,0022
Manganèse	15 /15	0,1429	± 0,1969	0,0002	0,6750	4 /4	0,0019	± 0,0022	0,0003	0,0051
Molybdène	15 /15	0,0008	± 0,0007	0,0001	0,0025	4 /4	0,0021	± 0,0033	0,0002	0,007
Nickel	10 /15	0,0022	± 0,0032	< 0,0003	0,0096	1 /4	0,0001	± 0,0002	< 0,0003	0,0003
Plomb	10 /15	0,0005	± 0,0006	< 0,0002	0,0021	4 /4	0,0005	± 0,0003	0,0002	0,0009
Strontium	15 /15	0,1779	± 0,1236	0,0441	0,4140	4 /4	0,1363	± 0,1406	0,0168	0,317
Vanadium	13 /15	0,0012	± 0,0022	< 0,0001	0,0076	3 /4	0,0002	± 0,0003	< 0,0001	0,0006
Zinc	15 /15	0,0088	± 0,0102	0,0010	0,0408	4 /4	0,0270	± 0,0175	0,0013	0,0404
Calcium	16 /16	35,34	± 18,36	11,70	80,60	4 /4	21,63	± 19,45	2,9	42,8
Potassium	16 /16	1,74	± 1,07	0,70	4,20	4 /4	1,31	± 0,76	0,7	2,25
Magnésium	16 /16	8,63	± 4,55	1,55	16,90	4 /4	2,30	± 1,64	0,8	4,6
Sodium	16 /16	7,75	± 9,31	1,55	41,50	4 /4	3,93	± 2,58	1,2	6,6
Silicium	16 /16	10,27	± 3,92	3,85	16,80	4 /4	5,55	± 1,26	3,66	6,24
Dureté	16 /16	124	± 57	42	234	4 /4	64	± 55	10,2	126
E coli (MPN/100ml)	1 /16	1	± 6	0	22	0 /4	0			
Coliformes totaux (MPN/100ml)	4 /16	139	± 385	0	1300	0 /4	0			
Coliformes fécaux (MPN/100ml)	1 /16	5	± 20	0	79	0 /4	0			

¹Moyenne de tous les résultats des échantillons y compris ceux en dessous des limites de détection (LD) (traités comme égaux à zéro). La moyenne des valeurs répliquées a été calculée pour représenter le site (CHW1E, CHW4E, CHW5E, CHW1R); ainsi les valeurs maximum et minimum peuvent ne pas correspondre aux valeurs des échantillons indiquées au Tableau A2.

S/O = sans objet

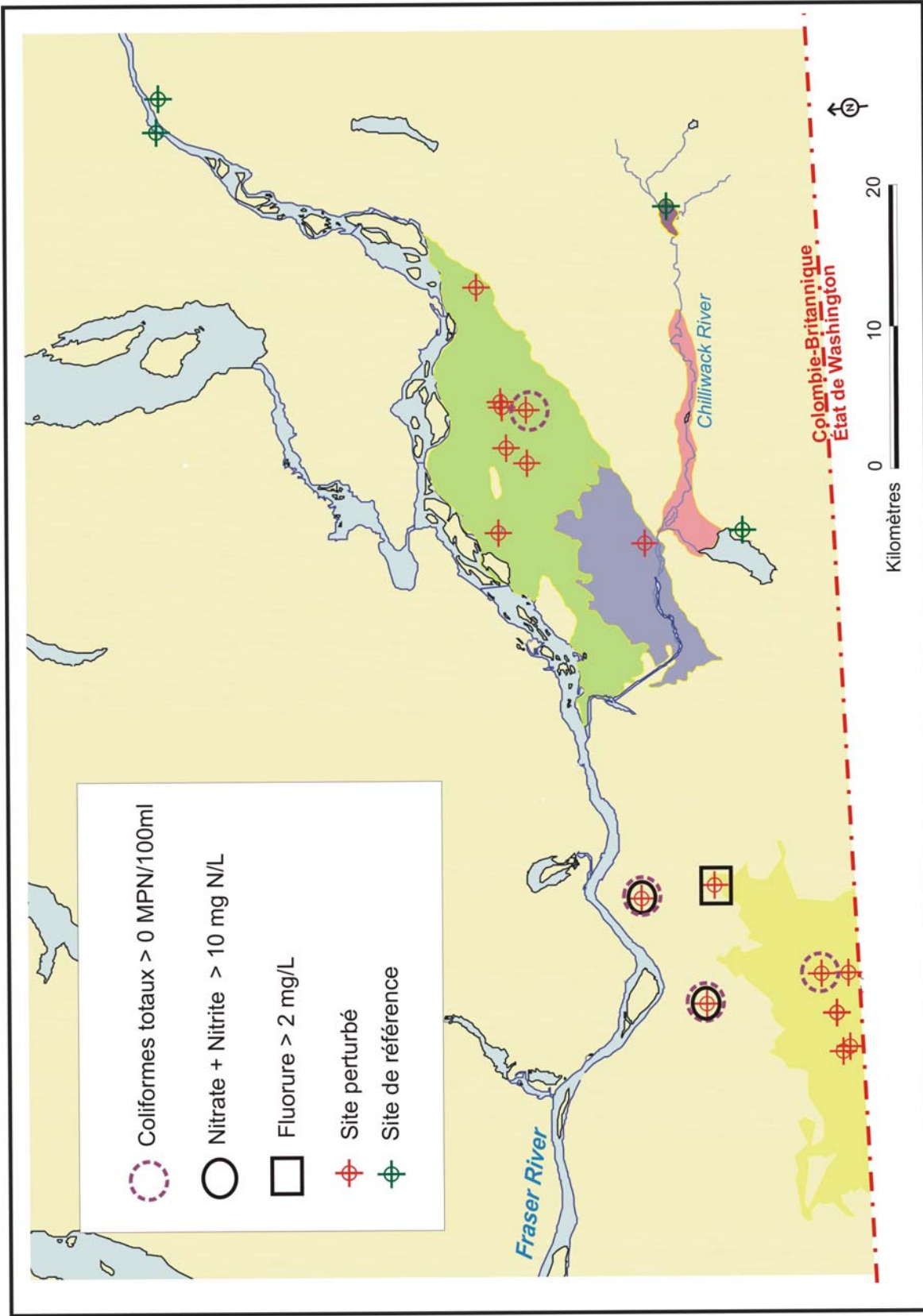


Illustration 3. Sites de prélèvement ayant des concentrations en fluorure, nitrate + nitrite et coliformes totaux dépassant les recommandations du CCME.

3.3 Composés organiques

Les résultats pour tous les composés organiques, y compris les pesticides, leurs produits de dégradation, les benzènes chlorés, les BPC Aroclor, les HAP et les stérols sont indiqués en Annexe (Tableau A4). Toutes les concentrations ont subi une correction témoin et les concentrations présentant un pic détecté ne répondant pas aux critères de quantification ont été indiqués et signalés. Une comparaison du nombre de composés détectés sur les sites perturbés par rapport aux sites de référence est reprise dans les tableaux 5a et 5b. Toutes les concentrations sont inférieures aux CMA des recommandations du CCME disponibles pour l'eau potable ainsi qu'à celles des RQE pour la protection de la vie aquatique en eau douce, lorsque celles-ci existent (Tableau A3).

3.3.1 Pesticides, benzènes chlorés et BPC Aroclor

Les pesticides, leurs produits de dégradation, les benzènes chlorés et les BPC Aroclor ont été analysés pour tous les échantillons. Des isomères du dichlorobenzène et du trichlorobenzène ont été détectés dans presque tous les échantillons chiffrables (Tableau A4). Les benzènes chlorés ont été particulièrement détectés dans les piézomètres (ABT1-5; Tableau 5a). Les composés trichlorobenzène, tetrachlorobenzène et pentachlorobenzène 1,2,3 ont été retrouvés uniquement dans les puits perturbés à des niveaux très proches des limites de détection pour les échantillons (Tableau A4).

Les composés liés aux pesticides, δ -HCH, γ -HCH et DDE, ont été détectés sur les sites de références et perturbés (Tableau 5b). Les pesticides n'ont pas été détectés sur plusieurs sites perturbés (ABT1, ABT5, MAT2E, MAT3E, CHW4E et CHW5E) ainsi que dans deux puits de référence (CHW1R et CHW4R; Tableau 5b)

Les composés de l'endosulphan, DDT, DDE, DDD et méthoxychlore ont été détectés sur les sites perturbés mais pas sur les sites de références (Tableau 5b). Le β -endosulphan (II) était le pesticide le plus souvent détecté; il a été retrouvé sur six des 16 sites exposés à des activités agricoles, suivi du α -endosulphan, qui a été retrouvé sur quatre sites perturbés. Les BPC Aroclor n'ont été détectés que sur un site (CHW3R, Tableau 5a) à une concentration proche de la limite de détection pour cet échantillon (0,31 ng/l).

3.3.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Neuf sites choisis au hasard parmi les zones perturbées ont été analysés à la recherche de HAP ainsi qu'un échantillon répliqué (REP1). Des HAP ont été détectés sur tous ces sites à l'exception du site ABT4 (Tableau 5a). Le nombre maximum de détections sur les sites perturbés concernait le site CHW3E. Le fluoranthène et le pyrène étaient les HAP les plus souvent détectés sur les sites perturbés (Tableau 5b).

Seuls deux des quatre puits de référence ont été analysés à la recherche de HAP. Le nombre maximum de détections ainsi que les concentrations les plus élevées concernaient le site de référence CHW1R, dans l'aquifère du cours supérieur du Chilliwack (Tableau 5a). Du phénanthrène, du pyrène, du phénanthrène/anthracène C1 et du phénanthrène/anthracène C2 ont été observés dans les deux puits de référence. Le site CHW1R présentait en règle générale des niveaux supérieurs pour plusieurs HAP (Tableau

A4). Cependant, aucun ne dépassait les RQE disponibles pour la protection de la vie aquatique ou les CMA pour l'eau potable (Tableau A3).

3.3.3 Stéroïdes

Au total, 10 des 20 stéroïdes testés ont été détectés sur les 11 sites étudiés pour les stéroïdes (Tableau 5b). Des concentrations détectables ont été trouvées sur chaque site ayant fait l'objet d'échantillons, y compris les deux sites de référence. ABT3 et MAT2E présentaient le plus grand nombre de concentrations de stéroïde détectables (Tableau 5b). Les concentrations les plus importantes ont été mesurées sur le site MAT2E, à proximité de l'aquifère d'Abbotsford. De l'équiline, de la testostérone, de l'éthinylestradiol, du coprostanol, du cholestanol, du desmostéroïde et du stigmastéroïde ont été détectés dans les puits perturbés mais pas dans les puits de référence (Tableau 5b). Du cholestéroïde a été retrouvé dans tous les échantillons, la concentration la plus élevée concernant le site MAT2E (Tableau A4). Généralement, les puits de référence indiquaient une plage de concentrations en cholestéroïde et β -sitostéroïde similaire à celle des puits perturbés (Tableau A4), à l'exception de MAT2E.

3.4 Tests de dépistage androgénique et oestrogénique

Les résultats de tous les échantillons analysés à la recherche d'une activité androgénique potentielle étaient négatifs. Neuf des 23 échantillons ont indiqué une très faible activité oestrogénique, l'échantillon CHW6E présentant le niveau d'activité le plus élevé (26,8 % de l'activité d'estradiol maximum lors de la comparaison avec le contrôle positif pour l'estradiol, Tableau A5).

3.5 Assurance de la qualité/Contrôle de la qualité

Les échantillons triples (REP1, REP2 et REP3) prélevés sur le site CHW5E ont été effectués "simultanément" pour évaluer la précision analytique. La plupart des paramètres inorganiques présentaient de faibles coefficients de variation, à l'exception du cuivre et du zinc (Tableau 6). Ces métaux avaient, respectivement, des coefficients de variation de 139,7 et 80,5 %.

La précision analytique des résultats organiques n'a été évaluée que pour les pesticides, les benzènes chlorés et les BPC Aroclor car deux des trois doublons (REP2 et REP3) n'ont pas été analysés pour les HAP ou les stéroïdes (Tableau A4). Cinq composés du benzène chloré ont été détectés dans au moins un des échantillons triples. Les concentrations étaient soit similaires à la limite de détection soit proches de cette dernière (Tableau A4).

Les HAP et les stéroïdes ont été mesurés dans l'échantillon REP3 et comparés avec CHW5E pour définir la variabilité sur site. Les concentrations des HAP et des benzènes chlorés, ainsi que leurs composés détectés, variaient dans ces deux échantillons (Tableau A4). Du cholestéroïde a été détecté dans les deux échantillons et les concentrations étaient similaires.

Tableau 5a. Nombre de composés organiques détectés dans chaque groupe de contaminants sur les sites d'échantillonnage de l'eau souterraine.

ID échantillon	Benzènes chlorés	Pesticides	BPC Aroclor	Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Stéroïdes
Puits perturbés					
ABT1	7	0	0	5	1
ABT2	6	1	0	-	-
ABT3	7	4	0	0	5
ABT4	6	3	0	0	3
ABT5	5	0	0	-	-
MAT1E	0 (NC)	4	0	-	-
MAT2E	0 (NC)	3	0	3	6
MAT3E	0 (NC)	0	0	-	-
CHW1E	4	4	0	-	-
CHW2E	5	2	0	3	2
CHW3E	4	2	0	10	1
CHW4E	1	0	0	-	-
CHW5E	3	0	0	10	2
REP1	4	0	0	-	-
REP2	3	0	0	-	-
REP3	3	0	0	1	1
CHW6E	0	2	0	5	4
CHW7E	3	2	0	-	-
CHW8E	4	1	0	5	1
Puits de référence					
CHW1R	4	0	0	13	1
CHW2R	4	2	0	-	-
CHW3R	2	1	1	4	3
CHW4R	0 (NC)	0	0	-	-

NC = non chiffrable pour certains contaminants

- = n'a pas fait l'objet d'un prélèvement d'échantillon

Tableau 5b. Pourcentage des sites présentant des concentrations détectables de composés organiques sur les sites perturbés et de référence.

	Sites perturbés n=16	Sites de référence n=4		Sites perturbés n=9	Sites de référence n=2
Benzènes chlorés	%	%	HAP	%	%
Dichlorobenzène 1,3/1,4	62	50	Acénaphthène	55	50
Dichlorobenzène 1,2	69	50	Fluorène	22	50
Trichlorobenzène 1,2,3	6	0	Phénanthrène	55	100
Trichlorobenzène 1,2,4	75	75	Fluoranthène	67	50
Trichlorobenzène 1,3,5	19	25	Pyrène	78	100
Tétrachlorobenzène 1,2,3,5/1,2,4,5	6	0	Chrysène	33	50
Tétrachlorobenzène 1,2,3,4	31	0	Benzo(ghi)pérylène	22	50
Pentachlorobenzène	12	0	Phénanthrène/Anthracène C1	44	100
Hexachlorobenzène	25	50	Phénanthrène/Anthracène C2	33	100
Pesticides			Phénanthrène/Anthracène C3	22	0
δ-HCH	12	25	Dibenzothiophènes C1	22	50
γ-HCH	19	25	Dibenzothiophènes C2	11	0
pp'-DDE	12	25	Stérols		
op'-DDD	6	0	Equilin	11	0
pp'-DDD	12	0	Testostérone	11	0
pp'-DDT	19	0	Ethi-nylestradiol	11	0
Dieldrine	6	0	α-zéranol	11	0
α-endosulphan (I)	25	0	Cholestanol	11	0
β-endosulphan (II)	38	0	Cholestérol	100	100
Sulfate d'endosulphan	19	0	Desmostérol	22	0
Méthoxychlore	6	0	Ergostérol	11	50
			Stigmastérol	22	0
			β-sitostérol	67	50

Tableau 6. Variabilité analytique sur les échantillons en triple exemplaire prélevés sur le site CHW5E.

Paramètres <i>(unités en mg/l sauf indication contraire)</i>	REP 1	REP 2	REP 3	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation
Date de l'échantillon	8/27/1998	8/27/1998	8/27/1998			
Bromure	<0,05	<0,05	<0,05	< LD		
Chlorure	4	4,1	4,2	4,1	± 0,1	2,4
Fluorure	0,1	0,11	0,11	0,11	± 0,01	5,4
Nitrate + Nitrite comme l'azote total	0,302	0,302	0,289	0,298	± 0,008	2,5
Nitrite comme l'azote	<0,002	<0,002	<0,002	< LD		
Phosphore total	<0,05	<0,05	<0,05	< LD		
Phosphore total dissous	0,02	0,02	0,018	0,019	± 0,001	6
Sulfate	14	14	14	14		0
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	247	245	247	246	± 1	0,5
pH (<i>unités relatives</i>)	7,39	7,42	7,39	7,40	± 0,02	0,2
Résidu filtrable	170	160	160	163	± 6	3,5
Arsenic	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008	± 0,0001	7,5
Sélénium	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003		0
Argent	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,00003	± 0,00006	
Aluminium	<0,002	0,002	<0,002	< LD		
Barium	0,0501	0,047	0,0502	0,0491	± 0,0018	3,7
Béryllium ($\mu\text{g}/\text{l}$)	<0,05	<0,05	<0,05	< LD		
Cadmium	<0,0001	<0,0001	<0,0001	< LD		
Cobalt	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	± 0,0001	34,6
Chrome	<0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	± 0,0001	28,3
Cuivre	0,0004	0,00473	0,0003	0,0018	± 0,0025	139,7
Fer	0,0072	0,0049	0,0056	0,0059	± 0,0012	20
Mercure ($\mu\text{g}/\text{l}$)	<0,05	<0,05	<0,05	< LD		
Lithium	0,0013	0,0013	0,0014	0,0013	± 0,0001	4,3
Manganèse	0,425	0,432	0,439	0,4320	± 0,007	1,6
Molybdène	0,0006	0,0005	0,0006	0,0006	± 0,0001	10,2
Nickel	0,0003	0,0004	0,0005	0,0004	± 0,0001	25
Plomb	0,0006	<0,0002	0,0005	0,0006	± 0,0001	12,9
Strontium	0,155	0,145	0,156	0,1520	± 0,0061	4
Vanadium	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001		0
Zinc	0,0058	0,0181	0,0043	0,0094	± 0,0076	80,5
Calcium	37,3	37,5	37,9	37,6	± 0,3	0,8
Potassium	1,5	1,6	1,6	1,6	± 0,1	3,7
Magnésium	8,1	8,1	8,2	8,1	± 0,1	0,7
Sodium	4,2	4,2	4,1	4,2	± 0,1	1,4
Silicium	12,8	12,8	13	12,9	± 0,1	0,9
Dureté	126	127	128	127	± 1	0,8
E coli (<i>MPN/100ml</i>)	0	0	0	0		
Coliformes totaux (<i>MPN/100ml</i>)	0	0	0	0		
Coliformes fécaux (<i>MPN/100ml</i>)	0	0	0	0		

LD = limite de détection

4.0 DISCUSSION

4.1 Contamination bactérienne et nutritive

La contamination par le Nitrate + nitrite dans certains aquifères de la VBF a été bien documentée dans des études précédentes (Liebscher et coll., 1992; Carmichael et coll., 1995; Hii et coll., 1999; Zubel, 2000). Des concentrations élevées en nitrate + nitrite dans l'eau souterraine, généralement supérieures à 3 mg N/l, peuvent indiquer une contamination provenant des activités humaines et/ou agricoles (Zubel, 2000). Hii et coll. (1999) indiquaient que de fortes concentrations en nitrate dans certaines zones de l'aquifère d'Abbotsford sont souvent dues aux activités d'agriculture intensive comme l'épandage de fumier provenant du bétail sur les exploitations de framboises soit directement au-dessus ou plus haut. Wassenaar (1995) a montré que la principale source de nitrate dans l'eau souterraine était l'activité agricole.

Les deux aquifères classés en Classe 1A, Abbotsford et Chilliwack, présentaient des concentrations moyennes différentes pour le nitrate + nitrite. La concentration moyenne pour l'aquifère d'Abbotsford était de 2,5 mg N/l, alors qu'elle était de 0,2 mg N/l pour les aquifères de Chilliwack/Vedder. Un facteur qui peut expliquer cette observation est la différence d'activité agricole entre ces deux zones. En 2000, le maïs, les graminées fourragères et les pâturages représentaient plus de 60 % de l'utilisation des terres dans la zone de Chilliwack/Vedder alors que les exploitations de framboises représentaient moins d'1 % (Hii et coll., 1999). Par contre, la framboise représentait environ 60 % de l'utilisation des sols dans l'aquifère d'Abbotsford (Hii et coll., 1999). Le potentiel de lessivage du nitrate + nitrite, par rapport au type de culture, dans la VBF est probablement dans cette ordre : framboises > maïs > herbe (Kowalenko, 2000). Les cultures de framboises sont probablement plus vulnérables en matière de lessivage du nitrate + nitrite car elles sont plantées à grand interligne et nécessitent moins d'azote. Lors d'une étude sur le terrain réalisée sur les cultures de framboises par Dean et coll. (2000), environ 50 % de l'azote total par hectare appliqué comme fumier étaient récupérés sous la forme d'azote inorganique du sol un mois après l'épandage. L'assimilation de l'azote par l'herbe, qui est une culture vivace ayant des racines actives tout au long de l'année, est bien supérieure à celle du maïs, une culture annuelle (Kowalenko, 2000).

Un autre facteur qui peut contribuer aux plus faibles concentrations de nitrate + nitrite dans la zone de Chilliwack peut être la dilution de l'eau souterraine due aux fluctuations saisonnières de la rivière Fraser qui influence la nappe phréatique peu profonde. Ainsi, les aquifères de Chilliwack et de Vedder sont vidangés à intervalles réguliers alors que la dilution dans l'aquifère d'Abbotsford est plus graduelle et résulte principalement des précipitations hivernales et automnales.

Deux sites de la zone de Matsqui (MAT2E et MAT3E) présentaient la concentration de nitrate + nitrite la plus élevée. Ces échantillons ont été prélevés dans des puits peu profonds situés dans des aquifères non délimités. L'eau souterraine sur ces sites semblait être exposée à une source importante d'azote.

Les bactéries des coliformes totaux comprennent de nombreuses bactéries qui se développent dans le sol et l'eau ainsi que dans les tubes digestifs des animaux. Les coliformes fécaux, y compris l'*Escherichia coli*, sont un type de bactéries coliformes qui se développent et se multiplient généralement uniquement dans les systèmes digestifs des homéothermes, y compris chez l'être humain (CCME, 1996). La recommandation canadienne pour l'eau potable pour les coliformes totaux est de 10 organismes appartenant aux coliformes totaux par 100 ml, et de zéro coliforme fécal et *Escherichia coli* (CCME, 1996).

Des données provenant d'un échantillonnage des coliformes fécaux effectué par Environnement Canada en 1992 dans la VBF (B. Hii, Environnement Canada, données non publiées) indiquent que les masses d'eau de surface comme les criques et les étangs sont plus susceptibles de subir une contamination bactérienne que les eaux souterraines. Plus de 90 % des échantillons d'eau de surface étaient contaminés par des coliformes fécaux, contre moins de 20 % des échantillons d'eau souterraine. Ces résultats montrent également que la contamination bactérienne dans l'eau souterraine diminue lorsque les profondeurs augmentent. Aucun coliforme fécal n'a été trouvé dans les puits d'une profondeur supérieure à 20 mètres dans l'aquifère d'Abbotsford. Les bactéries peuvent potentiellement contaminer les puits peu profonds dans les aquifères non délimités qui sont en contrebas de champs d'épuration. Une étude de l'impact des effluents des fosses septiques sur la qualité des eaux souterraines dans un aquifère de la VBF (Environnement Canada et Ministère de la Santé de C.-B., 1994) a montré que la qualité des eaux souterraines en contrebas de la source des effluents (jusqu'à 30 m) est très susceptible d'être affectée par les effluents. La concentration en nitrate ainsi que les numérations des coliformes peuvent y être supérieures aux recommandations du CCME les concernant.

Une contamination bactérienne a été décelée dans un piézomètre (ABT4) et dans trois puits domestiques situés sur des sites perturbés (MAT1E, MAT2E dans la zone d'Abbotsford/Matsqui et CHW7E dans la zone de Chilliwack/Vedder) lors des analyses effectuées dans le cadre de cette étude (Illustration 3, Tableau A2). Ces puits, à l'exception de MAT2E, n'étaient pas peu profonds mais présentaient des profondeurs intermédiaires (14 – 20 m; Tableau 2). Cependant, MAT2E était le puit le moins profond de tous ceux utilisés pour les prélèvements d'échantillons (5 m). Ce site présentait également des niveaux élevés de nitrate + nitrite et de stérols qui indiquent également des sources de contamination agricoles.

4.2 Contamination par les métaux

La concentration supérieure des contaminants métaux sur les sites perturbés est certainement une indication du fait que ces eaux souterraines ont plus de risque d'être exposées à toute une gamme d'activités liées à l'agriculture et à la présence humaine en général. Presque tous les puits des sites perturbés comme des sites de référence contenaient au moins un métal dépassant une recommandation pour la qualité de l'eau du CCME (Illustration 4). La recommandation la plus souvent dépassée était celle pour la vie aquatique en eau douce et ces dépassements peuvent être plus significatifs sur les sites où l'eau souterraine se déverse dans les eaux de surface. Des niveaux élevés en fer et en manganèse peuvent se produire de manière naturelle dans l'eau souterraine et ils étaient

les éléments dépassant le plus souvent les recommandations. Cependant, certaines concentrations élevées en métaux (fer, cuivre et manganèse) peuvent également être dues à "l'encrassement biologique" causé par l'activité microbienne dans les systèmes de distribution d'eau des puits. L'encrassement biologique est le processus par lequel des colonies bactériennes forment un film biologique ou une écume ressemblant à un gel qui capture les substances chimiques, les minéraux et autres dépôts se déplaçant dans le puit lors du pompage. Les oxydes de fer et de manganèse, qui sont des produits dérivés associés à la croissance bactérienne, s'accumuleront également dans les films biologiques (Legault, 1999). Les sites présentant une numération de coliformes positive avaient également des concentrations en fer et en manganèse dépassant les CMA pour la qualité de l'eau au Canada pour l'eau potable.

Nous soupçonnons que les valeurs élevées pour le cuivre et le zinc sont le reflet de la variabilité due aux procédures d'échantillonnage et d'analyse (Tableau 6). Une analyse de faible niveau de cuivre, de zinc, de fer et d'aluminium est susceptible d'être contaminée, en particulier si des méthodes de digestion ouverte (telles que celles utilisées pour ces analyses) sont employées (Gino Sardella, Laboratoire national des essais environnementaux, communication personnelle).

4.3 Contamination organique

4.3.1 Pesticides, benzènes chlorés et BPC Aroclor

Des benzènes chlorés ont été détectés sur la plupart des sites. De faibles concentrations en dichlorobenzène 1,2 et en trichlorobenzène 1,2,4 ont été détectées dans tous les échantillons chiffrables sans aucune différence marquée entre les sites perturbés et les sites de référence. Alors que d'autres benzènes chlorés ont été principalement décelés sur les sites perturbés, il s'agissait de niveaux très faibles. Les sources de ces composés ubiquistes peuvent être nombreuses car leur utilisation principale concerne les fumigants, les insecticides, les solvants industriels, les produits intermédiaires et les dégraissants pour métaux (Gouvernement du Canada, 1993).

D'autres pesticides ou leurs produits de dégradation ont été détectés sur un nombre de sites plus restreint. De l'endosulphan a été décelé sur six sites perturbés (MAT1E, MAT2E, CHW1E, CHW2E, CHW3E, CHW6E) et il s'agissait du pesticide le plus fréquemment détecté lors de cette étude. Il s'agit d'un insecticide largement utilisé pour les fruits, le maïs et le trèfle, ainsi que les arbres et les arbustes d'ornement (CCREM, 1987). Étant donné sa large gamme d'utilisation, il a été observé dans les puits situés en contrebas de zones résidentielles, de pépinières, d'exploitations laitières, d'élevages de volailles et d'exploitations de framboises. Il n'a pas été observé en contrebas de fermes d'agrément (ex. : CHW4E, CHW5E). Ce pesticide est relativement beaucoup utilisé dans la vallée du Fraser selon les données disponibles sur ses ventes (Enkon, 2001). Des études précédentes ont également détecté du sulfate d'endosulphan, un produit de dégradation de l'endosulphan, dans quelques échantillons d'eau souterraine provenant des zones d'Abbotsford /Matsqui (Liebscher et coll., 1992).

Du méthoxychlore a été décelé dans un puit situé en contrebas d'une pépinière (CHW1E). Il est principalement utilisé pour maîtriser les larves de la mouche noire (CCREM, 1987). Le DDT, un insecticide à large spectre aujourd'hui interdit au Canada (Voldner et Ellenton 1987), et ses métabolites (DDD et DDE) ont été retrouvés dans cinq puits exposés à une exploitation de framboises ainsi qu'à des activités résidentielles. Ce sont des composés très résistants qui sont probablement observés en raison de l'utilisation antérieure de cet insecticide dans la région.

4.3.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Des HAP ont été retrouvés dans presque tous les puits perturbés et de référence. Les HAP ne sont généralement pas associés de manière spécifique aux activités agricoles. Les sources de HAP documentées comprennent des sources naturelles (comme les débris végétaux, les suintements de pétrole et les feux de forêt) ainsi que des sources anthropiques (combustion et combustibles fossiles) (Yunker et MacDonald, 1995). Les sources de HAP possibles pour les eaux souterraines de la VBF comprennent le ruissellement des dépôts provenant de la route et des dépôts atmosphériques ainsi que les produits de dégradation végétaux. Les niveaux les plus élevés pour de nombreux HAP ont été décelés sur le site de référence CHW1R situé dans l'aquifère relativement peu perturbé du cours supérieur du Chilliwack. Ces niveaux élevés semblent être une anomalie. Les concentrations sont d'environ un ordre de grandeur supérieures à celles décelées dans les eaux de surface à proximité (p. ex. : estuaire de la rivière Fraser, Sylvestre et coll., 1998). Les détections sur le site CHW1R peuvent être le résultat d'une contamination lors du prélèvement sur le terrain ou au laboratoire d'analyse.

Les puits qui indiquaient les concentrations les plus élevées en HAP totaux correspondaient aux sites CHW3E et CHW5E. Du pyrène a été détecté sur presque tous les sites ayant fait l'objet de prélèvements d'échantillons et les concentrations étaient élevées en terme de fluoranthène pour les sites CHW6E et CHW8E. Ce faible ratio fluoranthène/fluoranthène+pyrène suggère que la source de HAP est certainement la combustion d'essence et de diesel provenant des voitures et des camions (Yunker et Macdonald, 2002). Bien que le puit CHW3E soit profond, il se trouvait au milieu d'un parc de stationnement recouvert de gravier. Il n'est donc pas surprenant que des composés liés au pétrole comme les dibenzothiophènes (Berthou et Vignier 1996) y ont également été décelés.

La prédominance des anthracènes/du phénanthrène alkylé (C1 à C4), par rapport à leurs HAP parents sur les sites ABT1, CHW3E, CHW5E et le puit de référence CHW3R indique des sources pétrogénétiques (pétrole naturel) (Yunker et Macdonald 1995). Le puit de référence CHW3R est proche de la route, au niveau d'un restauroute connaissant un important trafic et présentant également de faibles niveaux de certains HAP similaires à ceux des puits perturbés. Il ne semble pas que ce soient les pratiques culturelles qui sont la source des faibles concentrations en HAP mais plutôt l'exposition à l'activité humaine générale ainsi que les sources pétrogénétiques.

4.3.3 Stérols

La détection de cholestérol (un zoostérol) et de β -sitostérol (un stérol végétal) dans presque tous les puits (neuf sites perturbés et deux de référence) où des échantillons ont été prélevés à la recherche de stérols suggère que ces deux stérols sont relativement ubiquistes dans l'eau souterraine de la VBF. L'equilin (oestrogène du cheval utilisé dans le traitement hormonal substitutif, FDA, 1997), l'éthi-nylestradiol (hormone synthétique utilisée dans les contraceptifs oraux, Schultz et coll., 2003), la testostérone (zoostérol naturel souvent utilisé comme stimulateur de croissance pour le bétail) et l' α -zéranol (oestrogène fongique utilisé comme stimulateur de croissance pour le bétail, Le Guevel et Pakdel, 2001) ont été décelés dans des puits perturbés uniquement. L'equilin a été retrouvé sur des sites en contrebas d'une zone résidentielle. Il n'y avait pas d'écurie connue dans la zone, alors la présence de ce stérol provenait sûrement de sources humaines. De la testostérone et de l'éthi-nylestradiol ont été détectés sur le site ABT3 qui est exposé principalement à des exploitations de framboises. Étant donné qu'il s'agit d'un puit peu profond, il peut également avoir été influencé par des effets anthropiques dans le crique de Fishtrap via l'échange entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Bien que l' α -zéranol soit une hormone de croissance pour le bétail, elle existe également de manière naturelle comme dérivé du zéranol (un oestrogène des champignons qui touchent le maïs et d'autres céréales) et elle a été retrouvée sur le site ABT4. Il n'existe pas d'exploitation commerciale de bétail en contrebas de ce site mais il peut y avoir eu des cultures de maïs et donc le champignon contenant ce stérol peut s'y être développé.

Le puit peu profond perturbé MAT2E, qui présentait également des concentrations élevées en nitrate + nitrite et en coliformes, indiquait le plus grand nombre de composés du stérol détectés ainsi que les concentrations les plus élevées, révélant ainsi la présence d'une source de zoostérol et de stérol végétal à proximité de ce puit.

Bien qu'il n'y ait que peu de preuves d'une présence étendue de stérols, à l'exception du cholestérol et du β -sitostérol, la présence d'equilin, de testostérone et d'éthi-nylestradiol indique que les eaux souterraines de la VBF sont affectées par toutes les formes d'activité humaine et pas seulement par l'agriculture, malgré son intensité dans la région.

4.4 Test de dépistage oestrogénique/androgénique

Le test de dépistage pilote pour l'activité oestrogénique et androgénique dans les eaux souterraines indique aucun résultat positif significatif. Bien que neuf échantillons indiquaient une activité oestrogénique (10 – 26,8 % de l'activité oestrogénique maximale), cette dernière était très faible. Des niveaux maximaux d'activité oestrogénique de 10 % ou moins sont considérés comme négatifs (K. Burnison, Institut national de recherche sur les eaux, communication personnelle). L'échantillon CHW6E a donné le niveau le plus élevé pour l'activité oestrogénique avec un résultat positif de 26,8 % lors du dosage YES (Yeast Estrogenicity Screen). Cependant, cet échantillon est toujours considéré comme ayant une faible réponse. Ce site est toutefois différent des autres car il est principalement exposé aux activités résidentielles plutôt qu'aux activités agricoles.

5.0 RÉSUMÉ

- Les concentrations en nitrate + nitrite étaient supérieures dans les échantillons d'eau souterraine prélevés dans les zones d'Abbotsford/Matsqui par rapport à celles des échantillons provenant des zones de Chilliwack/Vedder.
- Les concentrations en nitrate + nitrite étaient supérieures sur les sites exposés à une activité agricole (sites perturbés) que sur les sites de référence et peuvent être liées à une utilisation spécifique des sols.
- Une contamination bactérienne a été décelée dans quatre des 16 puits perturbés; deux de ces puits présentaient également une concentration élevée en nitrate + nitrite.
- En règle générale, un plus grand nombre de métaux ont été décelés sur les sites perturbés et les concentrations y étaient supérieures à celles des sites de référence.
- Plusieurs métaux dont le fer, le manganèse, l'aluminium, le cuivre et le zinc, dépassaient les recommandations du CCME pour l'eau potable, la protection de la vie aquatique en eau douce, l'irrigation et/ou l'abreuvement du bétail, sur les sites perturbés comme sur les sites de référence. Certains de ces niveaux élevés peuvent être dus à la contamination par les systèmes de distribution d'eau des puits (p. ex. : par les tuyaux en cuivre) ou à une contamination lors des procédures d'échantillonnage ou d'analyse.
- Des pesticides ont été plus fréquemment détectés sur les sites perturbés que sur les sites de référence, mais leur concentration était faible.
- L'endosulphan était le pesticide le plus fréquemment détecté et il a été décelé uniquement sur les sites perturbés. Cela suggère que les eaux souterraines sont affectées par l'endosulphan provenant de l'activité agricole.
- Certains HAP (comme les dibenzothiophènes, les ratios fluoranthène et pyrène) ainsi que certains stéroïdes (comme l'équilin, l'éthi-nylestradiol) suggèrent une exposition à des activités anthropiques autres que l'agriculture sur certains sites perturbés.
- Certains HAP et composés du stérol (c'est-à-dire le pyrène, le cholestérol, le β -sitostérol) semblent avoir une présence ubiquiste dans les eaux souterraines, à la fois sur les sites perturbés et de référence, indiquant une exposition à la présence humaine en général.
- Les tests de dépistage de l'activité oestrogénique/androgénique n'ont pas indiqué une activité positive significative, à l'exception de l'indication d'une faible activité oestrogénique sur un site.

Cette étude de la qualité de l'eau souterraine dans 20 puits et/ou piézomètres de la vallée du bas Fraser a révélé que les activités agricoles peuvent entraîner des niveaux élevés de pesticides, de nutriments et de bactéries ainsi qu'une possible augmentation des niveaux de

stérols (dans les puits peu profonds) dans l'eau souterraine. Cependant, l'eau souterraine dans la vallée du bas Fraser est également affectée par la présence humaine générale. Un nouvel échantillonnage est recommandé afin de confirmer la présence de certaines substances détectées (p. ex. sur le site de référence CHW1R) et afin d'évaluer la variabilité du site.

6.0 RÉFÉRENCES

Agriculture and Agri-Food Canada -- unpublished data. 2002. Digital Land use survey – Chilliwack Watershed. Agriculture & Agri-Food Canada Research Branch. Summerland and Agassiz, B.C.

Atwater J., L. V. Brandon, W. L. Brown, R. A. Dakin, H. D. Foster, J. C. Foweraker, R. A. Freeze, E. C. Halstead, H. G. Harris, W. S. Hodge, A. T. Holmes, B. Ingimundson, D. Johanson, A. P. Kohut, H. Liebscher, E. Livingston, H. W. Nasmith, M. L. Parsons, O. Quinn, K. Ronneseth, J. L. Smith, D. F. Van Dine, M. Wei and M. Zubeil. 1991. Groundwater Resources of British Columbia. British Columbia Ministry of Environment Lands and Parks-Environment Canada Publication. Victoria, B.C.

Berthou, F. and V. Vignier. 1986. Analysis and fate of dibenzothiophene derivatives in the marine environment. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 27:81-96.

Burnison, B. K., A. Hartmann, A. Lister, M. R. Servos, T. Ternes and G. Van Der Kraak. 2003. A toxicity identification evaluation (TIE) approach to study estrogenic substances in hog manure and agricultural runoff. *Environ. Toxicol. Chem.* (in press).

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2002. Canadian Environmental Quality Guidelines. Update 2 November 2002. Ottawa, ON.

CCREM (Canadian Council of Resource and Environment Ministers). 1987. Canadian Water Quality Guidelines. Task Force on Water Quality Guidelines, Ottawa, ON.

Carmichael, V., M. Wei, and L. Ringham, 1995. Fraser Valley Groundwater Monitoring Program, Final Report. Ministry of Environment, Lands and Parks, Ministry of Health and Ministry Responsible for Seniors. Victoria, B.C.

Cox, S., and H. Liebscher. 1999. Ground-Water Quality Data from the Abbotsford-Sumas Aquifer of Southwestern British Columbia and Northwestern Washington State, February 1997. U.S. Geological Survey Open-File Report 99-244.

Dean, D.M., B.J. Zebarth, C.G. Kowalenko, J.W. Paul and K. Chipperfield. 2000. Poultry Manure Effects on Soil Nitrogen Processes and Nitrogen Accumulation in Red Raspberry. *Can. J. Plant Sci.* 80, 840-860.

ENKON Environmental Ltd. 2001. Survey of Pesticide Use in British Columbia: 1999. Project No: 1004-005. Prepared for Environment Canada and Ministry of Environment, Lands and Parks.

Environment Canada, 1998. Endocrine Disruptors and Hog Manure. *Science and the Environment Bulletin*, November/December 1998. The Green Lane™, Environment Canada's World Wide Web site: http://www.ec.gc.ca/science/sandenov/article3_e.html

Environment Canada and BC Ministry of Health, 1994. Impact Assessment of Sewage Effluent on Groundwater Quality in an Unconfined Aquifer. Prepared by Piteau Associates, North Vancouver. Project 92-62.

FDA (Food and Drug Administration) 1997. FDA statement on generic Premarin. May 5 1997, US Department of Health and Human Services.

Government of Canada Canadian Environmental Protection Act (CEPA), 1993. Priority Substances List Assessment Report. Ministry of Supply Services, Ottawa. Cat. No. En40-215/25E, ISBN 0-662-21063-8.

Grove G., S.Y. Szeto, H. Liebscher, B. Hii and B. Zebarth. 1998. Occurrence of 1, 2-dichloropropane and 1, 3-dichloropropene in the Abbotsford Aquifer, British Columbia. *Water Qual. Res. J. Can.* 33:51-71.

Halstead, E.C. 1986. Ground Water Supply – Fraser Lowland, BC NHRI Paper 26; Inland Waters Directorate Scientific Series 145. Vancouver, B.C.

Hayes, T., K. Haston, M. Tsui, A. Hoang, C. Haeffele, and A. Vonk, 2002. Feminization of male frogs in the wild. *Nature*. 419: 895-896.

Health Canada Drinking Water Quality Guidelines. 2003. Summary of guidelines for Canadian Drinking Water quality. Update April 2003. Online publication: http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/water/publications/drinking_water_quality_guidelines/toc.htm

Hii, B., H. Liebscher, M. Mazalek and T. Tuominen. 1999. Ground Water Quality and Flow Rates in the Abbotsford Aquifer, British Columbia. Environment Canada, P&Y Region. Vancouver, BC.

Hii, B. Environment Canada – unpublished data. 1992. Fecal Coliform Survey in the Lower Fraser Valley, BC.

Kowalenko, C.G. 2000. Nitrogen Pools and Processes in Agricultural Systems of Coastal British Columbia – A Review of Published Research. *Can. J. Plant Sci.* 80, 1-10.

Kreye, R., and M. Wei. 1994. A Proposed Aquifer Classification System for Groundwater Management in British Columbia. Ministry of Environment, Lands and Parks, Water Management Division. Victoria, B.C.

Le Guevel, R. and F. Pakdel 2001. Assessment of oestrogenic potency of chemical used as growth promoter by in-vitro methods. *Hum. Reprod.* 16(5):1030-1036

Legault, T. 2003. Microbiological Activity and the Deterioration of Water Well Environments on the Canadian Prairies. Agri-Foods and Agriculture Canada, Prairie Region. Online publication: <http://www.agr.gc.ca/pfra/water/swwi/iah2000t.pdf>

Liebscher, H., B. Hii and D. McNaughton. 1992. Nitrates and Pesticides in the Abbotsford Aquifer, Southwestern British Columbia. Environment Canada Report. Vancouver, B.C.

Piteau & Associates. 1985. Report on Well No. 3, Groundwater Supply for the Chilliwack River Hatchery, Upper Chilliwack River, British Columbia. Report to Department of Fisheries and Oceans. Vancouver, B.C.

Schrader T.J. and G.M. Cooke. 2003. Effect of aroclors and individual PCB congeners on activation of the human androgen receptor in vitro. *Reprod. Tox.* 17: 15-23.

Schultz, I.R., A. Skillman, J.-M. Nicolas, D.G. Cyr, and J.J. Nagler. 2003. Short-term exposure to 17 α -ethynylestradiol decreases the fertility of sexually maturing male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Environ. Toxicol. Chem.* 22(6) :1272-1280.

Sylvestre, S, R. Brewer, M. Sekela, T. Tuominen, and G. Moyle. 1998. Survey of contaminants in suspended sediment and water upstream and downstream of Annacis Island wastewater treatment plant (1996). Aquatic and Atmospheric Sciences Division, Environmental Conservation Branch, Pacific and Yukon Region, Environment Canada, Vancouver BC. DOE FRAP 1997-35 51 pp. + appendices.

Voldner, E. and G. Ellenton. 1987. Production, usage and atmospheric emissions of priority toxic chemicals with emphasis on North America. Prepared for the International Joint Commission. Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario. Report ARD-88-4.

Wassenaar, L.I. 1995. Evaluation of the Origin and Fate of Nitrate in the Abbotsford Aquifer using Isotopes of ^{15}N and ^{18}O in NO_3 . *Appl. Geochem.* 10: 291-405.

Yunker, M.B and R.W Macdonald. 1995. Composition of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Mackenzie River and on the Beaufort Sea Shelf. *Arctic* 48:118-129.

Yukner, M.B., R.W. Macdonald, R. Vingarzan, R.H. Mitchell, D. Goyette, and S. Sylvestre. 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Org. Geochem.* 33:489-515.

Zubel, M. 2000. Groundwater Conditions of the Columbia Valley Aquifer, Cultus Lake, British Columbia. Ministry of Environment, Lands & Parks, Water Management Lower Mainland Region. Surrey, B.C.

ANNEXES

Tableau A1. Utilisation de l'eau souterraine¹ en 2000 dans les principaux aquifères de la vallée du bas Fraser.

Principaux aquifères de la VBF	District / Ville / Village / etc.	Population	Population alimentée entièrement ou partiellement par les puits de la municipalité / communauté	Population alimentée par des puits privés	% de la population utilisant l'eau souterraine comme source d'alimentation en eau	Source d'information
Inconnu*	Zones non constituées entre Hope et Chilliwack	1 200	0	1 200	100	District régional de la vallée du Fraser
Chilliwack* Vedder** Cours supérieur du Chilliwack* Chilliwack River/Cultus Lake* Columbia Valley	Chilliwack	70 000	50 000	20 000	100	District de Chilliwack
Abbotsford* Matsqui Slough	Abbotsford	120 000	40 000	10 000	42	Ville d'Abbotsford

¹ Données sur l'eau souterraine de Marc Zubel, Ministère de la C.-B. pour la protection de l'eau, des terres et de l'air.
* échantillon(s) d'eau souterraine prélevé(s) dans cet aquifère lors de l'étude de l'IEBG de 1998.

Tableau A2. Concentrations des paramètres inorganiques et bactériologiques dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser. (en mg/l sauf indication contraire)

Site d'échantillonnage	ABT1	ABT2	ABT3	ABT4	ABT5	MAT1E	MAT2E	MAT3E	CHW1E	CHW1E
Date d'échantillonnage	8-17-1998	8-17-1998	8-17-1998	8-17-1998	8-17-1998	8-17-1998	8-17-1998	8-17-1998	8-20-1998	9-24-1998
Bromure	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Chlorure	3,5	15	1,6	3,2	11	10	<0,1	15	0,91	0,82
Fluorure	0,08	0,19	0,06	0,08	0,27	2,3 ^{1,2,4}	<0,1	0,07	0,03	0,02
Nitrate + Nitrite comme l'azote total	0,009	0,019	2,72	0,577	7,83	4,02	23,3 ¹	30,1 ¹	0,238	0,192
Nitrite comme l'azote	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	0,28 ^{1,3}	<0,005	<0,005	0,023	<0,005	<0,005
Phosphore total	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Phosphore total dissous	0,028	0,02	0,008	0,008	0,004	0,72	0,073	0,022	0,006	ns
Sulfate	20	<0,05	3,7	8	70	27	30	46	7,5	7,4
Conductivité ($\mu S/cm$)	174	353	99	161	374	309	326	430	113	110
pH (<i>unités relatives</i>)	8,03	7,57	7,02	7,54	6,06 ^{1,3}	6,66	5,99 ^{1,3}	6,33 ^{1,3}	7,46	7,55
Résidu filtrable	110	230	90	120	280	220	280	360	60	70
Arsenic	0,0058	0,0015	0,0004	0,0039	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002
Sélénium	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0005	<0,0001	0,0006	0,0001	0,0004
Argent	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ne	<0,0001
Aluminium	0,004	0,009 ³	0,02 ³	0,142 ³	0,014 ³	<0,002	2,67 ³	0,013 ³	ne	0,003
Barium	0,0193	0,0333	0,0021	0,0166	0,104	0,0263	0,0296	0,0305	ne	0,0112
Béryllium ($\mu g/l$)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	ne	<0,05
Cadmium	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0005	0,0001	ne	<0,0001
Cobalt	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0005	0,0002	0,0021	0,0022	ne	<0,0001
Chrome	<0,0002	0,0004	0,0021	0,0005	<0,0002	0,0019	0,0093	0,0004	ne	<0,0002
Cuivre	0,0009	<0,0002	0,0028 ³	0,0036 ³	0,001	0,0076 ³	0,005 ³	0,0009	ne	0,0472 ³
Fer	0,105	2,32 ^{1,3}	0,0361 ^{1,3}	0,345 ^{1,3}	0,0635	0,0101	3,61 ^{1,3}	0,0712	ne	0,0044
Mercure ($\mu g/l$)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Lithium	0,0008	0,0004	0,0003	0,0005	<0,0001	0,0015	0,0012	0,0012	ne	0,0001
Manganèse	0,143 ^{1,2}	0,111 ^{1,2}	0,0017	0,0508 ^{1,2}	0,263 ^{1,2}	0,038	0,0731 ^{1,2}	0,0027	ne	0,0012
Molybdène	0,001	0,0018	0,0003	0,0008	0,0001	0,0003	0,0005	<0,0001	ne	0,0007
Nickel	<0,0002	<0,0002	0,0007	0,0005	0,0005	0,0084	0,0096	0,0052	ne	<0,0002
Plomb	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0003	0,0002	0,0006	0,0021 ³	<0,0002	ne	0,0004
Strontium	0,0629	0,108	0,0441	0,0847	0,197	0,165	0,368	0,242	ne	0,0759
Vanadium	0,0001	0,0008	0,0007	0,0012	<0,0001	0,0006	0,0076	0,0002	ne	0,0005
Zinc	0,0019	0,008	0,0191	0,0134	0,001	0,0084	0,0077	0,0034	ne	0,0083
Calcium	25,2	24,2	11,7	18,1	49,9	31,2	37,9	48,8	19	18
Potassium	1,6	2,5	0,7	2,7	3,9	1,2	4,2	1,7	0,9	0,5
Magnésium	4	9,2	3	5,7	9,8	16,9	8,4	14,12	1,6	1,5
Sodium	4,7	41,5	2,8	6,6	8,4	8,5	8,2	9,5	1,7	1,4
Silicium	8,73	16,8	10	8,61	7,21	12,6	8,37	14,1	3,94	3,99
Dureté	79,2	98,1	41,8	68,5	165	147	129	180	54	51,1
E coli (MPN/100ml)	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0
Coliformes totaux (MPN/100ml)	0	0	0	1300	0	7	920	0	0	0
Coliformes fécaux (MPN/100ml)	0	0	0	0	0	0	79	0	0	0

Les dépassements des recommandations sont indiqués en gras; voir le Tableau A3 pour les valeurs des recommandations

¹ supérieur à la CMA pour l'eau potable

² supérieur à la RQE destinée à l'irrigation

³ supérieur à la RQE pour la protection de la vie aquatique en eau douce

⁴ supérieur à la RQE pour le bétail

ne = non échantillonné

Tableau A2 (suite). Concentrations des paramètres inorganiques et bactériologiques dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser. (en mg/l sauf indication contraire)

Site d'échantillonnage	CHW2E	CHW3E	CHW4E	CHW4E	CHW5E	CHW5E	REP 1	REP 2	REP 3	CHW2E
Date d'échantillonnage	8-20-1998	8-20-1998	8-21-1998	9-24-1998	8-21-1998	9-24-1998	8-27-1998	8-27-1998	8-27-1998	8-20-1998
Bromure	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Chlorure	5,3	2,7	7,3	6,7	4,4	3,8	4	4,1	4,2	5,3
Fluorure	0,11	0,09	0,09	0,08	0,13	0,11	0,1	0,11	0,11	0,11
Nitrate + Nitrite comme l'azote total	<0,002	0,613	0,769	0,566	0,287	0,231	0,302	0,302	0,289	<0,002
Nitrite comme l'azote	<0,005	<0,005	0,2	0,019	0,025	0,01	<0,002	<0,002	<0,002	<0,005
Phosphore total	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Phosphore total dissous	0,007	0,006	0,01	ne	0,013	ne	0,02	0,02	0,018	0,007
Sulfate	22	30	26	25	14	12	14	14	14	22
Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	274	380	276	264	249	239	247	245	247	274
pH (<i>unités relatives</i>)	7,22	8,03	6,83	6,97	7,29	7,43	7,39	7,42	7,39	7,22
Résidu filtrable	180	230	180	180	170	160	170	160	160	180
Arsenic	0,0005	0,0003	0,0001	0,0001	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008	0,0008	0,0005
Sélénium	<0,0001	0,0009	<0,0001	0,0003	0,0002	0,0005	0,0003	0,0003	0,0003	<0,0001
Argent	ne	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	ne
Aluminium	ne	<0,002	0,01 ³	0,002	0,005 ³	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	ne
Barium	ne	0,0092	0,0891	0,0833	0,0503	0,0467	0,0501	0,047	0,0502	ne
Béryllium ($\mu\text{g/l}$)	ne	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	ne
Cadmium	ne	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ne
Cobalt	ne	<0,0001	0,0007	0,0006	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	ne
Chrome	ne	0,0003	<0,0002	<0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002	0,0003	ne
Cuivre	ne	0,0220 ³	0,0004	0,0006	0,001	0,001	0,0004	0,00473	0,0003	ne
Fer	ne	0,0043	0,0309	0,0155	0,0118	0,0216	0,0072	0,0049	0,0056	ne
Mercure ($\mu\text{g/l}$)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Lithium	ne	0,0032	0,0017	0,0017	0,0013	0,0011	0,0013	0,0013	0,0014	ne
Manganèse	ne	0,0002	0,683 ^{1,2}	0,667 ^{1,2}	0,458 ^{1,2}	0,379 ^{1,2}	0,425 ^{1,2}	0,432 ^{1,2}	0,439 ^{1,2}	ne
Molybdène	ne	0,0025	0,0004	0,0004	0,0006	0,0005	0,0006	0,0005	0,0006	ne
Nickel	ne	0,0003	0,0046	0,0043	0,0006	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	ne
Plomb	ne	0,0015 ³	<0,0002	<0,0002	0,0008	0,0018 ³	0,0006	<0,0002	0,0005	ne
Strontium	ne	0,397	0,162	0,156	0,155	0,148	0,155	0,145	0,156	ne
Vanadium	ne	0,005	<0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	ne
Zinc	ne	0,0408 ³	0,002	0,0034	0,0113	0,006	0,0058	0,0181	0,0043	ne
Calcium	40	64	35,2	32,9	37,7	35,4	37,3	37,5	37,9	40
Potassium	1,2	0,8	1,4	1,4	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,2
Magnésium	10,4	13,2	11,7	11	8,5	8,1	8,1	8,1	8,2	10,4
Sodium	4,3	5,4	6,1	5,2	4,2	3,5	4,2	4,2	4,1	4,3
Silicium	15,3	5,46	12	11,6	12,7	12,6	12,8	12,8	13	15,3
Dureté	142	214	136	127	129	122	126	127	128	142
E coli (MPN/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totaux (MPN/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux (MPN/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les dépassements des recommandations sont indiqués en gras; voir le Tableau A3 pour les valeurs des recommandations

¹ supérieur à la CMA pour l'eau potable

² supérieur à la RQE destinée à l'irrigation

³ supérieur à la RQE pour la protection de la vie aquatique en eau douce

⁴ supérieur à la RQE pour le bétail

ne = non échantillonné

Tableau A2 (suite). Concentrations des paramètres inorganiques et bactériologiques dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser. (en mg/l sauf indication contraire)

Site d'échantillonnage	CHW6E	CHW7E	CHW8E	CHW1R	CHW1R	CHW2R	CHW3R	CHW4R	Nbre de sites présentant des échantillons ne répondant pas aux Recommandations
Date d'échantillonnage	8-21-1998	8-27-1998	8-27-1998	8-20-1998	9-24-1998	8-27-1998	8-27-1998	8-27-1998	
Bromure	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0
Chlorure	0,87	7,4	5,9	1,8	2,1	1,4	0,43	4,3	0
Fluorure	0,03	0,11	0,11	0,06	0,07	0,19	0,02	0,06	1 ^{1,2,4}
Nitrate + Nitrite comme l'azote total	0,225	<0,002	1,47	0,005	0,079	0,268	0,169	0,134	2 ¹
Nitrite comme l'azote	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	1 ^{1,3}
Phosphore total	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	0
Phosphore total dissous	0,002	0,045	0,015	0,13	ne	0,003	0,007	0,011	0
Sulfate	7,3	40	23	21	21	50	1,7	5,4	0
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	110	413	237	203	201	253	27	67	0
pH (<i>unités relatives</i>)	7,58	7,99	7,14	8,33	8,11	7,42	6,68	6,91	3 ^{1,3}
Résidu filtrable	80	280	170	130	130	170	30	60	0
Arsenic	0,0002	0,0006	0,0001	0,0071	0,0061	<0,0001	<0,0001	0,0004	0
Sélénium	0,0002	0,0001	0,0009	<0,0001	0,0001	0,0021 ³	0,0001	0,0002	1 ³
Argent	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ne	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0
Aluminium	0,005 ³	0,003	<0,002	ne	0,004	0,002	<0,002	<0,002	9 ³
Barium	0,0113	0,102	0,0502	ne	0,0205	0,0049	0,0076	0,0075	0
Béryllium ($\mu\text{g}/\text{l}$)	<0,05	<0,05	<0,05	ne	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0
Cadmium	<0,0001	0,0002	<0,0001	ne	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0
Cobalt	<0,0001	0,0001	0,0002	ne	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0
Chrome	0,0002	0,0002	<0,0002	ne	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0007	0
Cuivre	0,0283 ³	0,0033 ³	0,0006	ne	0,0004	0,0032 ³	0,0461 ³	0,0227 ³	11 ^{2,3}
Fer	0,0016	1,2 ^{1,3}	0,019	ne	0,0127	0,0073	0,0347	0,014	5 ^{1,3}
Mercure ($\mu\text{g}/\text{l}$)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0
Lithium	0,0002	0,001	0,0014	ne	0,0006	0,0022	<0,0001	0,0002	0
Manganèse	0,0008	0,313 ^{1,2}	0,0427	ne	0,0051	0,0003	0,0013	0,0009	8 ^{1,2}
Molybdène	0,0009	0,002	0,0002	ne	0,007	0,0009	0,0004	0,0002	0
Nickel	<0,0002	<0,0002	0,0033	ne	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0003	0
Plomb	0,0008	0,0005	0,0003	ne	0,0005	0,0009	0,0002	0,0003	3 ³
Strontium	0,0785	0,414	0,12	ne	0,178	0,317	0,0168	0,0333	0
Vanadium	0,0005	0,0001	0,0001	ne	<0,0001	0,0001	0,0002	0,0006	0
Zinc	0,0055	0,0023	0,001	ne	0,0013	0,0339 ³	0,0324 ³	0,0404 ³	4 ³
Calcium	18,6	80,6	25,5	33,5	33,1	42,8	2,9	7,5	0
Potassium	0,8	1,7	1,1	2,3	2,2	0,7	0,7	1,6	0
Magnésium	1,6	7,9	12,7	2,2	2,2	4,6	0,8	1,6	0
Sodium	1,6	5,2	6,1	7	6,2	5,6	1,2	2,3	0
Silicium	3,85	11,1	13,6	5,76	6,43	6,24	3,66	6,22	0
Dureté	52,8	234	116	92,8	91,8	126	10,2	25,5	0
E coli (MPN/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	1 ¹
Coliformes totaux (MPN/100ml)	0	2	0	0	0	0	0	0	4 ¹
Coliformes fécaux (MPN/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	1 ¹

Les dépassements des recommandations sont indiqués en gras; voir le Tableau A3 pour les valeurs des recommandations

¹ supérieur à la CMA pour l'eau potable

² supérieur à la RQE destinée à l'irrigation

³ supérieur à la RQE pour la protection de la vie aquatique en eau douce

⁴ supérieur à la RQE pour le bétail

ne = non échantillonné

Table A3. Recommandations pour la qualité de l'eau potable de Santé Canada¹ et recommandations du CCME² pour l'utilisation de l'eau et la protection de la vie aquatique en eau douce.

Paramètres (unités en mg/l sauf indication contraire)	Eau potable		Irrigation	Protection de la vie aquatique en eau douce	Abreuvement du bétail
	CMA	OE			
Chlorure		250	100 - 700 ^c		
Fluorure	1,5		1		1 - 2
Nitrate + Nitrite comme l'azote total	10			3	100
Nitrite comme l'azote	1 ^a			0,06	10
Sulfate		500			1000
Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)					
pH (unités relatives)	6,5 - 8,5			6,5 - 9,0	
Arsenic	0,025 (CAMP)		0,1	0,005	0,025
Sélénium	0,01		0,02 - 0,05	0,001	
Argent				0,0001	
Aluminium	0,01 ^b		5	0,005 - 0,1	5
Barium	1				
Béryllium ($\mu\text{g/l}$)			0,1		0,1
Cadmium	0,005		0,0051	0,000017 ^d	0,08
Cobalt			0,05		
Chrome	0,05				1
Cuivre		1	0,2 - 1	0,002 - 0,004 ^e	0,5 - 5
Fer		0,3	5	0,3	
Lithium			2,5		
Manganèse		0,05	0,2		
Molybdène			0,01 - 0,05	0,073	0,5
Nickel			0,2	0,025 - 0,15 ^f	1
Plomb	0,01		0,2	0,001 - 0,007 ^g	0,1
Strontium (Becquerel/l)	5				
Vanadium			0,1		0,1
Zinc		5	1 - 5	0,03	50
Calcium					1000
Sodium		200			
Coliformes totaux (MPN/100ml)			1000		
Coliformes fécaux (MPN/100ml)			100		

CMA = Concentration maximale acceptable

CAMP = Concentration acceptable maximale provisoire

OE = Ojectif esthétique uniquement

^a lorsque le nitrate et le nitrite sont déterminés séparément, les niveaux de nitrite ne doivent pas dépasser les 3,2 mg de nitrite/l ou 1 mg N/l.

^b la recommandation pour l'eau potable pour l'aluminium n'est pas une CMA ou une recommandation basée sur la santé.

^c la recommandation pour l'eau potable pour le chlorure varie en fonction des céréales et de la partie commerciale de la plante étant protégée.

^d la recommandation pour le cadmium est la valeur la plus basse de 2 valeurs : (i) 0,000017 mg/l ou (ii) $10^{(0,86(\log(\text{hardness})) - 3,2)}$ mg/l

^e en fonction de la dureté, la recommandation pour le cuivre est 0,002 mg/l (0 – 120 mg CaCO₃), 0,003 mg/l (120 – 180 mg CaCO₃) ou 0,004 mg/l (> 180 mg CaCO₃).

^f en fonction de la dureté, la recommandation pour le nickel est 0,025 mg/l (0 – 60 mg CaCO₃), 0,065 mg/l (60 – 120 mg CaCO₃), 0,11 mg/l (120 – 180 mg CaCO₃) ou 0,15 mg/l (> 180 mg CaCO₃).

^g en fonction de la dureté, la recommandation pour le plomb est 0,01 mg/l (0 – 60 mg CaCO₃), 0,02 mg/l (60 – 120 mg CaCO₃), 0,04 mg/l (120 – 180 mg CaCO₃) ou 0,07 mg/l (> 180 mg CaCO₃).

¹ Recommandations pour la qualité de l'eau potable de Santé Canada, 2003

² Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement du CCME, 2002

Table A3 (suite). Recommandations pour la qualité de l'eau potable de Santé Canada¹ et recommandations du CCME² pour l'utilisation de l'eau et la protection de la vie aquatique en eau douce.

Paramètres <i>(unités en ng/l sauf indication contraire)</i>	Eau potable CMA	Irrigation	Protection de la vie aquatique en eau douce	Abreuvement du bétail
Dichlorobenzène 1,3			150 000	
Dichlorobenzène 1,4	5 000		26 000	
Dichlorobenzène 1,2	200 000		700	
Trichlorobenzène 1,2,4			24 000	
Trichlorobenzène 1,2,3			8 000	
Tétrachlorobenzène 1,2,3,4			1 800	
Pentachlorobenzène			6 000	
Hexachlorobenzène				520
α-HCH			10	
β-HCH			10	
δ-HCH			10	
γ-HCH			10	
Heptachlore			pas de RQE	
Aldrine	700		pas de RQE	
Chlordane (trans)			pas de RQE	
Chlordane (cis)			pas de RQE	
op'-DDT			pas de RQE	
pp'-DDT			pas de RQE	
Acénaphthylène			5800	
Fluorène			3000	
Phénanthrène			400	
Anthracène			12	
Fluoranthène			40	
Pyrène			25	
Benzo(a)anthracène			18	
Benzo(a)pyrène	10		15	

CMA = Concentration maximale acceptable

pas de RQE = aucune Recommandation pour la qualité de l'environnement n'est recommandée.

¹ Recommandations pour la qualité de l'eau potable de Santé Canada, 2003

² Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement du CCME, 2002

Tableau A4. Concentrations des contaminants organiques (ng/l) dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser.

ID de l'échantillon	ABT1	ABT2	ABT3	ABT4	ABT5	MAT1E	MAT2E	MAT3E	CHW1E	CHW2E	CHW3E	CHW4E
Benzènes chlorés et pesticides												
Hexachlorobutadiène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	NC	NC	NC	<0,04	<0,02	<0,03	<0,05
Dichlorobenzène 1,3/1,4	31,5*	15,5*	24,5*	16,5*	23,5*	NC	NC	NC	22,5*	26,5*	9*	NC
Dichlorobenzène 1,2	15,4*	5,9*	14,4*	8,5*	11,4*	NC	NC	NC	9,1*	13,4*	7,3*	NC
Trichlorobenzène 1,3,5	<0,08r*	<0,02r*	<0,02r*	0,09r*	<0,03r*	NC	NC	NC	0,24r*	0,05r*	<0,05	<0,12
Trichlorobenzène 1,2,4	0,71*	0,37*	0,67*	0,21*	0,50*	NC	NC	NC	0,50*	0,51*	0,26*	0,46*
Trichlorobenzène 1,2,3	0,14	0,13	0,11	<0,02	0,08r	NC	NC	NC	<0,02	0,21	0,08	<0,12
Tétrachlorobenzène 1,2,3,5/1,2,4,5	<0,01	<0,01	0,02*	<0,01	<0,01	NC	NC	NC	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Tétrachlorobenzène 1,2,3,4	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02r	NC	NC	NC	<0,04	<0,02	<0,03	<0,05
Pentachlorobenzène	0,03r*	<0,04r*	0,04r*	<0,04r*	<0,05r*	<0,13	<0,10	<0,11	<0,07r*	<0,05r*	<0,05r*	<0,07r*
Hexachlorobenzène	0,09	0,06	<0,05	0,03	<0,04	<0,05	<0,06	<0,08	<0,09	<0,07	<0,07	<0,12
α-HCH	<0,09	<0,1	<0,06	<0,16	<0,08	<0,2	<0,27	<0,17	<0,23	<0,19	<0,11	<0,19
β-HCH	<0,12	<0,13	<0,08	<0,21	<0,11	<0,29	<0,39	<0,24	<0,3	<0,24	<0,15	<0,26
δ-HCH	<0,09	<0,1	<0,06	<0,16	<0,08	0,74	0,11r	<0,15	<0,22	<0,18	<0,15	<0,04
γ-HCH	<0,09	<0,1	<0,06	0,38r	<0,08	<0,3	<0,40	<0,15	<0,22	<0,18	<0,11	<0,19
Heptachlore	<0,25	<0,57	<0,55	<1,1	<0,64	<0,41	<0,66	<0,45	<1,4	<1,4	<0,75	<0,63
Aldrine	<0,11	<0,05	<0,11	<0,15	<0,03	<0,19	<0,15	<0,2	<0,2	<0,23	<0,16	<0,13
Oxy-chlordane	<0,04	<0,16	<0,18	<0,17	<0,17	<0,77	<0,74	<1,4	<0,49	<0,23	<1,2	<1,2
Chlordane (trans)	<0,14	<0,09	<0,18	<0,15	<0,13	<0,08	<0,11	<0,09	<0,09	<0,19	<0,13	<0,08
Chlordane (cis)	<0,12	<0,08	<0,16	<0,14	<0,12	<0,07	<0,09	<0,08	<0,08	<0,17	<0,12	<0,08
op'-DDE	<0,04	<0,04	<0,04	<0,05	<0,03	<0,06	<0,05	<0,05	<0,04	<0,03	<0,06	<0,04
pp'-DDE	<0,03	<0,03*	0,10*	0,13*	<0,03*	<0,05	<0,04	<0,05	<0,04	<0,03	<0,05	<0,04r*
Nonachlore (trans)	<0,11	<0,08	<0,16	<0,1	<0,06	<0,04	<0,06	<0,08	<0,09	<0,19	<0,07	<0,06
Nonachlore (cis)	<0,08	<0,06	<0,11	<0,07	<0,04	<0,03	<0,04	<0,05	<0,06	<0,13	<0,05	<0,04
op'-DDD	<0,02	0,01	<0,04	<0,03	<0,01	<0,02	<0,04	<0,03	<0,05	<0,04	<0,03	<0,03
pp'-DDD	<0,02	<0,01	0,04	<0,03	<0,01	<0,02	<0,04	<0,03	<0,06	<0,04	<0,04	<0,04
op'-DDT	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,03	<0,06	<0,06	<0,06	<0,07	<0,04	<0,04	<0,03
pp'-DDT	<0,03	<0,02	0,18	0,07	<0,04	<0,09	<0,08	<0,08	<0,09	<0,05	<0,05	<0,03
Mirex	<0,02	<0,03	<0,02	<0,03	<0,03	<0,06	<0,06	<0,07	<0,08	<0,04	<0,06	<0,06
Époxide d'heptachlore	<0,02	<0,03	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,07	<0,01	<0,03	<0,04
α-endosulphan (I)	<0,02	<0,07	<0,06	<0,04	<0,09	0,68	<0,02	<0,02	37	0,24	0,25	<0,09
Dieldrine	<0,01	<0,03	0,09	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,06	<0,01	<0,02	<0,03
Endrine	<0,06	<0,1	<0,08	<0,14	<0,06	<0,06	<0,02	<0,05	<0,15	<0,05	<0,09	<0,12
β-endosulphan (II)	<0,03	<0,05	<0,03	<0,05	<0,03	0,53	0,08	<0,03	32	0,14	0,08	<0,05
Sulfate d'endosulphan	<0,03	<0,05	<0,04	<0,06	<0,03	0,12	0,26	<0,06	9,4	<0,02	<0,04	<0,05
Méthoxychlore	<0,11	<0,2	<0,16	<0,25	<0,11	<0,09	<0,08	<0,08	2,1	<0,09	<0,15	<0,21
BPC												
AROCLOR 1242	<1,3	<1,5	<1,7	<1,8	<1,3	<0,46	<0,80	<1,1	<2,5	<1,5	<1	<0,84
AROCLOR 1254	<0,97	<1,4	<2,3	<3,4	<0,51	<1,2	<1,5	<1,4	<2,2	<1	<3	<1,3
AROCLOR 1260	<1,2	<1,3	<1,8	<1,9	<1,1	<0,72	<0,80	<1,4	<3,5	<4	<1,2	<0,82
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)												
Acénaphthylène	<0,16	NA	<0,18	<0,14	NA	NA	<0,29	NA	NA	<0,2	<0,13	NA
Acénaphthène	<0,11	NA	<0,13	<0,1	NA	NA	0,24	NA	NA	0,15	0,16r	NA
Fluorène	<0,33*	NA	<0,36	<0,29	NA	NA	<0,24	NA	NA	<0,39	0,115r*	NA

NA = non analysé; NC = non chiffrable; r=pic détecté mais ne répondait pas aux critères de quantification; *=avec correction témoin

Tableau A4 (suite). Concentrations des contaminants organiques (ng/l) dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser.

ID de l'échantillon	ABT1	ABT2	ABT3	ABT4	ABT5	MAT1E	MAT2E	MAT3E	CHW1E	CHW2E	CHW3E	CHW4E
Phénanthrène	0,46	NA	<0,15	<0,14	NA	NA	<0,15r*	NA	NA	0,24*	0,615r*	NA
Anthracène	<0,15	NA	<0,16	<0,15	NA	NA	<0,15	NA	NA	<0,16	<0,07	NA
Fluoranthène	0,17r*	NA	<0,08r*	<0,08r*	NA	NA	0,16	NA	NA	<0,08r*	0,19	NA
Pyrène	0,22r*	NA	<0,07r*	<0,07r*	NA	NA	0,18	NA	NA	0,10r*	0,26	NA
Benzo(a)anthracène	<0,06	NA	<0,05	<0,05	NA	NA	<0,10	NA	NA	<0,04	<0,11	NA
Chrysène	0,1	NA	<0,05	<0,05	NA	NA	<0,10	NA	NA	<0,04	<0,11	NA
Benzofluoranthènes	<0,1	NA	<0,09	<0,09	NA	NA	<0,10	NA	NA	<0,07	<0,07	NA
Benzo(e)pyrène	<0,1	NA	<0,09	<0,09	NA	NA	<0,25	NA	NA	<0,08	<0,06	NA
Benzo(a)pyrène	<0,11	NA	<0,1	<0,1	NA	NA	<0,30	NA	NA	<0,08	<0,08	NA
Pérylène	<0,12	NA	<0,1	<0,98	NA	NA	<0,33	NA	NA	<0,08	<0,08	NA
Dibenzo(ah)anthracène	<0,22	NA	<0,18	<0,2	NA	NA	<0,86	NA	NA	<0,14	<0,11	NA
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,18	NA	<0,15	<0,16	NA	NA	<0,59	NA	NA	<0,12	<0,10	NA
Benzo(ghi)peryène	0,32r*	NA	<0,12	<0,13	NA	NA	<0,48	NA	NA	<0,1	<0,08	NA
Phénanthrène/Anthracène C1	0,76r*	NA	<0,24r*	<0,23r*	NA	NA	<0,31	NA	NA	<0,24r*	1,4	NA
Phénanthrène/Anthracène C2	<0,26	NA	<0,4	<0,41	NA	NA	<0,32	NA	NA	<0,04	0,2	NA
Phénanthrène/Anthracène C3	<0,43	NA	<0,43	<0,44	NA	NA	<0,39	NA	NA	<0,41	0,27	NA
Phénanthrène/Anthracène C4	<0,32	NA	<0,32	<0,33	NA	NA	<0,45	NA	NA	<0,31	<0,2	NA
Rétène	<0,32	NA	<0,32	<0,33	NA	NA	<0,45	NA	NA	<0,31	<0,2	NA
Dibenzothiophène	<0,14	NA	<0,14	<0,13	NA	NA	<0,14	NA	NA	<0,14	<0,08	NA
Dibenzothiophènes C1	<0,22	NA	<0,22	<0,21	NA	NA	<0,17	NA	NA	<0,22	0,13	NA
Dibenzothiophènes C2	<0,24	NA	<0,24	<0,23	NA	NA	<0,12	NA	NA	<0,24	0,09	NA
<i>HAP totaux</i>	<i>2,03</i>		<i><DL</i>	<i><DL</i>			<i>0,58</i>			<i>0,49</i>	<i>3,43</i>	
<i>fluoranthène/ fluoranthène+pyrène</i>	<i>0,44</i>		<i><DL</i>	<i><DL</i>			<i>0,47</i>			<i><DL</i>	<i>0,42</i>	
<i>Phénanthrène+anthracène/ Phénanthrène+anthracène+ Phénanthrène/anthracène C1-C4</i>	<i>0,38</i>		<i><DL</i>	<i><DL</i>			<i><DL</i>			<i>1,0</i>	<i>0,25</i>	
Stéroïds												
Désogestrel	<2,5	NA	<6,8	<3,2	NA	NA	<16	NA	NA	<2,4	<4,2	NA
Mestranol	<1,1	NA	<1,5	<0,86	NA	NA	<0,75	NA	NA	<0,97	<0,60	NA
Noréthindrone	<8,3	NA	<13	<12	NA	NA	<6,4	NA	NA	<6,4	<2,9	NA
Oestrone	<0,18	NA	<0,35	<0,13	NA	NA	<0,41	NA	NA	<0,24	<0,19	NA
Equilin	<0,49	NA	<0,45	<0,52	NA	NA	<0,44	NA	NA	<0,61	<0,52	NA
Norgestrel	<6,8	NA	<8,5	<2,2	NA	NA	<3,5	NA	NA	<4,6	<2,4	NA
Testostérone	<3,3	NA	21,4*	<2,6	NA	NA	<1,2	NA	NA	<2,3	<1,5r*	NA
Ethi-nylestradiol	<1,2	NA	3,8r	<1,2	NA	NA	<2,0	NA	NA	<1,6	<0,96	NA
17 α -oestradiol	<0,4	NA	<0,43	<0,28	NA	NA	<0,39	NA	NA	<0,40	<0,24	NA
17 β -oeEstradiol	<0,18	NA	<0,28	<0,11	NA	NA	<0,31	NA	NA	<0,19	<0,19	NA
α -zéranol	<0,69	NA	<0,68	0,75r	NA	NA	<1,1	NA	NA	<0,73	<0,44	NA
Coprostérol	<1,8	NA	<1,7r*	<0,89	NA	NA	<3,8	NA	NA	<0,64	<1,4	NA
Épicoprostanol	<0,56	NA	<2,2	<0,51	NA	NA	<2,0	NA	NA	<0,54	<0,88	NA
Cholestérol	6*	NA	19*	4*	NA	NA	171,4*	NA	NA	24*	9*	NA
Cholestanol	<0,48	NA	<0,46	<0,36r	NA	NA	10,6r*	NA	NA	<0,68	<1,1	NA
Desmostérol	<3,9	NA	<4,2	<2,1	NA	NA	9,0r	NA	NA	<2,7	<1,7	NA
Ergostérol	<2	NA	<2,8	<2	NA	NA	68	NA	NA	<3,7	<2,3	NA
Stigmastérol	<2,2	NA	1,7r	<2,1	NA	NA	33	NA	NA	<1,6	<5,0	NA
β -oestradiol 3-benzoate	<0,15r*	NA	<0,22	<0,13	NA	NA	<0,66	NA	NA	<0,26	<0,76	NA
β -Sitostérol	<1,4	NA	6,5r	2,9r	NA	NA	187,6*	NA	NA	3,8r	<1,2r*	NA

NA = non analysé; NC = non chiffrable; r=pic détecté mais ne répondait pas aux critères de quantification; *=avec correction témoin

Tableau A4 (suite). Concentrations des contaminants organiques (ng/l) dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser.

ID de l'échantillon	CHW5E	REP1	REP2	REP3	CHW6E	CHW7E	CHW8E	CHW1R	CHW2R	CHW3R	CHW4R
Benzènes chlorés et pesticides											
Hexachlorobutadiène	<0,03	<0,03	<0,05	<0,17	NC	<0,02	<0,03	<0,01	<0,01	<0,03	NC
Dichlorobenzène 1,3/1,4	<0,38*	8*	16*	16*	NC	7*	3*	13,5*	24,5*	NC	NC
Dichlorobenzène 1,2	4,8*	8,2*	8,17*	11,07*	NC	6,7*	6,9*	8,3*	11,4*	NC	NC
Trichlorobenzène 1,3,5	<0,08	<0,09	0,23r*	<0,23	NC	<0,12	<0,06	0,04r*	<0,02r*	<0,09	NC
Trichlorobenzène 1,2,4	0,17*	0,22*	<0,19*	0,50*	NC	0,19*	0,23*	0,27*	0,29*	0,25*	NC
Trichlorobenzène 1,2,3	<0,08	<0,09	<0,18	<0,24	NC	<0,13	0,09	<0,02	<0,02	<0,1	NC
Tétrachlorobenzène 1,2,3,5/1,2,4,5	<0,03	<0,03	<0,04	<0,14	NC	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,03	NC
Tétrachlorobenzène 1,2,3,4	<0,03	<0,03	<0,05	<0,17	NC	<0,02	<0,03	<0,02	<0,01	<0,03	NC
Pentachlorobenzène	<0,05*	<0,06r*	<0,08	<0,16	<0,05r*	<0,06*	<0,07r*	<0,06r*	<0,02r*	<0,04r*	NC
Hexachlorobenzène	0,07	0,07	<0,05	<0,15	<0,07	<0,06	<0,11	<0,06	0,06	0,04	<0,06
α-HCH	<0,14	<0,11	<0,19	<0,31	<0,05	<0,06	<0,19	<0,08	<0,15	<0,14	<0,19
β-HCH	<0,19	<0,15	<0,28	<0,45	<0,07	<0,09	<0,25	<0,1	<0,19	<0,19	<0,26
δ-HCH	<0,02	<0,03	<0,17	<0,28	<0,09	<0,08	<0,11	<0,08	0,45r	<0,06	<0,03
γ-HCH	<0,13	<0,11	<0,3	<0,40	<0,05	0,1r*	0,1r*	<0,08	<0,14	0,2r*	<0,19
Heptachlore	<0,34	<0,4	<0,61	<0,82	<0,21	<0,21	<0,30	<0,78	<0,73	<0,15	<0,42
Aldrine	<0,11	<0,11	<0,24	<0,21	<0,07	<0,07	<0,08	<0,08	<0,16	<0,05	<0,13
Oxy-chlordane	<0,85	<0,66	<0,95	<1,7	<0,65	<0,29	<0,53	<0,14	<0,24	<0,29	<0,41
Chlordane (trans)	<0,07	<0,09	<0,16	<0,09	<0,05	<0,03	<0,1	<0,12	<0,17	<0,03	<0,056
Chlordane (cis)	<0,06	<0,09	<0,14	<0,08	<0,04	<0,03	<0,1	<0,11	<0,15	<0,03	<0,051
op'-DDE	<0,07	<0,05	<0,09	<0,08	<0,03	<0,04	<0,04	<0,05	<0,04	<0,03	<0,044
pp'-DDE	<0,06	<0,04	<0,08	<0,07	<0,02r	<0,03*	<0,03*	<0,04	0,01*	<0,03r*	<0,04
Nonachlore (trans)	<0,09	<0,05	<0,10	<0,09	<0,03	<0,02	<0,03	<0,11	<0,06	<0,03	<0,055
Nonachlore (cis)	<0,06	<0,04	<0,06	<0,06	<0,02	<0,02	<0,03	<0,08	<0,04	<0,02	<0,04
op'-DDD	<0,03	<0,03	<0,04	<0,04	<0,01	<0,01	<0,03	<0,02	<0,01	<0,02	<0,019
pp'-DDD	<0,03	<0,03	<0,04	<0,04	0,02	<0,01	<0,03	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02
op'-DDT	<0,03	<0,02	<0,07	<0,05	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,04	<0,02	<0,021
pp'-DDT	<0,03	<0,02	<0,11	<0,07	<0,02	0,03r	<0,03	<0,03	<0,05	<0,02	<0,025
Mirex	<0,08	<0,07	<0,09	<0,09	<0,06	<0,03	<0,04	<0,03	<0,06	<0,04	<0,07
Époxide d'heptachlore	<0,02	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	<0,02	<0,02	<0,03
α-endosulphan (I)	<0,09	<0,02	<0,04	<0,04	<0,08	<0,03	<0,02	<0,04	<0,03	<0,02	<0,04
Dieldrine	<0,01	<0,01	<0,03	<0,04	<0,02	<0,02	<0,01	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03
Endrine	<0,05	<0,05	<0,08	<0,1	<0,06	<0,08	<0,05	<0,12	<0,08	<0,07	<0,1
β-endosulphan (II)	<0,02	<0,02	<0,06	<0,06	0,04	<0,03	<0,02	<0,05	<0,04	<0,03	<0,05
Sulfate d'endosulphan	<0,02	<0,02	<0,1	<0,10	<0,03	<0,04	<0,02	<0,05	<0,04	<0,03	<0,05
Méthoxychlore	<0,09	<0,09	<0,13	<0,16	<0,10	<0,13	<0,08	<0,21	<0,15	<0,11	<0,17
BPC											
AROCLOR 1242	<1,3	<1,4	<1,2	<1,1	<0,47	<0,65	<0,89	<1,9	<1,7	0,33	<0,59
AROCLOR 1254	<1,7	<1,5	<2	<1,8	<1,3	<0,81	<0,80	<1,5	<4,1	<0,48	<1
AROCLOR 1260	<0,64	<1,4	<1,1	<1,2	<0,51	<0,61	<0,70	<1,9	<3,6	<0,39	<0,71
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)											
Acénaphthylène	<0,18	NA	NA	<0,32	<0,15	NA	<0,41	<0,18	NA	<0,21	NA
Acénaphthène	0,18	NA	NA	<0,13	0,11	NA	<0,16	12	NA	<0,15	NA
Fluorène	<0,35*	NA	NA	<0,27	<0,03*	NA	0,35	15,5*	NA	<0,42	NA

NA = non analysé; NC = non chiffrable; r=pic détecté mais ne répondait pas aux critères de quantification; *=avec correction témoin

Tableau A4 (suite). Concentrations des contaminants organiques (ng/l) dans l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser.

ID de l'échantillon	CHW5E	REP1	REP2	REP3	CHW6E	CHW7E	CHW8E	CHW1R	CHW2R	CHW3R	CHW4R
Phénanthrène	0,46*	NA	NA	<0,18r*	0,27*	NA	<0,19r*	23,46*	NA	0,25*	NA
Anthracène	<0,15	NA	NA	<0,19	<0,17	NA	<0,20	5	NA	<0,22	NA
Fluoranthène	0,09r*	NA	NA	<0,12	0,09r*	NA	0,22	5,38r*	NA	<0,10r*	NA
Pyrène	0,17r*	NA	NA	0,13	1,4r*	NA	1,1	4,5r*	NA	0,17r*	NA
Benzo(a)anthracène	<0,04	NA	NA	<0,10	<0,06	NA	<0,09	0,24	NA	<0,07	NA
Chrysène	0,05	NA	NA	<0,11	0,54	NA	<0,09	0,27	NA	<0,07	NA
Benzofluoranthènes	<0,06	NA	NA	<0,26	<0,1	NA	<0,24	<0,09	NA	<0,12	NA
Benzo(e)pyrène	<0,06	NA	NA	<0,26	<0,11	NA	<0,24	<0,09	NA	<0,12	NA
Benzo(a)pyrène	<0,06	NA	NA	<0,32	<0,12	NA	<0,29	<0,1	NA	<0,14	NA
Pérylène	<0,06	NA	NA	<0,34	<0,12	NA	<0,32	<0,1	NA	<0,14	NA
Dibenzo(ah)anthracène	<0,1	NA	NA	<1,0	<0,22	NA	<0,88	<0,23	NA	<0,27	NA
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,1	NA	NA	<0,65	<0,19	NA	<0,58	<0,16	NA	<0,22	NA
Benzo(ghi)peryène	0,11	NA	NA	<0,52	<0,15	NA	<0,47	0,18r	NA	<0,17	NA
Phénanthrène/Anthracène C1	0,96r*	NA	NA	<0,38	<0,26r*	NA	0,8	1,26r*	NA	0,66r*	NA
Phénanthrène/Anthracène C2	0,99	NA	NA	<0,36	<0,46	NA	0,35	0,98	NA	1,1	NA
Phénanthrène/Anthracène C3	0,64	NA	NA	<0,45	<0,49	NA	<0,38	<0,45	NA	<0,55	NA
Phénanthrène/Anthracène C4	<0,28	NA	NA	<0,52	<0,37	NA	<0,44	<0,34	NA	<0,42	NA
Rétène	<0,28	NA	NA	<0,52	<0,37	NA	<0,44	<0,34	NA	<0,42	NA
Dibenzothiophène	<0,13	NA	NA	<0,17	<0,16	NA	<0,18	1,9	NA	<0,19	NA
Dibenzothiophènes C1	0,39	NA	NA	<0,22	<0,24	NA	<0,23	0,23	NA	<0,3	NA
Dibenzothiophènes C2	<0,23	NA	NA	<0,15	<0,27	NA	<0,16	<0,25	NA	<0,34	NA
<i>HAP totaux</i>	<i>4,04</i>				<i>2,41</i>		<i>2,82</i>	<i>70,9</i>		<i>2,18</i>	
<i>fluoranthène/ fluoranthène+pyrène</i>	<i>0,35</i>				<i>0,06</i>		<i>0,17</i>	<i>0,54</i>		<i>0</i>	
<i>Phénanthrène+anthracène/ Phénanthrène+anthracène+ Phénanthrène/anthracène C1-C4</i>	<i>0,15</i>				<i>1,0</i>		<i>0</i>	<i>0,93</i>		<i>0,12</i>	
Stéroïds											
Désogestrel	<4,3	NA	NA	<8,1	<3,0	NA	<9,8	<2	NA	<2,1	NA
Mestranol	<1,2	NA	NA	<0,43	<1,1	NA	<0,80	<1	NA	<1,2	NA
Noréthindrone	<37	NA	NA	<2,5	<8,5	NA	<3,9	<11	NA	<8,2	NA
Oestrone	<0,24	NA	NA	<0,27	<0,19	NA	<0,25	<0,23	NA	<0,25	NA
Equilin	<0,79	NA	NA	<0,29	0,80r	NA	<0,53	<0,96	NA	<0,39	NA
Norgestrel	<8,9	NA	NA	<4	<4,5	NA	<3,0	<5,7	NA	<5,4	NA
Testostérone	<11	NA	NA	<0,73	<2,1r*	NA	<1,4	<2	NA	<1,2	NA
Ethi-nylestradiol	<2,6	NA	NA	<1,1	<1,2	NA	<0,83	<1,8	NA	<0,93	NA
17 α -oestradiol	<0,74	NA	NA	<0,27	<0,4	NA	<0,19	<0,62	NA	<0,21	NA
17 β -oeEstradiol	<0,19	NA	NA	<0,15	<0,27	NA	<0,24	<0,47	NA	<0,2	NA
α -zéranol	<1,6	NA	NA	<0,73	<0,69	NA	<1,1	<1,8	NA	<1	NA
Coprostérol	<0,74	NA	NA	<1,8	<0,96	NA	<2,3	<0,98	NA	<0,33	NA
Épicoprostanol	<1,3	NA	NA	<0,94	<0,48	NA	<1,2	<0,93	NA	<0,61	NA
Cholestérol	18*	NA	NA	19,4*	11*	NA	6,4*	4*	NA	25*	NA
Cholestanol	<0,54	NA	NA	<1,7*	<0,21	NA	<0,14	<1	NA	<0,45	NA
Desmostérol	<3,6	NA	NA	<0,88	3,4r	NA	<1,6	<3,9	NA	<2,4	NA
Ergostérol	<2,7	NA	NA	<1,8	<2,1	NA	<2,5	<3,7	NA	1,9r	NA
Stigmastérol	<2,5	NA	NA	<1,7	<1,1	NA	<2,7	<2,1	NA	<1,6	NA
β -oestradiol 3-benzoate	<0,2	NA	NA	<0,48	<0,24	NA	<0,54	<0,41	NA	<0,25r*	NA
β -Sitostérol	5,1r	NA	NA	<1,2	3,2r	NA	<1,3r*	<2,6	NA	2,6r	NA

NA = non analysé; NC = non chiffrable; r=pic détecté mais ne répondait pas aux critères de quantification; *=avec correction témoin

Tableau A5. Résumé du test de dépistage par dosage oestrogénique des levures effectué sur l'eau souterraine prélevée dans la vallée du bas Fraser.

Échantillon	Réponse du dosage	EC50 (ml)	Concentration relative (ng/l Équivalents oestradiol)	% de l'Activité d'oestradiol maximale ^a
MAT1E1	+	41,5	0,1	6
MAT1E2	+	41,7	PR	7,2
MAT2E1	-	S/O	S/O	S/O
MAT2E2	-	S/O	S/O	S/O
MAT3E	-	S/O	S/O	S/O
ABT1	+	23,7	0,9	16,5
ABT2	+	43,6	0,4	2,8
ABT3	+	43	0,4	6,9
ABT4	+	43,2	0,5	16,3
ABT5	-	S/O	S/O	S/O
CHW1E	+	41	0,1	7,6
CHW2E1	+	41	0,1	2,1
CHW2E2	-	S/O	S/O	S/O
CHW3E	+	42	0,2	13,1
CHW4E	+	41	<0,1	2,4
CHW5E	+	41,31	0,3	11
REP1	+	26,7	0,5	10,5
REP2	+	41,6	0,4	13,5
REP3	+	42,6	0,4	18,3
CHW6E	+	39,6	0,4	26,8
CHW7E	+	17,1	0,6	6,3
CHW8E	+	18,2	0,6	6,5
CHW1R	-	S/O	S/O	S/O
CHW2R	+	10,6	0,9	4,2
CHW3R	+	44,1	0,2	6,8
CHW4R	+	40,7	0,3	11,5

+ indique qu'une réponse relative à un dosage a été observée

- indique aucune réponse au dosage

^a lorsque comparé à un contrôle d'oestradiol positif

S/O = sans objet

PR = pas de résultat