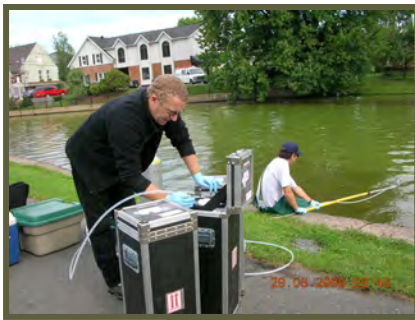




Diminution des concentrations de plusieurs substances toxiques dans la rivière Yamaska Nord à la suite du Plan d'action Granby

Direction du suivi de l'état de l'environnement
Direction régionale de l'analyse et de l'expertise
de l'Estrie et de la Montérégie

Juillet 2010



Photos de la page couverture (de haut en bas) :

Échantillonnage à la station en aval de Granby le 29 août 2006

Certains contaminants peuvent être analysés dans de petits volumes d'eau. L'échantillonnage se fait alors à l'aide d'une bouteille fixée à l'extrémité d'une perche (source : MDDEP).

Échantillonnage à la station en aval de Granby le 26 septembre 2006

Transvasement d'eau dans une petite bouteille prévue pour l'analyse des composés organiques volatils (source : MDDEP).

Échantillonnage à la station en amont de Granby le 29 août 2006

La mesure des BPC, des dioxines et furannes, des HAP et de certains autres contaminants requiert le remplissage de 3 contenants de 18 litres en acier inoxydable. L'échantillon est prélevé à l'aide d'une pompe et d'un boyau qui permettent d'acheminer l'eau directement dans les contenants, lesquels sont placés dans des caissons de protection. Lors de cette tournée d'échantillonnage, l'exutoire du lac Boivin était envahi par des cyanobactéries (source : MDDEP).

La station d'échantillonnage en amont de Granby le 17 octobre 2007

Le lac Boivin près de son exutoire dans la rivière Yamaska Nord (source : MDDEP).

Ce document peut être consulté sur le site Internet du Ministère : <http://www.mddep.gouv.qc.ca>

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2010

ISBN 978-2-550-58563-3 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2010

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteurs

David Berryman¹
François Rocheleau²

Échantillonnage

Claude Bruneau²
Michel Côté²
Stéphanie Héroux²
René Therreault¹

Analyses de laboratoire

Jean-Pierre Blouin³
François Bossanyi³
Christian DeBlois³
Marie-Claire Grenon³
François Houde³
Linda Lecours³
François Messier³
Serge Morissette³
Danielle Thomassin³
Paule Tremblay³

Supervision de l'échantillonnage et mise en forme des données en 2002

Louis Roy¹

Mise en page et graphisme

Sylvie Boutin¹
Mona Frenette¹

-
1. Direction du suivi de l'état de l'environnement
 2. Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie
 3. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

Référence

BERRYMAN, David, ROCHELEAU, François, 2010. *Diminution des concentrations de plusieurs substances toxiques dans la rivière Yamaska Nord à la suite du Plan d'action Granby*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie, ISBN 978-2-550-58563-3 (PDF), 40 pages.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier M^{me} Lucie Olivier et M. Raymond Chabot, d'Environnement Canada, et M^{me} Carole Lachapelle, du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, qui ont lu et judicieusement commenté la version préliminaire de ce rapport.

RÉSUMÉ

Des échantillonnages réalisés en 1995 par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) ont révélé que la ville de Granby était une source importante de substances toxiques pour la rivière Yamaska Nord. Devant ce constat, la Direction régionale de la Montérégie du MDDEP et des organismes collaborateurs ont élaboré et mis en œuvre le Plan d'action Granby, dont les principaux objectifs étaient de vérifier si les entreprises de la municipalité se conformaient à la réglementation environnementale et s'il était possible de faire diminuer les rejets de substances toxiques. Un total de 66 entreprises de la ville de Granby ont été visitées et ont fait l'objet de vérifications et d'interventions dans le cadre du plan d'action.

Afin d'évaluer les effets du Plan d'action Granby sur la rivière Yamaska Nord, on y a mesuré les concentrations d'un grand nombre de substances toxiques. Les échantillonnages ont été réalisés en amont et en aval des rejets de la municipalité au début du plan, en 2002, et après que ce dernier eut été achevé, en 2006.

Le Plan d'action Granby a été un franc succès, car plusieurs contaminants affichent une diminution de leurs concentrations de 2002 à 2006 à la station d'échantillonnage située en aval de la ville. Les diminutions de concentrations sont substantielles et, pour plusieurs substances, statistiquement significatives. Par exemple : 39 % pour les biphényles polychlorés (BPC), 50 % pour les dioxines et furanes chlorés, 67 % pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) du groupe 1 (cancérigènes), de 6,4 % à 90 % pour de nombreux autres HAP, de 43 % à 99 % pour certains composés organiques volatils (COV) ou semi-volatils (COSV), 84 % pour les nonylphénols éthoxylés (NPEO), de 40 % à 85 % pour certains acides gras et de 8,4 % à 67 % pour plusieurs métaux.

Malgré ces baisses de concentration, l'état de la rivière Yamaska Nord en aval de Granby demeure préoccupant sur trois points :

- les contaminants bioaccumulables et persistants que sont les BPC, les dioxines et furanes chlorés et les polybromodiphényléthers (PBDE), à cause de leurs concentrations élevées et de leurs effets potentiels sur la faune terrestre piscivore;
- le phosphore, qui contribue à la forte eutrophisation du cours d'eau;
- le nombre élevé de contaminants détectés, ce qui pourrait avoir des répercussions sur la vie aquatique par l'action combinée de ces substances, même si les concentrations de chacune respectent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Une évaluation à l'aide d'indicateurs biologiques permettrait de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse quant aux effets sur la vie aquatique.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. MÉTHODOLOGIE	2
2. RÉSULTATS	5
2.1 Résultats d'ensemble	5
2.1.1 Comparaisons amont-aval et comparaisons 2002-2006	5
2.1.2 Comparaison des concentrations résiduelles avec les critères de qualité de l'eau	12
2.2 Résultats détaillés	14
2.2.1 BPC	14
2.2.2 Dioxines et furanes chlorés	14
2.2.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques du groupe 1	16
2.2.4 Autres HAP	16
2.2.5 Composés organiques volatils, composés organiques semi-volatils et sous- produits de l'ozonisation	21
2.2.6 Acides gras et acides résiniques	24
2.2.7 Contaminants émergents : nonylphénols éthoxylés et autres surfactants	26
2.2.8 Contaminants émergents : hormones et produits du métabolisme	27
2.2.9 Contaminants émergents : PBDE, composés perfluorés et bisphénol-A	28
2.2.10 Métaux et substances inorganiques	31
CONCLUSION	38
BIBLIOGRAPHIE	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Stations et dates d'échantillonnage	3
Tableau 2	Substances analysées et méthodes d'analyse.....	4
Tableau 3	Critères de qualité de l'eau pour les substances détectées	6
Tableau 4	Différence de concentrations entre les stations en amont et en aval et entre 2002 et 2006 pour les paramètres présentant des valeurs au-dessus des limites de détection.....	9
Tableau 5	Bilan du nombre de substances ou familles de substances analysées, détectées et présentant des changements de concentrations à la station en aval de Granby de 2002 à 2006	12
Tableau 6	Dépassements des critères de qualité de l'eau en 2006.....	13
Tableau 7	Concentrations moyennes des BPC totaux, des BPC planaires, des HAP du groupe 1 et des dioxines et furanes dans l'eau de surface de différents plans d'eau au Québec	15

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Localisation des stations d'échantillonnage.....	3
Figure 2	Concentrations de BPC, de dioxines et furanes, de BPC planaires et de HAP du groupe 1 en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006	8
Figure 3	Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006.....	17
Figure 4	Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006.....	18
Figure 5	Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006.....	19
Figure 6	Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006.....	20
Figure 7	Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006.....	21
Figure 8	Concentrations de composés organiques volatils et semi-volatils en amont et en aval de Granby en 2002 et en 2006	22
Figure 9	Concentrations de phtalates et de sous-produits de l'ozonation en amont et en aval de Granby	23
Figure 10	Concentrations d'acides gras en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006.....	25
Figure 11	Concentrations de surfactants en amont et en aval de Granby	27
Figure 12	Concentrations d'hormones et de produits du métabolisme en amont et en aval de Granby en 2006	29

LISTE DES FIGURES (suite)

Figure 13	Concentrations de PBDE, d'acide perfluorooctanoïque et de bisphénol-A en amont et en aval de Granby en 2006.....	30
Figure 14	Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006	32
Figure 15	Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006	33
Figure 16	Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006	35
Figure 17	Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006	36
Figure 18	Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006	37

INTRODUCTION

Dans le contexte de ses activités de surveillance de l'état des cours d'eau, le ministère de l'Environnement du Québec a réalisé en 1995 une étude détaillée de la rivière Yamaska et de ses principaux tributaires. En plus des échantillonnages de routine portant sur les paramètres courants de la qualité de l'eau, comme l'azote, le phosphore et les bactéries coliformes, cette étude comprenait des relevés supplémentaires pour évaluer l'état des communautés de poissons, l'état des communautés d'organismes benthiques et la contamination du milieu par les substances toxiques (MENVIQ, 1999).

Un des constats de cette étude était que la ville de Granby est une source de substances toxiques pour la rivière Yamaska Nord. Des dispositifs pour mesurer les substances toxiques (mousses aquatiques et cellules à dialyse) avaient été placés dans ce cours d'eau en amont et en aval de Granby et ceux situés en aval avaient accumulé de plus grandes quantités de substances toxiques. Les concentrations mesurées en aval de la ville étaient considérablement plus élevées qu'en amont pour le mercure, le plomb, 16 congénères de biphényles polychlorés (BPC), 8 congénères de dioxines et furanes chlorés, 8 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), 8 composés organiques semi-volatils et un acide gras (Berryman et Nadeau, 1999). De plus, d'autres échantillonnages avaient révélé que les teneurs en BPC dans le poisson pêché en aval de Granby étaient les plus élevées du Québec (Lapierre, 1999).

Devant ce constat, la Direction régionale de la Montérégie du ministère de l'Environnement a décidé d'intervenir auprès des entreprises industrielles de la ville de Granby pour faire diminuer à la source les rejets de substances toxiques. Pour ce faire, la direction régionale a élaboré et mis en œuvre le Plan d'action Granby, qui a mis à contribution l'expertise et des ressources du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), du ministère des Affaires municipales et de la Métropole, du ministère des Régions, d'Environnement Canada et de la Ville de Granby.

Le Plan d'action Granby est décrit en détail dans un rapport produit par la Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie (Rocheleau, 2007). Ce rapport fait notamment état des faits suivants :

- Au départ, on a passé en revue 265 entreprises à l'œuvre sur le territoire de la ville de Granby afin de déterminer celles qui étaient susceptibles de générer des eaux de procédé contenant des substances toxiques. Après analyse, 94 entreprises ont été retenues, couvrant plusieurs secteurs industriels : chimie (13), plastiques (8), métallurgie (33), traitement de surface (9), textiles (12), agroalimentaire (5), imprimerie (5) et autres (10). En 2000, ces entreprises totalisaient 7 245 employés, soit les trois quarts des emplois manufacturiers de la ville. Les rejets de ces entreprises sont acheminés à la station municipale de traitement des eaux usées.
- De 2002 à 2005, le personnel de la direction régionale a visité 66 de ces entreprises pour vérifier si elles se conformaient à la réglementation environnementale et pour faire diminuer à la source les rejets de substances toxiques. Ces 66 entreprises totalisent 90 % des emplois des 94 entreprises de départ, après exclusion d'une entreprise majeure qui a cessé ses activités au début du plan d'action.
- Dix-neuf caractérisations d'effluents ont été réalisées dans le cadre du plan d'action. De plus, une caractérisation de l'eau d'égout d'un quartier strictement résidentiel a permis de consigner de l'information sur la contamination associée à ce type de rejet.
- Une minorité d'entreprises (7 sur 66) se conformaient parfaitement à la réglementation environnementale. Les autres étaient en infraction sur des points de nature administrative ou environnementale. La mise aux normes réalisée dans le cadre du plan d'action a nécessité la délivrance de 29 certificats d'autorisation.

- Des travaux ou mesures correctrices ont été réalisés par 14 usines relativement aux rejets liquides et par 47 entreprises relativement aux matières résiduelles, aux rejets dans l'air ou à des problématiques liées aux sols.
- La très grande majorité des entreprises a réservé un excellent accueil aux représentants du Plan d'action Granby, a montré un intérêt marqué pour la protection de la rivière Yamaska et a fait preuve d'une excellente collaboration.

Le Plan d'action Granby comprenait un volet de suivi et d'évaluation, par des mesures des concentrations de substances toxiques dans la rivière Yamaska Nord au tout début du plan, en 2002, et après que celui-ci eut été achevé, en 2006. Ce rapport présente les résultats de ce suivi d'évaluation.

1. MÉTHODOLOGIE

La rivière Yamaska Nord a été échantillonnée en amont et en aval de Granby. Le site d'échantillonnage en amont était situé dans l'exutoire du lac Boivin, alors que le site en aval se trouvait au pont de la route 139, soit à environ 1,2 km en aval de l'émissaire de la station de traitement des eaux usées de la municipalité (figure 1). Cette station de traitement reçoit les eaux de procédé de toutes les entreprises de Granby qui rejettent de telles eaux.

Les deux stations d'échantillonnage ont été échantillonnées à 4 reprises au début du Plan d'action Granby, en 2002, et de nouveau à 4 reprises après que le plan eut été achevé, en 2006. Les dates d'échantillonnage sont présentées au tableau 1. En 2002, la station en aval était échantillonnée le lendemain de la station en amont, car la filtration des échantillons de grand volume se faisait sur le terrain, ce qui demande du temps et ne permet en général que l'échantillonnage d'une seule station par jour. En 2006, cette filtration a été réalisée au laboratoire, ce qui a permis d'échantillonner les deux stations le même jour.

Le Plan d'action Granby a visé des entreprises de divers secteurs industriels : chimie, imprimerie, métallurgie, textiles, plastiques, traitement de surface, etc. Pour évaluer les effets du plan sur la rivière Yamaska Nord, il était nécessaire d'y mesurer des contaminants normalement associés à ces diverses sources potentielles. Les échantillons d'eau ont donc été analysés pour plusieurs produits et familles de produits, totalisant 523 substances individuelles (tableau 2). Certaines catégories de substances, comme les polybromodiphényles éthers (PBDE) et les composés perfluorés, n'ont été analysées que dans les échantillons de 2006, car la méthode d'analyse n'était pas disponible en 2002.

L'échantillonnage a été réalisé à gué, à partir de la rive. Les bouteilles et contenants avaient été nettoyés, décontaminés et préparés par le laboratoire, selon les caractéristiques propres à chacune des analyses à effectuer. Pour plusieurs paramètres, la bouteille d'échantillonnage était simplement plongée dans la rivière sous la surface de l'eau pour le remplissage. Pour les paramètres nécessitant un agent de conservation, l'échantillon était prélevé avec une bouteille de prélèvement dont le contenu était ensuite transvasé dans la bouteille contenant cet agent.

Pour la mesure des BPC, des BPC planaires, des dioxines et furanes, des HAP et des PBDE, l'eau a été prélevée par échantillonnage à grand volume. Ce type d'échantillonnage consiste à prélever environ 55 litres d'eau dans 3 contenants de 18 litres en acier inoxydable Spartanburg et, par la suite, à concentrer les contaminants contenus dans ce grand volume d'eau dans une petite quantité de solvant organique à l'aide d'un appareil Goulden. L'échantillonnage à grand volume a été effectué selon le protocole établi par Cossa et autres (1996) afin d'éviter la contamination exogène. Ce protocole prévoit notamment le port de gants en polyéthylène et l'utilisation de matériaux en verre, en acier inoxydable, en téflon ou en aluminium, décontaminés spécialement pour la mesure des contaminants organiques en traces. L'eau était pompée directement de la rivière vers les contenants de 18 litres à l'aide d'une pompe péristaltique. Le volume final des extraits était de 0,5 ml.

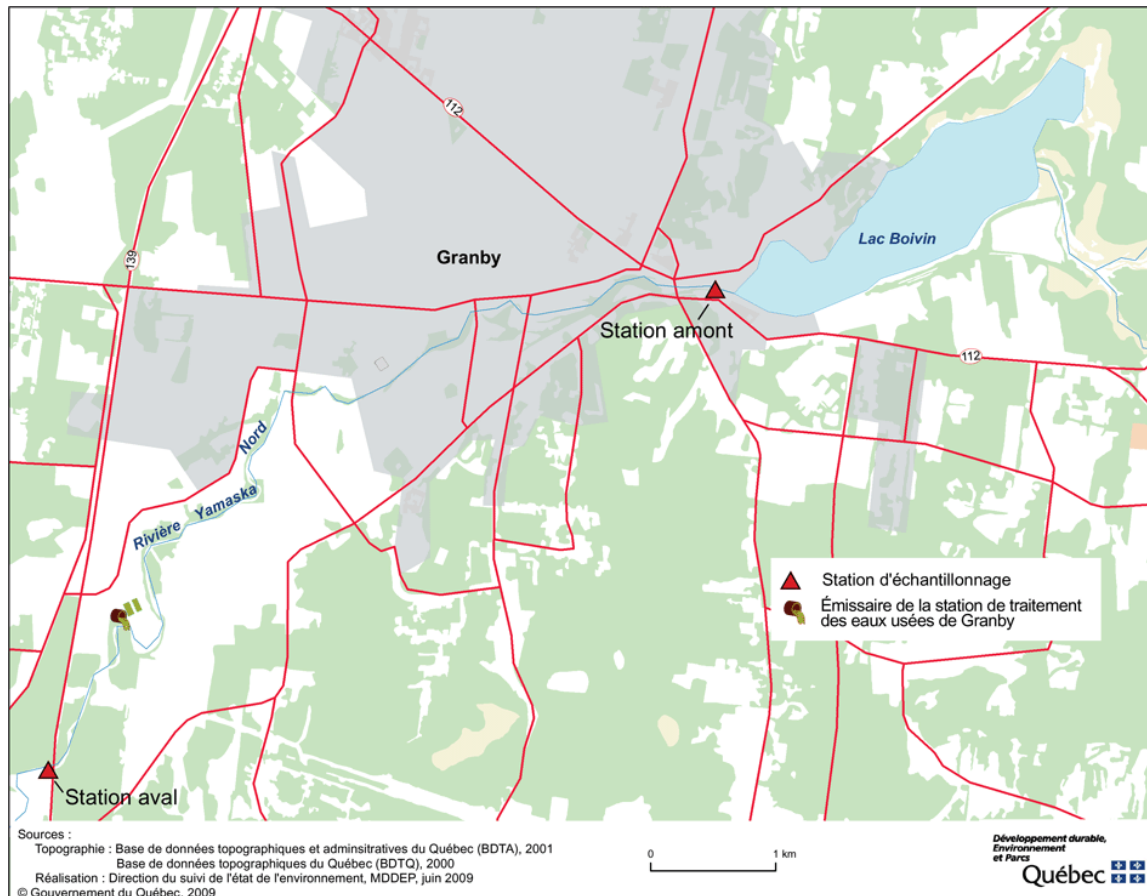


Figure 1 Localisation des stations d'échantillonnage

Tableau 1 Stations et dates d'échantillonnage

Station d'échantillonnage		Date d'échantillonnage		
Position	Site	N° BQMA ¹	Année	Date
Amont	Yamaska Nord au pont de la rue Church, à la sortie du réservoir Boivin, rive gauche	3030051	2002	31 juillet
				28 août
				7 octobre
			2006	28 octobre
				25 juillet
				29 août
				26 septembre
Aval	Yamaska Nord, au pont de la route 139, à environ 1,2 km en aval de l'émissaire de la station de traitement des eaux usées de Granby, rive gauche	03030027	2002	31 octobre
				1 août
				29 août
			2006	8 octobre
				29 octobre
				25 juillet
				29 août
	26 septembre			
	31 octobre			

1. Numéro de la station dans la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique du MDDEP.

Tableau 2 Substances analysées et méthodes d'analyse

Substance ou groupe de substances	Nombre ¹	Année		Méthode d'analyse ²	Limite de détection	
		2002	2006		Valeur ⁴	Unité
Organique						
Biphényles polychlorés (BPC)	194	X	X	MA.400 - BPCHR 1.0	0,1 - 0,7	pg/l
BPC planaires	13	X	X	Non disponible, GC/HRMS	0,1	pg/l
Dioxines et furanes chlorés	17	X	X	MA. 400 - D.F. 1.0	0,01 - 0,03	pg/l
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	48	X	X	MA. 400 - HAP 1.0	0,02 - 0,4 ⁵	ng/l
Composés organiques volatils (COV)	61	X	X	MA. 403 - COV 1.1	0,02 - 0,5	µg/l
Composés organiques semi-volatils (COSV)	66	X	X	MA. 403 - COSV 1.0	0,1 - 0,5	µg/l
Acides gras et résiniques	17	X	X	MA. 414 - Aci-g-r 1.0	15	µg/l
Nonylphénols éthoxylés (NPEO)	19	X	X	MA. 403 - NPEO 1.0	0,005 - 0,1	µg/l
Surfactants anioniques	1	X	X	89.11/404 - L.A.S. 1.1	20	µg/l
Surfactants non ioniques	1		X	MA. 400 - Surf-ni.1.0	30 - 50	µg/l
Polybromodiphényls éthers (PBDE)	25		X	Non disponible, GC/HRMS	1 - 20 ⁶	pg/l
Sous-produits de l'ozonation	10		X	MA. 403 - SP.03 1.1	0,1	µg/l
Séroïdes, nonylphénol et bisphénol-A	13		X	Non disponible, GC/HRMS	0,5 - 4	ng/l
Composés chimiques perfluorés	7		X	Non disponible, LC/MSMS	3 - 6	ng/l
Inorganique						
Métaux	23	X	X	MA. 203 - MET.TRA. 1.0 ³	0,001 - 0,5	µg/l
Ions majeurs (Ca, K, Mg, Na)	4	X	X	203 - MET. 3.1	20 - 30	µg/l
Phosphore	1		X	303 - P 5.0	2	µg/l
Fluorures	1	X	X	MA. 303 - ANIONS 1.0	30	µg/l
Cyanures totaux	1	X	X	300 - CN 1.1	4	µg/l
Sulfures totaux	1	X	X	300 - S 1.1	20 - 30	µg/l
Total	523					

1. Nombre de substances analysées pour chacune des familles de substances en 2006. Le nombre de substances en 2002 peut différer légèrement. Pour l'analyse des BPC, 41 congénères sont étalonnés et quantifiés. Le facteur de réponse moyen de chaque famille de BPC est ensuite utilisé pour estimer la concentration des autres congénères, soit un total de 194 congénères des familles de tri à décachlorobiphényle.

2. Numéro de la méthode d'analyse; la description est disponible à www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/pub_categorie.htm#methodes.

GC/HRMS : chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse à haute résolution.

LC/MSMS : chromatographie en phase liquide couplée à un spectromètre de masse en tandem.

3. Méthode employée en 2006 (ICP-MS). En 2002 : MA. 203 - MET 4.0 (four au graphite) pour Cd, Cu et As et MA. 203 - MET 3.1 (ICP-OES) pour les autres métaux.

4. L'intervalle x - x indique les limites de détection minimale et maximale obtenues pour les différentes substances du groupe et les différents échantillons.

5. Sauf pour le 1-nitropyrene et l'acénaphthène : 1 ou 2 ng/l.

6. Sauf pour les nonaBDE et décaBDE : de 20 à 100 pg/l.

Tous les échantillons d'eau ont été acheminés au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) pour les analyses en laboratoire. Les méthodes employées pour analyser les échantillons ne peuvent être décrites ici à cause du grand nombre de substances et de méthodes en cause. Pour la plupart des substances analysées, les méthodes sont décrites dans des protocoles publiés par le CEAEQ et listés dans le tableau 2.

La comparaison des concentrations mesurées en 2002 et 2006 aux stations situées en amont et en aval a été réalisée par l'examen visuel des graphiques des résultats et, de façon plus formelle, par une analyse de variance à un critère de classification. Cette analyse compare les concentrations obtenues pour les quatre groupes de données : amont 2002, aval 2002, amont 2006 et aval 2006. Lorsque l'analyse détecte au moins une différence statistiquement significative ($P < 0,05$) entre les concentrations des quatre groupes, un test de comparaisons multiples est ensuite effectué pour déterminer les groupes qui diffèrent.

Pour les paramètres dont les données respectaient les hypothèses de base de normalité et d'homogénéité des variances, c'est l'analyse de variance paramétrique qui a été utilisée, suivie du test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keuls (SNK). Pour les paramètres dont les données ne respectaient pas les deux hypothèses de base, c'est le test de Kruskal-Wallis qui a été utilisé pour l'analyse de variance, suivi du test SNK appliqué sur les rangs des valeurs plutôt que sur les valeurs elles-mêmes. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel SigmaStat 3.1 de Systat Software inc.

La comparaison amont-aval des concentrations permet de déterminer si la municipalité de Granby est la source des contaminants en cause. La comparaison 2002-2006 permet d'évaluer les effets du Plan d'action Granby sur le degré de contamination. Pour évaluer l'importance de la contamination résiduelle, les concentrations mesurées sont comparées aux critères de qualité de l'eau du Québec pour la protection de la vie aquatique et pour la protection de la faune terrestre piscivore (MDDEP, 2009). Ces critères, pour les substances détectées dans le contexte de la présente étude, sont listés au tableau 3. Seul le plus bas de ces critères est indiqué dans les graphiques des résultats (figures 2 à 18), lorsque tous les résultats d'analyse sont inférieurs à l'ensemble des critères.

2. RÉSULTATS

2.1 Résultats d'ensemble

2.1.1 Comparaisons amont-aval et comparaisons 2002-2006

Sur les 523 substances analysées dans le contexte de cette étude, 193 ont été détectées dans au moins 1 des 16 échantillons prélevés. Un grand nombre de ces substances présentent le même profil de concentrations, illustré à la figure 2. Ce profil général montre d'abord qu'en 2002 comme en 2006, les concentrations sont plus élevées à la station en aval qu'à la station en amont, ce qui confirme que Granby est une source de contaminants pour la rivière Yamaska Nord.

De plus, à la station en aval, les concentrations ont baissé de 2002 à 2006 alors qu'à la station en amont, il n'y a pas vraiment de différence entre les deux années. Mis à part quelques fermetures d'usines, les diminutions de concentrations de 2002 à 2006 à la station située en aval de Granby peuvent difficilement être attribuées à une autre cause qu'au Plan d'action Granby. Si ces diminutions étaient par exemple dues à un changement dans le bruit de fond régional, à une dilution accrue en raison de débits plus élevés lors des échantillonnages de 2006 ou à un quelconque artefact analytique, on constaterait des diminutions de concentrations aux stations en amont et en aval.

Tableau 3 Critères de qualité de l'eau pour les substances détectées

Substances	CVAA ¹	CVAC ²	CFTP ³
Substances organiques sommées			
BPC totaux (pg/l)			120
BPC planaires (pg/l d'équiv. tox.)			0,0031
Dioxines et furannes totaux (pg/l d'équiv. tox.)			0,0031
Somme des tétra-, penta- et hexaBDE (pg/l)			300 ⁴
Autres HAP			
Acénaphène	100	38	
Fluoranthène	14	1,6	
Fluorène	110	12	
Naphtalène	100	11	
Phénanthrène	4,7	1,4	
Carbazole	36	4	
Composés organiques volatils ou semi-volatils			
Trichlorométhane	5700	630	
Toluène	1300	2,0	
p,m-xylène	370	41	
Tétrachloroéthylène	1400	110	
1,3-dichlorobenzène	100	150	
1,4-dichlorobenzène	100	26	
Phénol	3400	450	
Formaldéhyde	1000	120	
Acétaldéhyde	1200	130	
Diéthylphtalate	980	110	
Di-n-butylphtalate	38	19	
Bis(2-éthylhexyl)phtalate	290	16	
Surfactants			
4-tert-octylphénol	4,5	0,2	
Nonylphénol	29	6	
Nonylphénols éthoxylés et carboxylés totaux	280	12	
Surfactants anioniques		40	
Métaux			
Aluminium	750		
Antimoine	1100	240	
Argent	0,68	0,1	
Arsenic	340	150	

1. Critère pour la protection de la vie aquatique aigu.
2. Critère pour la protection de la vie aquatique chronique.
3. Critère pour la protection de la faune terrestre piscivore.

Source : MDDEP, 2009 sauf 4 : Berryman et autres, 2009. Les critères sont en µg/l, sauf lorsque c'est indiqué autrement dans la première colonne.

Tableau 3 Critères de qualité de l'eau pour les substances détectées (suite)

Substance	CVAA¹	CVAC²	CFTP³
Baryum	637	223	
Béryllium	4,4	0,48	
Bore	28000	5000	
Brome	2,4	0,27	
Cadmium	1,1	0,17	
Calcium		8000	
Chrome III	1075	51	
Chrome VI	16	11	
Cobalt	370	100	
Cuivre	7,7	5,4	
Fer	3400	1300	
Manganèse	2400	1100	
Mercuré	1,6	0,91	0,0013
Molybdène	29000	3200	
Nickel	275	31	
Plomb	36	1,4	
Sélénium	62	5	
Strontium	40000	21000	
Uranium	320	14	
Vanadium	110	12	
Zinc	70	70	
Autres			
Bisphénol-A	180	20	
Cyanures libres	22	5	
Fluorures	4000	200	
Phosphore		30	

1. Critère pour la protection de la vie aquatique aigu.
2. Critère pour la protection de la vie aquatique chronique.
3. Critère pour la protection de la faune terrestre piscivore.

Source : MDDEP, 2009 sauf 4 : Berryman et autres, 2009. Les critères sont en µg/l, sauf lorsque c'est indiqué autrement dans la première colonne.

Le profil général de concentrations de la figure 2 est confirmé dans les nombreuses figures présentées plus loin dans l'analyse détaillée des résultats. Il est également confirmé par le tableau 4, qui présente, pour toutes les substances détectées, les différences amont-aval de concentrations ainsi que les différences entre les années 2002 et 2006.

La deuxième colonne du tableau 4 présente les différences amont-aval en 2002. Ces différences sont souvent supérieures à 100 % et plusieurs sont statistiquement significatives. Ces résultats signifient qu'en 2002, les concentrations à la station en aval étaient, pour la plupart des paramètres, nettement plus élevées qu'à la station en amont.

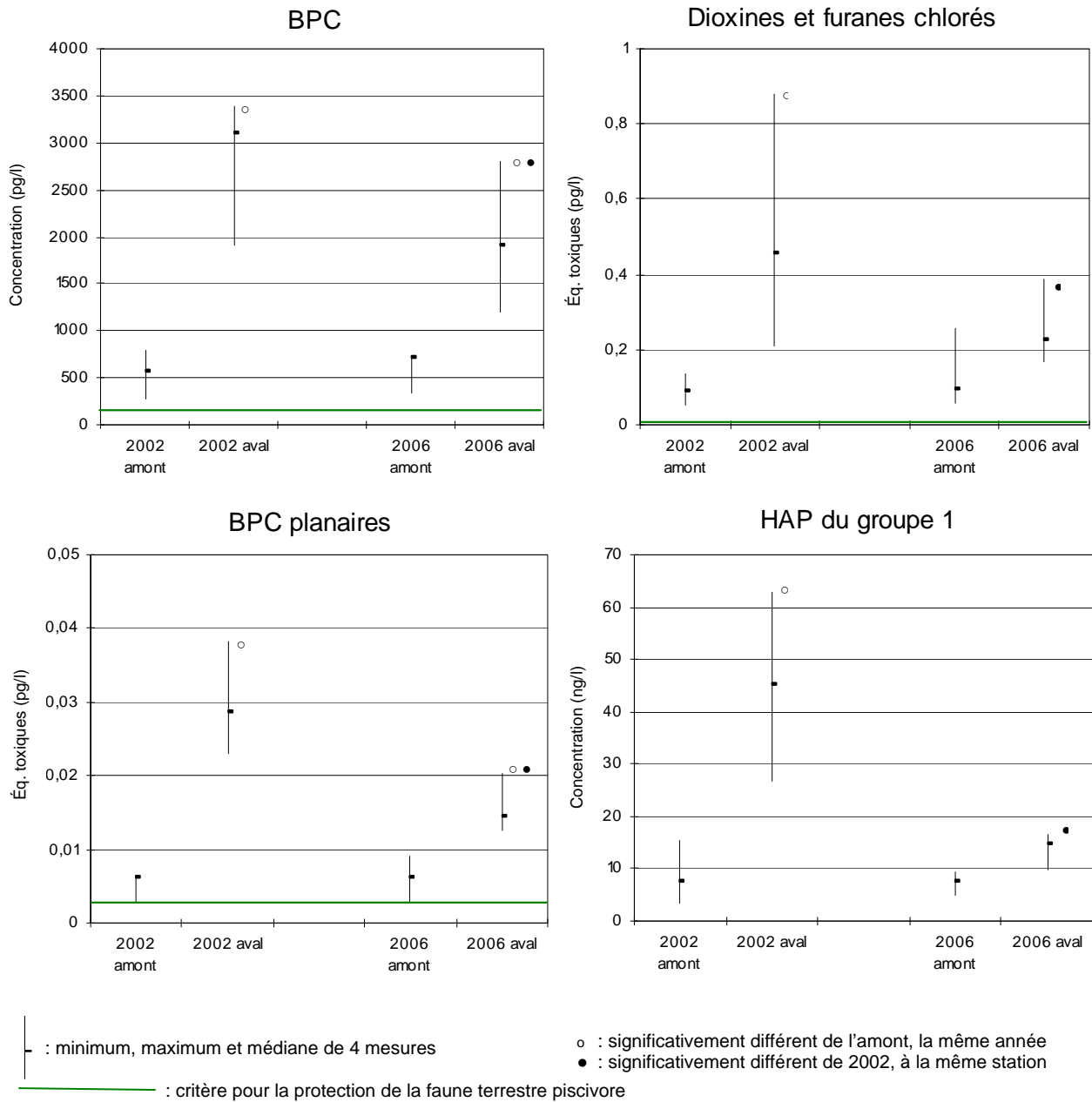


Figure 2 Concentrations de BPC, de dioxines et furanes, de BPC planaires et de HAP du groupe 1 en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

Tableau 4 Différence de concentrations entre les stations en amont et en aval et entre 2002 et 2006 pour les paramètres présentant des valeurs au-dessus des limites de détection

Paramètre	Différence amont-aval		Différence 2002-2006	
	2002 (%)	2006 (%)	Amont (%)	Aval (%)
BPC, dioxines et furannes chlorés				
BPC totaux (concentrations)	<u>454</u>	<u>166</u>	28	<u>-39</u>
BPC totaux (nombre de congénères)	<u>29</u>	<u>18</u>	-2,2	<u>-11</u>
BPC planaires	<u>360</u>	<u>135</u>	-1,6	<u>-50</u>
Dioxines et furanes totaux (équivalents toxiques)	<u>399</u>	145	1,1	<u>-50</u>
Dioxines et furanes totaux (nombre de congénères)	<u>86</u>	12	<u>49</u>	-11
HAP du groupe 1				
Benzo(a)anthracène	<u>654</u>	130	17	<u>-64</u>
Chrysène	<u>519</u>	139	-15	<u>-67</u>
Benzo(b)fluoranthène (1)	<u>472</u>	92	-22	<u>-74</u>
Benzo(j+k)fluoranthène	<u>508</u>	96	-6,3	<u>-70</u>
Benzo(a)pyrène	<u>556</u>	101	7,2	<u>-67</u>
Indéno-1,2,3(c,d)pyrène	<u>344</u>	67	11	<u>-58</u>
Dibenzo(a,c)+(a,h)anthracène	<u>404</u>	48	100	<u>-41</u>
Dibenzo(a,l)pyrène	<u>465</u>	140	-46	<u>-77</u>
Dibenzo(a,e)pyrène	<u>652</u>	88	48	<u>-63</u>
Autres HAP				
Naphtalène	-37	51	-77	-44
2-méthylnaphtalène	30	-24	-32	-60
1-méthylnaphtalène	31	32	5,6	6,4
1-3-diméthylnaphtalène	71	0	-77	-87
Acénaphène	200	38	-13	-60
2,3,5-triméthylnaphtalène	318	162	0	-37
Fluorène	33	80	-52	-36
Phénanthrène	103	79	-16	-26
Anthracène	<u>559</u>	36	110	-57
Carbazole	173	78	-40	-61
Fluoranthène	<u>233</u>	137	-39	<u>-57</u>
Pyrène	<u>333</u>	165	-36	<u>-61</u>
2-méthylfluoranthène	206	121	-2,9	-30
Benzo(c)phénanthrène	<u>545</u>	25	38	<u>-73</u>
Benzo(c)acridine	4420	88	*	-72
2-méthylchrysène	<u>500</u>	<u>217</u>	-40	<u>-68</u>
3-méthylchrysène	<u>159</u>	20	-79	<u>-90</u>
4+ 6-méthylchrysène	<u>1210</u>	72	*	<u>46</u>
Benzo(e)pyrène	<u>467</u>	<u>70</u>	30	<u>-61</u>
Pérylène	-30	-79	59	-52
Dibenzo(a,j)anthracène	<u>450</u>	66	27	<u>-62</u>

Tableau 4 Différence de concentrations entre les stations en amont et en aval et entre 2002 et 2006 pour les paramètres présentant des valeurs au-dessus des limites de détection (suite)

Paramètre	Différence amont-aval		Différence 2002-2006	
	2002 (%)	2006 (%)	Amont (%)	Aval (%)
Benzo(g,h,i)pérylène	<u>400</u>	<u>100</u>	13	-55
Anthanthrène	<u>723</u>	47	*	-81
Dibenzo(a,e)fluoranthène	<u>418</u>	<u>82</u>	<u>96</u>	-49
Coronène	<u>264</u>	<u>24</u>	22	-58
Composés organiques volatils ou semi-volatils				
Cis-1,2-dichloroéthylène	0	0	0	0
Trichlorométhane	<u>4570</u>	<u>433</u>	400	-43
Bromodichlorométhane	375	150	0	-47
Toluène	350	0	0	-78
Tétrachloroéthylène	350	0	0	-78
p,m-xylène	0	0	0	0
1,3-dichlorobenzène	0	0	0	0
1,4-dichlorobenzène	150	0	0	-60
Phénol	6,7	0	-83	-84
Diéthylphtalate	-47	0	-92	-85
Di-n-butylphtalate	1750	0	50	-92
Bis(2-éthylhexyl)phtalate	75	0	-98	-99
Di-n-octylphtalate	0	0	0	0
Surfactants				
4-ter-octylphénol	—	<u>273</u>	—	—
Nonylphénol	—	7,6	—	—
NPEO+NPEC	<u>7480</u>	<u>7500</u>	-84	-84
Surfactants anioniques	25	0	0	-20
Acides gras et résiniques				
Acide palmitoléique	150	0	0	-60
Acide palmitique	143	-71	25	-85
Acide linoléique	70	0	0	-41
Acide linoléique	-33	0	-60	-40
Acide oléique	0	0	0	0
Autres composés organiques				
PBDE totaux	—	<u>865</u>	—	—
Formaldéhyde	—	-30	—	—
Acétaldéhyde	—	57	—	—
Bisphénol a	—	141	—	—
Estrone	—	0	—	—
Estradiol-17b	—	0	—	—
Coprostan	—	0	—	—
Coprostan-3-ol	—	<u>1485</u>	—	—

Tableau 4 Différence de concentrations entre les stations en amont et en aval et entre 2002 et 2006 pour les paramètres présentant des valeurs au-dessus des limites de détection (suite)

Paramètre	Différence amont-aval		Différence 2002-2006	
	2002 (%)	2006 (%)	Amont (%)	Aval (%)
Coprostan-3-one	—	<u>1200</u>	—	—
Cholestérol	—	<u>80</u>	—	—
PFOA	—	700	—	—
PFOS	—	0	—	—
PFDS	—	0	—	—
Métaux et composés inorganiques				
Aluminium	100	29	15	-25
Arsenic	25	13	0	-10
Calcium	<u>42</u>	<u>52</u>	-6,8	0
Cadmium	<u>521</u>	<u>70</u>	21	<u>-67</u>
Chrome	90	74	0	-8,4
Cuivre	<u>389</u>	<u>79</u>	<u>47</u>	-46
Fer	-16	-26	-38	-45
Potassium	<u>129</u>	<u>114</u>	-14	-19
Magnésium	<u>32</u>	<u>32</u>	-11	<u>-11</u>
Sodium	<u>284</u>	<u>246</u>	<u>-26</u>	<u>-34</u>
Nickel	<u>68</u>	3,3	36	-16
Zinc	<u>1350</u>	<u>345</u>	45	-56
Mercure 2002	21	—	—	—
Mercure 2006	—	0	—	—
Plomb	—	40	—	—
Argent	—	<u>1100</u>	—	—
Bore	—	<u>93</u>	—	—
Baryum	—	10	—	—
Béryllium	—	21	—	—
Cobalt	—	10	—	—
Manganèse	—	-38	—	—
Molybdène	—	<u>164</u>	—	—
Antimoine	—	<u>222</u>	—	—
Strontium	—	<u>38</u>	—	—
Uranium	—	<u>55</u>	—	—
Vanadium	—	15	—	—
Cyanures	267	0	0	-73
Fluorures	<u>107</u>	75	-47	<u>-55</u>
Sulfates	0	0	0	0
Phosphore	—	67	—	—

123 : les différences soulignées sont statistiquement significatives ($\alpha \leq 0,05$) selon l'analyse de variance et le test de comparaisons multiples.

* : la comparaison est impossible en raison d'un changement de limite de détection de 2002 à 2006.

— : il n'y pas de résultat, car la substance n'a été analysée qu'en 2006.

En 2006, les différences amont-aval (troisième colonne du tableau 4) sont encore généralement positives, indiquant que les concentrations à la station en aval sont toujours plus élevées qu'à la station en amont. Cependant, les différences sont généralement moins fortes qu'en 2002 (deuxième colonne) et il n'y a plus que quelques paramètres pour lesquels elles sont statistiquement significatives.

De 2002 à 2006, il n'y a pas eu beaucoup de changements importants des concentrations à la station en amont. Comme le montre la quatrième colonne du tableau 4, les différences sont plutôt faibles, il y a des augmentations et des diminutions de concentrations (valeurs positives et valeurs négatives) et peu de ces changements sont statistiquement significatifs.

À l'inverse, à la station en aval, on constate une diminution quasi systématique des concentrations de 2002 à 2006 : dans la cinquième colonne du tableau 4, un grand nombre de substances ou de familles de substances présentent une valeur négative, et plusieurs de ces diminutions sont statistiquement significatives.

Le bilan du tableau 5 montre que sur 73 substances ou familles de substances détectées en 2002 et en 2006, il y a une diminution de concentration à la station en aval pour 64 de ces substances. Dans 27 de ces cas, la diminution est statistiquement significative. Seulement deux substances présentent des hausses de concentration, qui ne sont pas statistiquement significatives, et sept substances ne présentent pas de changement de concentration.

Pour quelques substances, le pourcentage de diminution des concentrations de 2002 à 2006 est aussi ou plus important à la station en amont (quatrième colonne) qu'à la station en aval (cinquième colonne). Dans la plupart de ces cas cependant, la concentration à la station en amont était plus basse qu'à la station en aval et, en valeurs absolues, la baisse à la station en amont est de moindre ampleur et ne peut expliquer toute la baisse à la station en aval. Les rares cas où la baisse de concentrations à la station en aval est expliquée par une baisse à la station en amont sont signalés plus loin dans les résultats détaillés.

Tableau 5 Bilan du nombre de substances ou familles de substances analysées, détectées et présentant des changements de concentrations à la station en aval de Granby de 2002 à 2006

	Nombre
Analysées*	239
Détectées	103
Détectées en 2002 et 2006	73
Présentant une baisse de concentrations à la station en aval de 2002 à 2006	64
Présentant une baisse de concentrations statistiquement significative à la station en aval de 2002 à 2006	27
Ne présentant pas de changement de concentration à la station en aval de 2002 à 2006	7
Présentant une hausse de concentrations à la station en aval de 2002 à 2006	2
Présentant une hausse de concentrations statistiquement significative à la station en aval de 2002 à 2006	0

* Les BPC, les BPC planaires, les dioxines et furanes chlorés, les nonylphénols éthoxylés et les PBDE sont comptés comme des familles de substances. En comptant individuellement les substances de ces familles, le nombre de substances analysées est de 523.

2.1.2 Comparaison des concentrations résiduelles avec les critères de qualité de l'eau

Plusieurs des substances analysées étaient toujours détectées dans la rivière Yamaska Nord en 2006 après que le Plan d'action Granby eut été achevé. Cependant, peu de substances étaient en concentrations suffisantes pour dépasser les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique et ceux pour la protection de la faune terrestre piscivore. Ces cas sont listés dans le tableau 6.

Le tableau 6 montre d'abord que la contamination résiduelle est préoccupante en ce qui a trait aux contaminants persistants et bioaccumulables que sont les BPC, les BPC planaires, les dioxines et furannes chlorés et les PBDE. Les concentrations de ces substances dépassent de beaucoup les critères de qualité de l'eau pour la protection de la faune terrestre piscivore. Ces dépassements de critères signifient que les oiseaux et les mammifères qui se nourrissent de poissons dans la rivière Yamaska Nord pourraient être exposés, par bioaccumulation dans la chaîne alimentaire, à des quantités excessives de ces contaminants. Sauf pour les PBDE, les concentrations de ces produits dépassent les critères à la station en amont et l'apport de Granby fait augmenter les concentrations et l'ampleur des dépassements de critères à la station en aval.

Le tableau 6 montre aussi des dépassements du critère chronique pour la protection de la vie aquatique pour les nonylphénols éthoxylés et les surfactants anioniques. Ces dépassements sont toutefois plutôt mineurs. Dans le cas des surfactants anioniques, le dépassement est d'amplitude relativement faible (1,5) et est le même aux stations en amont et en aval. Pour ce qui est des nonylphénols éthoxylés, il n'y a, à la station en amont comme à la station en aval, qu'un échantillon qui dépasse le critère, et la médiane est inférieure au critère. De fait, des effets sur les organismes aquatiques peuvent être appréhendés, non seulement en raison de ces seuls dépassements de critère, mais aussi à cause de la multiplicité des substances détectées, dont les concentrations augmentent en aval de Granby. Même si toutes ces substances respectaient leur critère respectif pour la protection de la vie aquatique, leurs effets combinés pourraient avoir des répercussions sur la vie aquatique.

La situation est également problématique en ce qui a trait au phosphore et à l'eutrophisation. Presque tous les échantillons d'eau prélevés en 2006 dépassaient 100 µg/l de phosphore, alors que le critère pour éviter l'eutrophisation est 30 µg/l. La concentration médiane est quatre fois supérieure au critère à la station en amont et cinq fois supérieure à la station en aval (tableau 6). Les conséquences de l'enrichissement excessif de la rivière Yamaska Nord en nutriments sont bien connues et visibles, notamment lors de la prolifération d'algues bleu-vert.

Tableau 6 Dépassements des critères de qualité de l'eau en 2006

Substance	Critère ¹	Station	Dépassement ²
BPC	CFTP	Amont	6
		Aval	16
BPC planaires	CFTP	Amont	2
		Aval	5
Dioxines et furanes chlorés	CFTP	Amont	29
		Aval	73
PBDE	CFTP	Amont	< 1
		Aval	3
Surfactants anioniques	CVAC	Amont	1,5
		Aval	1,5
Nonylphénols éthoxylés	CVAC	Amont	< 1
		Aval	< 1
Phosphore	CVAC	Amont	4
		Aval	5

1. CFTP signifie « critère pour la protection de la faune terrestre piscivore » et CVAC veut dire « critère pour la protection de la vie aquatique chronique ».
2. Il s'agit du facteur de dépassement. Par exemple, une valeur de 2 signifie que la médiane est deux fois plus élevée que le critère. La mention < 1 signifie que la médiane est inférieure au critère, mais que certaines valeurs individuelles peuvent dépasser le critère.

2.2 Résultats détaillés

2.2.1 BPC

Les BPC sont des produits chimiques dont la fabrication est bannie depuis de nombreuses années mais, à cause de leur persistance, ils sont présents et recyclés dans l'environnement. De plus, la présence de BPC dans les lieux d'enfouissement et dans des produits finis comme la peinture et le ciment font que les agglomérations urbaines sont encore des sources de ces substances pour le milieu environnant (Jartun et autres, 2009).

La concentration médiane de BPC à la station en aval est passée de 3 100 pg/l en 2002 à 1 900 pg/l en 2006 (figure 2); cette baisse de 39 % est statistiquement significative. Au cours de la même période, les concentrations à la station en amont sont passées de 560 à 715 pg/l. Cette hausse de 28 % n'est pas statistiquement significative. Malgré la baisse de ses apports, l'agglomération de Granby demeure une source de BPC pour la rivière Yamaska Nord, puisque les concentrations à la station en aval en 2006 demeurent 2,7 fois plus élevées qu'à la station en amont.

Les concentrations à la station en amont de la rivière Yamaska Nord, qui pour les deux années d'échantillonnage ont varié entre 280 et 800 pg/l, se trouvent dans le haut de la gamme de concentrations généralement mesurées au Québec, soit de 24 à 551 pg/l (tableau 7). Même si elles ont diminué par rapport à 2002, les concentrations à la station en aval en 2006 (de 1 200 à 2 800 pg/l) demeurent nettement plus élevées que celles que l'on trouve généralement ailleurs au Québec. Dans la rivière Yamaska Nord comme dans la majorité des cours d'eau listés dans le tableau 7, les concentrations de BPC sont plus élevées que le critère de qualité de l'eau pour la protection de la faune terrestre piscivore (120 pg/l).

Les BPC planaires présentent des résultats analogues à ceux des autres BPC : une nette diminution des concentrations de 2002 à 2006 à la station en aval (50 %), alors qu'à la station en amont, les teneurs sont restées inchangées (figure 2). À la station en amont, les concentrations de 0,0029 à 0,009 pg/l en équivalents toxiques de 2,3,7,8-TCDD couvrent la gamme de concentrations que l'on trouve généralement dans les cours d'eau du Québec selon le tableau 7 (de 0,001 à 0,009 pg/l), alors que les concentrations à la station en aval en 2006 (de 0,0127 à 0,0240 pg/l) sont plus élevées que cette gamme de concentrations.

En 2002 comme en 2006, les concentrations de BPC planaires à la station en amont dépassent le critère de qualité de l'eau pour la protection de la faune terrestre piscivore (figure 2).

2.2.2 Dioxines et furanes chlorés

De 2002 à 2006, les concentrations de dioxines et furanes chlorés en aval de Granby ont diminué de 50 %, les médianes passant de 0,46 à 0,23 pg/l en équivalents toxiques de 2,3,7,8-TCDD. Au cours de la même période, à la station en amont, les concentrations sont demeurées les mêmes à environ 0,09 pg/l (figure 2). La diminution des concentrations à la station en aval est statistiquement significative et les teneurs ne sont plus significativement différentes de celles à la station en amont.

Avec des teneurs de 0,053 à 0,258 pg/l, les concentrations à la station en amont sont plus élevées que celles que l'on trouve généralement au Québec, qui se situent entre 0,004 et 0,066 pg/l, sauf dans les rivières Yamaska et Richelieu, où elles se situent aux environs de 0,1 pg/l (tableau 7). En comparaison, les concentrations de 0,17 à 0,39 pg/l qui ont été mesurées en 2006 en aval de Granby demeurent donc relativement élevées.

Pour tous les échantillons prélevés dans le cadre de ce projet, les concentrations dépassent le critère pour la protection de la faune terrestre piscivore (0,0031 pg/l). Les données du tableau 7 montrent que c'est le cas également pour plusieurs autres cours d'eau du Québec méridional.

Tableau 7 Concentrations moyennes des BPC totaux, des BPC planaires, des HAP du groupe 1 et des dioxines et furanes dans l'eau de surface de différents plans d'eau au Québec

Plans d'eau	Année	N ^{bre}	BPC totaux (pg/l)	N ^{bre}	BPC planaires (équivalents toxiques) (pg/l)	N ^{bre}	HAP groupe 1 (ng/l)	N ^{bre}	Dioxines et furanes (équivalents toxiques) (pg/l)	Source
Chicoutimi amont ¹	1997-1999	8	126			9	4,6 ⁴	9	0,042	7
Chicoutimi (Chicoutimi) ¹	1998-1999	8	139			8	2,2 ⁴	8	0,020	7
Chicoutimi aval ¹	1997-1998	5	109			6	5,4 ⁴	6	0,015	7
Aux Sables aval ¹	1997-1999	8	173			8	5,5 ⁴	4	0,008	7
À Mars amont ¹	1998-1999	6	100			8	0,8 ⁴	8	0,002	7
À Mars prise d'eau ¹	1998-1999	6	222			8	1,5 ⁴	8	0,009	7
À Mars aval ¹	1997-1998	8	214			10	7,3 ⁴	10	0,018	7
Ha! Ha! amont ¹	1998	4	90			4	1,1 ⁴	4	0,003	7
Ha! Ha! aval ¹	1997-1999	8	200			10	3,0 ⁴	10	0,026	7
Saguenay amont ¹	1999	4	24			4	4,8 ⁴	4	0,003	7
Saguenay aval ¹	1999	4	65			4	8,0 ⁴	4	0,006	7
Saint-Charles (Québec) ¹	2000-2001	4	331	4	0,004	4	3,84	4	0,044	8
De la Perdrix (Montmagny) ¹	2000-2001	6	154	6	0,0001	6	0,50	6	0,005	8
Chaudière (Charny) ¹	2001-2002	4	260	4	0,002	4	1,17	4	0,017	8
Saint-François (Drummondville) ¹	2002	4	361	4	0,003	4	4,40	4	0,032	8
Jacques-Cartier (Donnacona) ¹	2002-2003	8	241	8	0,001	8	2,80	8	0,066	8
Saint-Maurice (Trois-Rivières) ¹	2003	4	237	4	0,001	4	4,45	4	0,031	8
Fleuve Saint-Laurent (Montréal) ¹	2002	1	415	1	0,002	1	1,65	1	0,014	8
Fleuve Saint-Laurent (Montréal) ¹	2004	1	400	1	0,002	1	1,07	1	0,003	8
Nicolet (Nicolet) ¹	2003-2004	4	167	4	0,001	4	1,29	4	0,009	8
Yamaska (Saint-Hyacinthe) ¹	1997-2001	18	539			11	6,07	15	0,111	8
Yamaska (Saint-Hyacinthe) ²	2001-2003	26	551	10	0,006	26	9,65	26	0,140	9
Richelieu (Tracy) ²	2001-2003	22	461	11	0,009	22	7,19	22	0,149	9
Tomifobia amont d'Ayer's Cliff ¹	2001-2003	2	195					2	0,014	10
Fleuve Saint-Laurent (Cornwall) ¹	1995-1996	18	93 ³			18	0,84 ⁵	21	0,009 ⁶	11
Fleuve Saint-Laurent (Carillon) ¹	1995-1996	18	238 ³			18	2,15 ⁵	4	0,016 ⁶	11
Fleuve Saint-Laurent (Québec) ¹	1995-1996	18	417 ³			16	4,29 ⁵	19	0,032 ⁶	11

1. Concentrations mesurées selon la méthode Goulden.

2. Concentrations mesurées selon la méthode ECSOTE.

3. Somme de 21 BPC : n^{os} 18, 31, 40, 44, 49, 52, 54, 60, 77, 101, 105, 118, 126, 128, 138, 153, 169, 170, 180, 183 et 194.

4. Somme de 8 HAP du groupe 1 : benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, indéno(c,d)pyrène et dibenzo(a,h)anthracène.

5. Somme de 7 HAP du groupe 1 : benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène et indéno[1,2,3-c,d]pyrène.

6. Concentration particulaire seulement, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, données non publiées.

7. Bleau, 2002.

8. MDDEP, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Service des avis et des expertises (Sylvie Cloutier), données non publiées.

9. Laliberté et Mercier, 2006.

10. Muyldermans *et al.*, 2002 et données non publiées 2003.

11. Cossa *et al.*, 1998.

Source : Laliberté et Mercier, 2006.

2.2.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques du groupe 1

En 2002, Granby était une source importante de HAP du groupe 1 pour la rivière Yamaska Nord, puisque les concentrations en aval de la ville pour la somme de ces substances (médiane de 45,2 ng/l) étaient 6 fois plus élevées qu'en amont (7,5 ng/l) (figure 2).

Entre 2002 et 2006, une diminution de 67 % des concentrations à la station en aval a entraîné une baisse de la médiane à 14,7 ng/l. Il y a eu une diminution de concentrations statistiquement significative pour tous les HAP du groupe 1; les baisses pour les 9 substances individuelles varient de 41 à 77 % (tableau 4).

Pour le total des HAP du groupe 1, les teneurs à la station en aval en 2006 (de 9,9 à 16,7 ng/l) sont toutefois demeurées un peu plus élevées que celles des autres cours d'eau du Québec méridional, où les médianes varient entre 0,5 et 9,7 ng/l (tableau 7).

2.2.4 Autres HAP

Les figures 3 à 7 présentent les résultats d'analyse pour les HAP qui ne font pas partie du groupe 1.

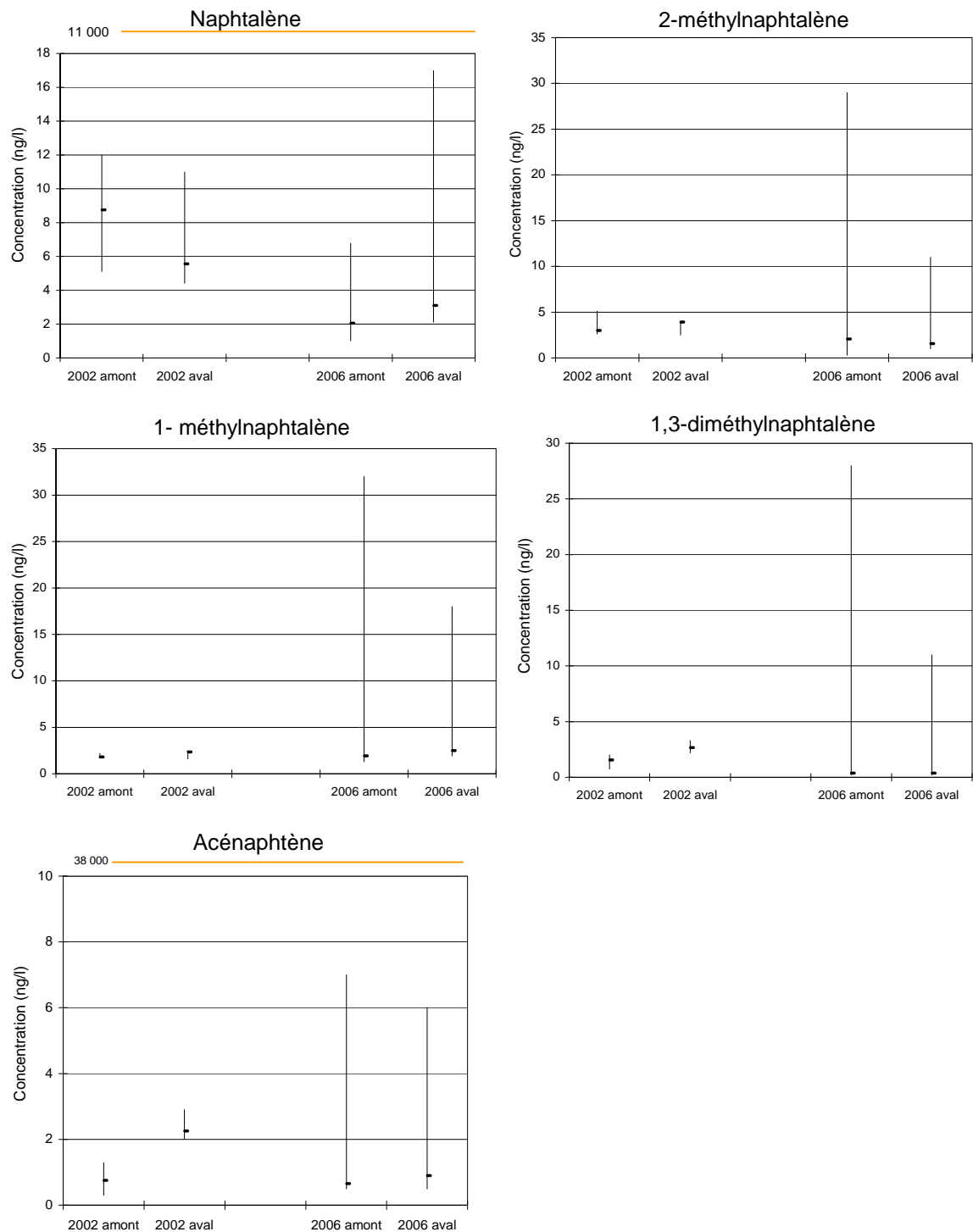
L'agglomération de Granby ne semble pas être une source de HAP de plus faible poids moléculaire pour la rivière Yamaska Nord. En effet, pour le naphthalène, le 1- et le 2-méthyl-naphthalène, et le 1,3-diméthyl-naphthalène, on ne constate pas d'augmentation des concentrations de la station en amont à la station en aval, et ce, tant en 2002 qu'en 2006 (figure 3). Les résultats pour l'acénaphthylène ne sont pas concluants et n'ont pas été présentés sous forme de graphique, car une augmentation de la limite de détection de 2002 à 2006 fait qu'il est impossible de comparer les résultats des deux années.

Les HAP suivants, soit l'acénaphthène (figure 3), le 2-3-5-triméthyl-naphthalène, le fluorène et le phénanthrène (figure 4), présentent un certain retour au profil général de concentrations décrit plus haut, avec des concentrations qui apparaissent un peu plus élevées à la station en aval qu'à la station en amont et un peu plus faibles en 2006 qu'en 2002 à la station en aval. Pour ces paramètres cependant, les quatre médianes sont de même grandeur et il n'y a pas de différences statistiquement significatives.

L'anthracène (figure 4) marque un retour plus net au profil général de concentrations et ce profil est bien présent pour tous les autres HAP, sauf le pérylène (figures 4 à 7). Pour 14 de ces 17 substances, les concentrations en 2002 étaient significativement plus élevées à la station en aval qu'à la station en amont. Selon les substances cependant, les concentrations à la station en aval ont diminué de 30 à 90 % entre 2002 et 2006 et, dans 11 cas sur 17, ces diminutions sont statistiquement significatives. Pour le benzo(c)acridine, le 4+6-méthylchrysène et l'anthanthrène, la hausse apparente des concentrations à la station en amont est un artefact dû à une augmentation de la limite de détection de 2002 à 2006.

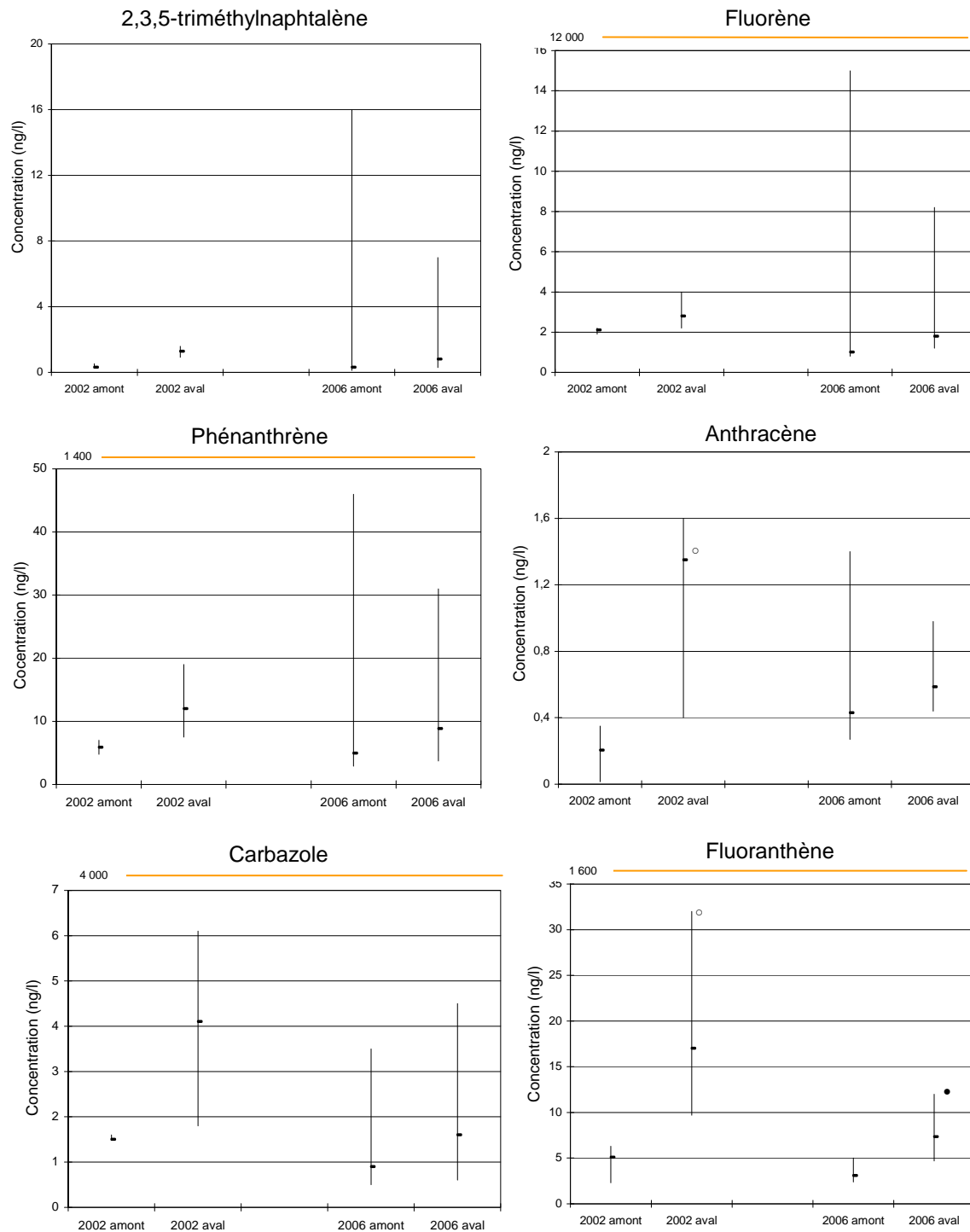
Parmi les 26 HAP qui ne sont pas du groupe 1, seulement 6 ont des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique : le naphthalène, l'acénaphthène, le fluorène, le phénanthrène, le carbazole et le fluoranthène. Aucun échantillon d'eau n'a dépassé ou même approché les critères pour ces substances (figures 3 et 4).

Il est à signaler qu'en 2002, il y avait 23 HAP différents (y compris les 9 du groupe 1) qui présentaient des concentrations significativement plus élevées à la station en aval qu'à la station en amont. En 2006, il n'y avait plus que 5 HAP dans cette situation.



: minimum, maximum et médiane de 4 mesures
 : significativement différent de l'amont, la même année
 : significativement différent de 2002, à la même station
 : critère chronique pour la protection de la vie aquatique

Figure 3 Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006



— : minimum, maximum et médiane de 4 mesures

○ : significativement différent de l'amont, la même année

● : significativement différent de 2002, à la même station

— : critère chronique pour la protection de la vie aquatique

Figure 4 Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

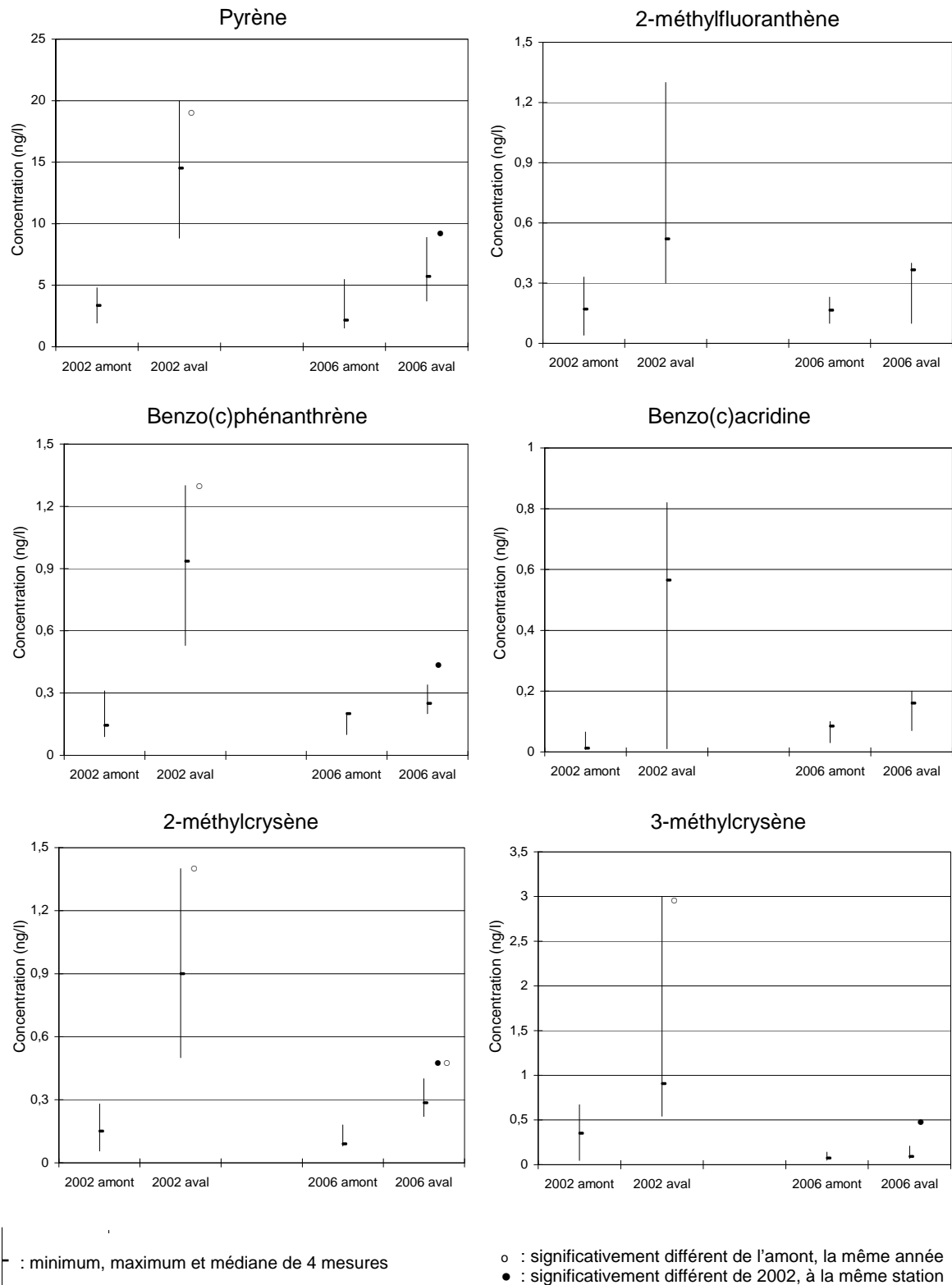


Figure 5 Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

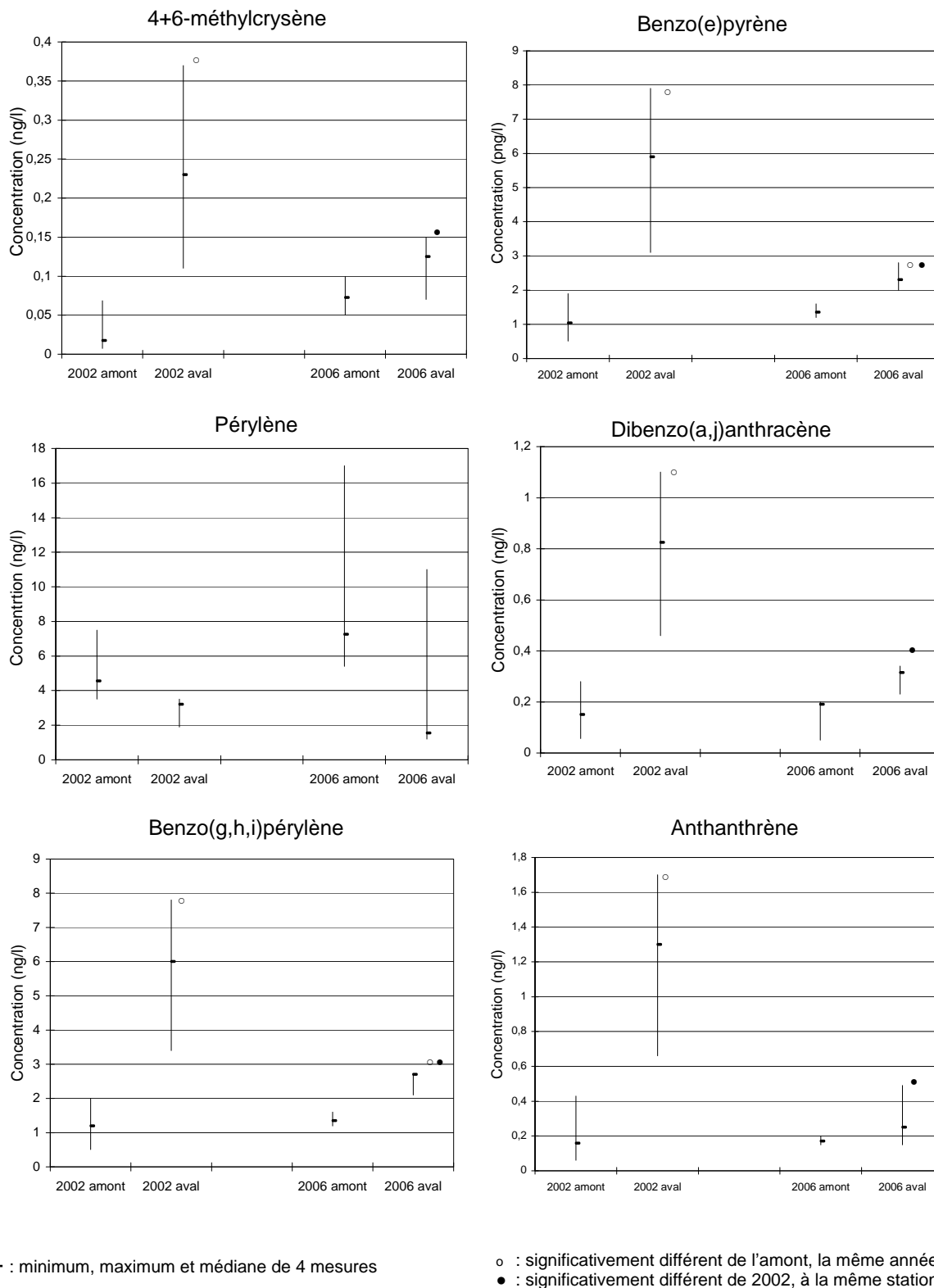


Figure 6 Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

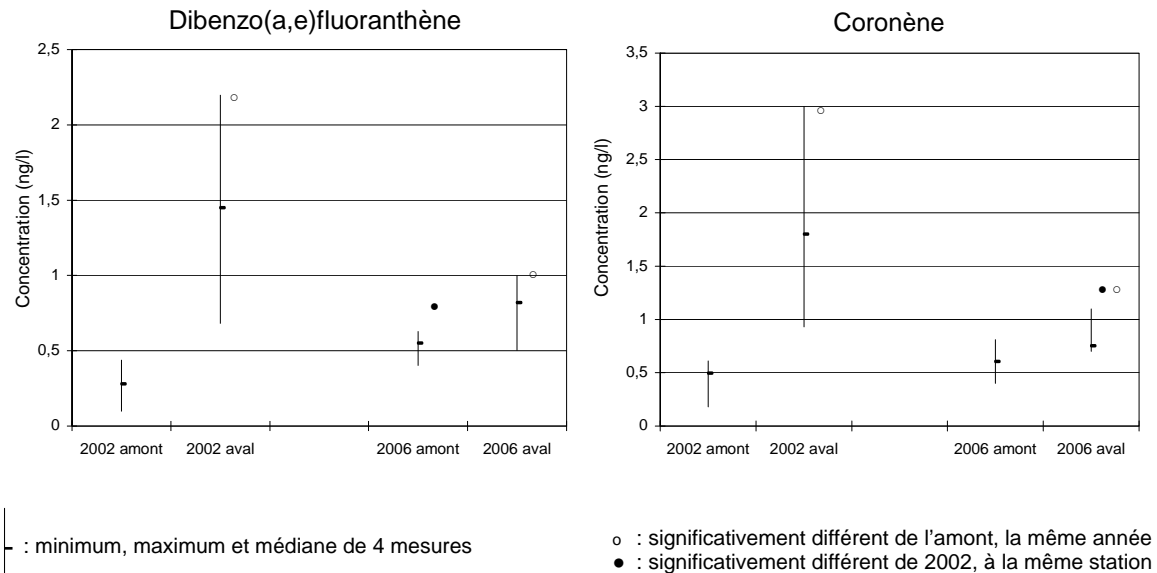


Figure 7 Concentrations de HAP individuels en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

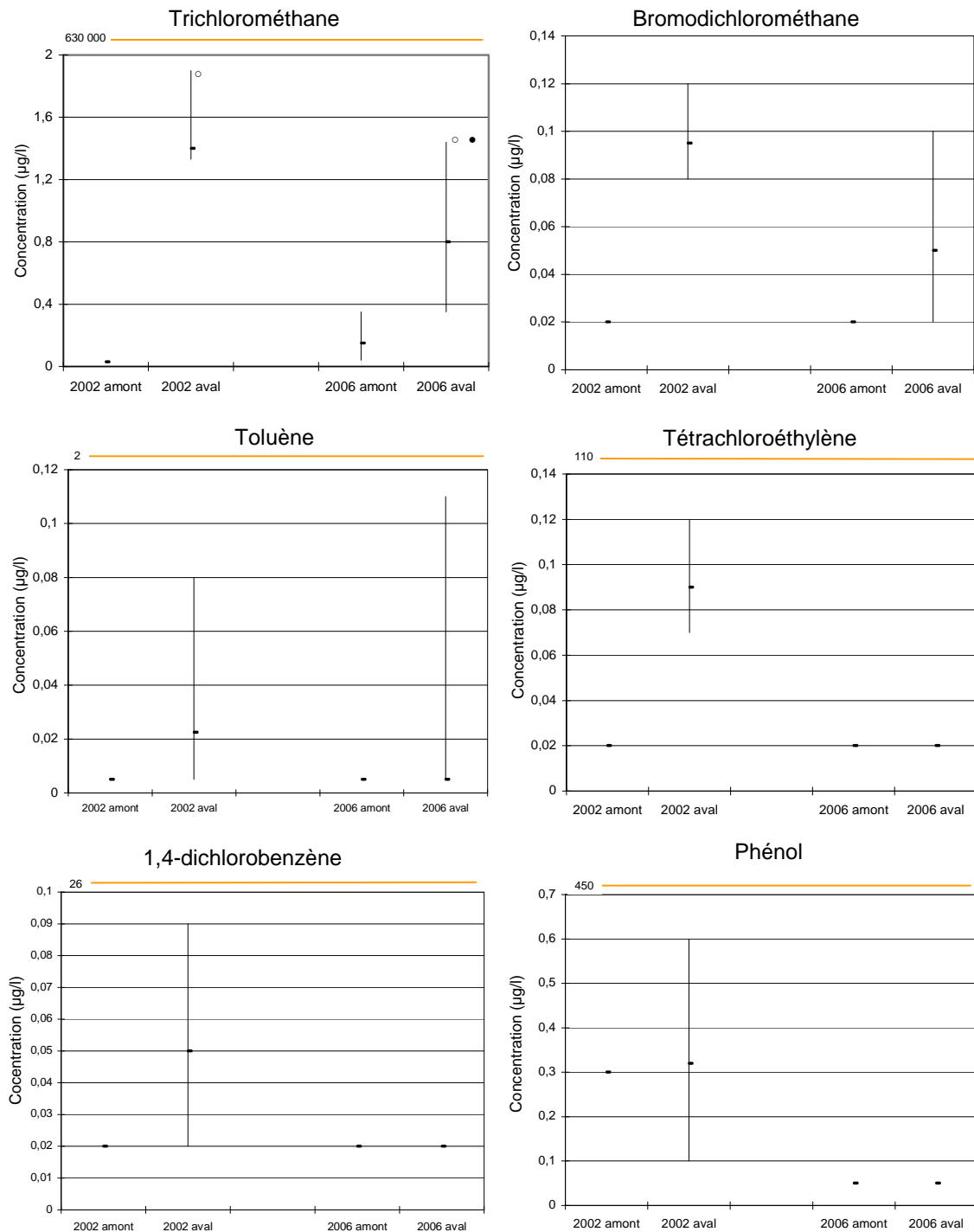
Les figures 3 et 4 montrent que pour certains HAP (les 1- et 2-méthylnaphtalène, le 1,2-diméthylnaphtalène, l'acénaphthène, le 2,3,5-triméthylnaphtalène, le fluorène et le phénanthrène), les concentrations en 2006, sans présenter des valeurs médianes différentes de celles de 2002, sont tout de même beaucoup plus variables. Un examen des données brutes montre que cette variabilité accrue est due uniquement à l'échantillonnage du 29 août 2006, pour lequel on a obtenu des valeurs élevées pour ces HAP, tant à la station en amont qu'à la station en aval. En l'absence de blancs, il est impossible de savoir si ces valeurs élevées sont dues à un artefact (contamination procédurale) ou à un apport réel de ces HAP provenant de l'amont de Granby.

2.2.5 Composés organiques volatils, composés organiques semi-volatils et sous-produits de l'ozonisation

Les composés organiques volatils (COV) et les composés organiques semi-volatils (COSV) ont tendance à se volatiliser plutôt qu'à rester en solution dans l'eau. Pour cette raison, la plupart de ces substances sont rarement détectées en milieu aquatique et c'est le cas dans la présente étude : seulement 14 des 127 COV et COSV analysés ont été détectés. Les résultats d'analyse obtenus pour 9 de ces 14 substances sont illustrés aux figures 8 et 9. Les résultats pour les 5 autres COV ou COSV détectés n'ont pas été montrés sous forme de graphique, car il s'agit du naphtalène, un HAP dont les résultats obtenus par une autre analyse sont présentés dans la section précédente, et de quatre composés dont quelques traces ont été détectés dans seulement 1 échantillon sur 16 : le cis-1,2-dichloroéthylène, le m,p-xylène, le 1,3-dichlorobenzène et le di-n-octylphtalate.

Le trichlorométhane et le bromodichlorométhane présentent des résultats correspondant au profil général décrit précédemment, avec des concentrations plus élevées à la station en aval qu'à la station en amont et une diminution des concentrations à la station en aval de 2002 à 2006 (figure 8). Dans les deux cas, la différence amont-aval en 2002 est statistiquement significative. Pour le trichlorométhane, la baisse de concentrations à la station en aval de 2002 à 2006 est statistiquement significative, mais les concentrations demeurent significativement plus élevées qu'à la station en amont.

Le toluène, le tétrachloroéthylène et le 1,4-dichlorobenzène suivent eux aussi le profil général de concentrations, même si cela est moins visible que pour d'autres substances (figure 8). Sauf exception, ces substances n'ont été détectées qu'à la station en aval en 2002, et la diminution des concentrations a mené presque tous les résultats d'analyse sous les limites de détection en 2006. Le phénol est l'une des rares substances dont la



— : minimum, maximum et médiane de 4 mesures

○ : significativement différent de l'amont, la même année
● : significativement différent de 2002, à la même station

— : critère chronique pour la protection de la vie aquatique

Figure 8 Concentrations de composés organiques volatils et semi-volatils en amont et en aval de Granby en 2002 et en 2006

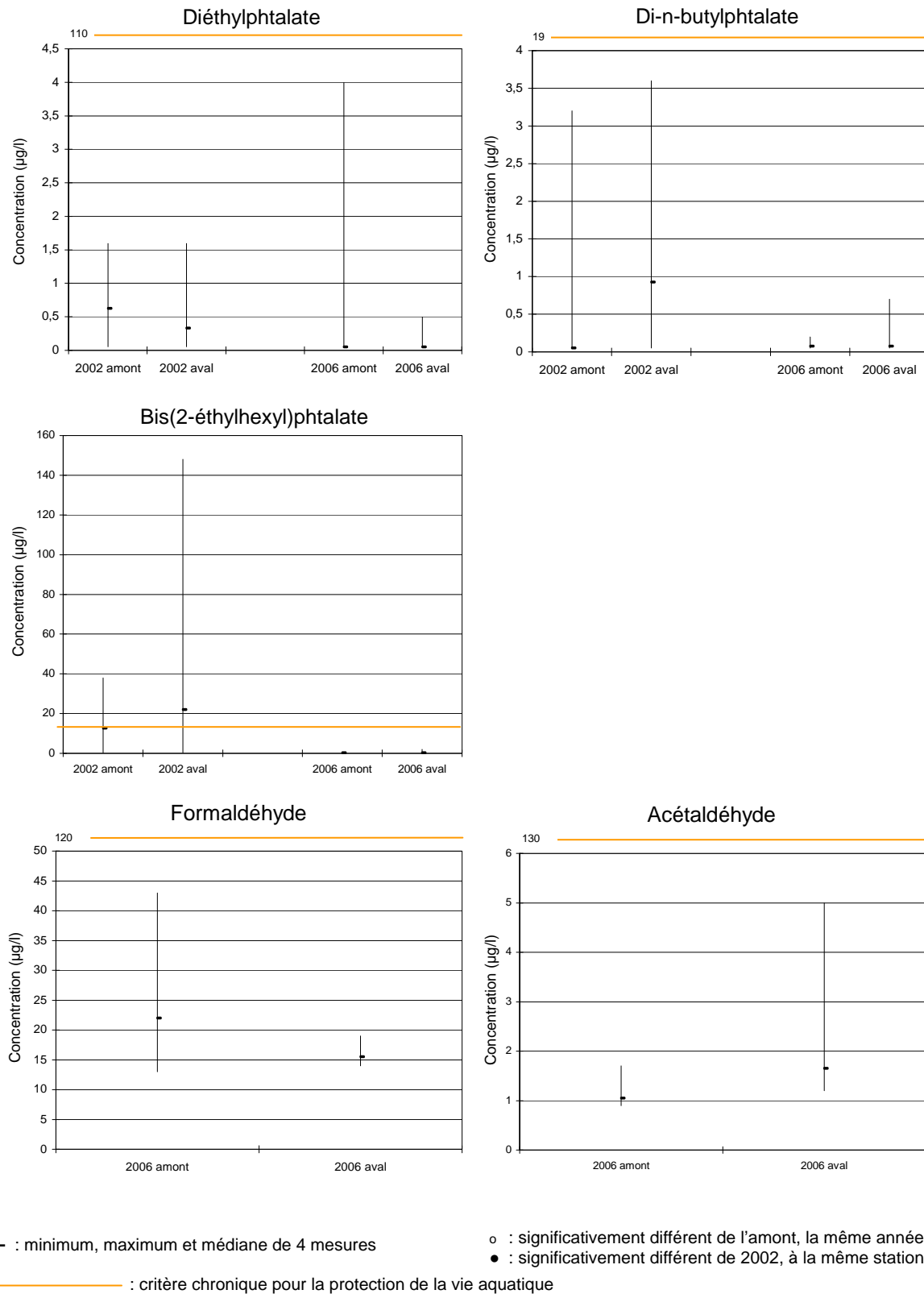


Figure 9 Concentrations de phtalates et de sous-produits de l'ozonation en amont et en aval de Granby

diminution de concentrations de 2002 à 2006 est aussi importante à la station en amont qu'à la station en aval (figure 8). Cette diminution à la station en amont porte à croire que la baisse des teneurs pour ce composé n'est pas attribuable au Plan d'action Granby.

L'analyse des COSV a donné des résultats au-dessus des limites de détection pour trois autres substances, des phtalates (figure 9). Ces composés sont utilisés à diverses fins, notamment comme plastifiants. Pour ces substances, la figure 9 montre une certaine diminution des concentrations de 2002 à 2006, mais ces diminutions ne peuvent être attribuées au Plan d'action Granby, car elles sont aussi importantes à la station en amont qu'à la station en aval. Ces diminutions ne sont pas statistiquement significatives, car les résultats d'analyse sont très variables. Par exemple, à la station en aval en 2002, les concentrations de bis(2-éthylhexyl)phtalate ont varié de 148 µg/l à inférieures à la limite de détection de 0,8 µg/l. Dans ce contexte, il est impossible de savoir si la diminution apparente de 2002 à 2006 est due à un changement dans le bruit de fond régional ou à la diminution d'une éventuelle contamination procédurale. Pour cette raison, on ne peut accorder beaucoup d'importance au fait que les teneurs en bis(2-éthylhexyl)phtalate étaient généralement supérieures au critère pour la protection de la vie aquatique en 2002, mais ne l'étaient plus en 2006.

Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont des produits qui résultent souvent de l'oxydation de la matière organique contenue dans l'eau lorsque celle-ci est traitée par ozonation. La figure 9 montre que les concentrations obtenues pour ces produits ne sont pas plus élevées en aval qu'en amont de Granby. De plus, elles sont nettement moins élevées que les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.

2.2.6 Acides gras et acides résiniques

Les échantillons de 2002 et 2006 ont été analysés pour 7 acides gras et 10 acides résiniques. Tous les résultats d'analyse pour les acides résiniques sont inférieurs à la limite de détection de 15 µg/l. Cela est normal, car les acides résiniques sont surtout associés aux rejets d'usines de pâtes et papiers et il n'y a pas de ce type d'usine dans le bassin de la rivière Yamaska Nord.

Cinq acides gras ont été détectés dans quelques échantillons et les résultats de leur analyse sont illustrés à la figure 10. On constate que les détections ont été plus fréquentes en 2002 qu'en 2006. Un examen des données détaillées révèle 14 détections d'acides gras en 2002 contre seulement 2 détections en 2006. Malgré cette fréquence de détection plus élevée en 2002, l'analyse de variance ne montre pas de différence significative entre les années ni entre les stations, sans doute parce que chacune des combinaisons station-année comprend des valeurs sous les limites de détection. D'ailleurs, la figure 10 illustre bien que, sauf pour l'acide palmitique, les médianes diffèrent peu.

La diminution de la fréquence de détection des acides gras de 2002 à 2006 n'est pas due au Plan d'action Granby, car elle est survenue à la station en amont autant qu'à la station en aval. La cause exacte de cette diminution est inconnue; il pourrait s'agir, notamment, d'une diminution du bruit de fond dans le cours d'eau ou d'une contamination procédurale plus forte en 2002 qu'en 2006.

Pour les acides gras, il n'existe pas de critères de qualité de l'eau auxquels les concentrations mesurées dans les plans d'eau peuvent être comparées. Cependant, il n'y a probablement pas d'impact à appréhender de la présence occasionnelle de ces substances en faibles concentrations dans la rivière Yamaska Nord, car il s'agit de substances naturelles qui ne sont pas réputées toxiques.

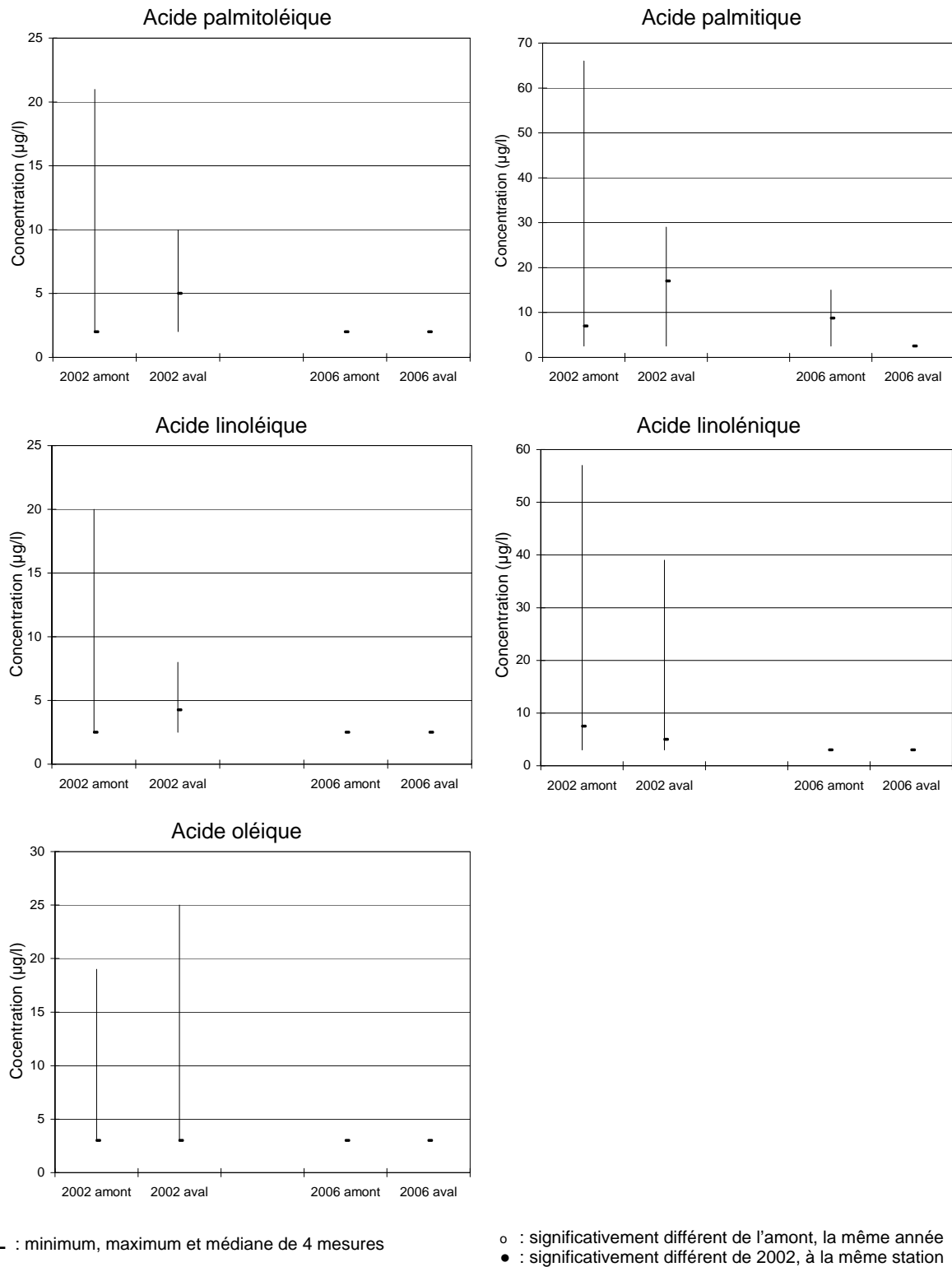


Figure 10 Concentrations d'acides gras en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

2.2.7 Contaminants émergents : nonylphénols éthoxylés et autres surfactants

Les surfactants sont des produits chimiques utilisés en grandes quantités et à diverses fins, notamment comme détergents industriels. Le suivi a visé deux classes de surfactants : les surfactants anioniques et les surfactants non ioniques de type nonylphénols éthoxylés. Ces derniers sont des perturbateurs endocriniens reconnus et le gouvernement fédéral a annoncé un quasi-bannissement (réduction de 97 %) de leur utilisation dans l'industrie des textiles avant la fin de 2009.

La figure 11 présente d'abord les résultats d'analyse pour la somme des nonylphénols éthoxylés (NPEO) et certains de leurs produits de dégradation : les nonylphénols mono- et dicarboxylés (NPEC). En 2002, la somme de ces produits présentait des concentrations significativement plus élevées en aval qu'en amont de Granby. De plus, avec une médiane de 14 µg/l, les concentrations à la station en aval dépassaient le critère chronique pour la protection de la vie aquatique, à savoir 12 µg/l. Une diminution de 84 % des concentrations de 2002 à 2006 à la station en aval a ramené la médiane nettement sous la valeur du critère, quoiqu'un des quatre échantillons présente une concentration supérieure à cette valeur.

À la station en aval, en 2002 comme en 2006, les concentrations de 1 à 22,3 µg/l pour la somme des NPEO et des NPEC se trouvaient dans la gamme de concentrations (de 0,37 à 39,5 µg/l) mesurées durant l'été et l'automne à plusieurs autres endroits au Québec (Berryman et autres, 2003; Berryman, 2005). Il faut toutefois préciser que les concentrations mesurées dans le cadre de la présente étude sont inférieures à ce qui aurait été mesuré durant l'hiver, car les études mentionnées précédemment démontrent que c'est surtout durant la saison froide que les concentrations de composés nonylphénoliques atteignent leurs niveaux les plus élevés.

L'octylphénol et le nonylphénol sont des produits intermédiaires de la dégradation, respectivement des octylphénols éthoxylés et des NPEO. Ces produits sont préoccupants, car leur capacité de perturber le système endocrinien des organismes vivants est plus forte que celle de leurs substances mères. Les concentrations de ces substances dans la rivière Yamaska Nord en 2006 étaient faibles, nettement inférieures aux critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (figure 11). Granby ne semble pas être une source importante de nonylphénol pour la rivière Yamaska Nord, car il n'y a pas vraiment de différence entre les concentrations aux stations en amont et en aval. Pour l'octylphénol cependant, la concentration médiane à la station en aval est 3,7 fois plus élevée que celle de la station en amont.

Les surfactants anioniques, pour leur part, présentent peu de changements de concentrations de 2002 à 2006 et toutes les concentrations mesurées, en amont comme en aval de Granby, dépassent le critère chronique pour la protection de la vie aquatique de 40 µg/l (figure 11).

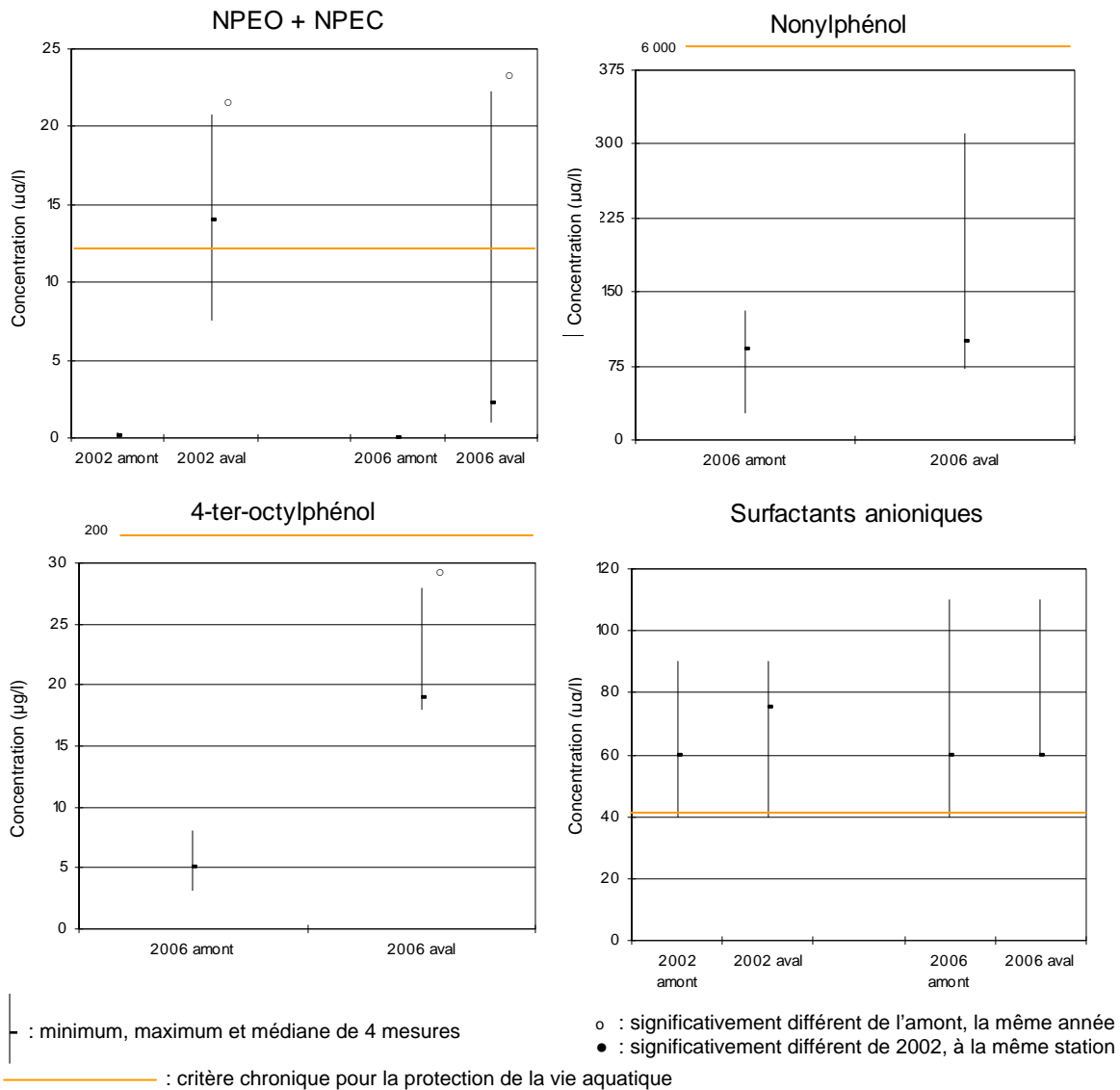


Figure 11 Concentrations de surfactants en amont et en aval de Granby

2.2.8 Contaminants émergents : hormones et produits du métabolisme

Les échantillons des 3 premières tournées d'échantillonnage de 2006 ont été analysés pour 3 hormones naturelles, soit l'estrone, l'estradiol-17b et la testostérone, et pour une hormone synthétique trouvée dans les comprimés contraceptifs : le 17A-éthynylestradiol. Tous les résultats pour la testostérone et le 17A-éthynylestradiol sont inférieurs aux limites de détection. L'estrone n'a été détectée que lors de la première tournée d'échantillonnage, en quantités analogues aux stations en amont et en aval, alors que l'estradiol-17b n'a été détecté que dans un échantillon, celui de la deuxième tournée d'échantillonnage à la station en amont (figure 12). Ces résultats portent à croire que l'agglomération de Granby n'est pas une source importante de ces hormones pour la rivière Yamaska Nord.

La figure 12 illustre aussi les résultats pour le cholestérol et trois formes de coprostan, des lipides stéroïdiens associés au métabolisme du cholestérol. Comme l'estrone, le coprostan n'a été détecté que lors de la première tournée d'échantillonnage, mais en concentrations équivalentes aux stations en amont et en aval. La figure 12 montre cependant que les concentrations de cholestérol, de coprostan-3-ol et de coprostan-3-one sont plus élevées en aval qu'en amont de Granby. Ces résultats ne sont pas inattendus puisque ces substances sont issues du métabolisme des organismes vivants, dont les humains, et que les stations de traitement d'eaux usées ne sont pas conçues pour éliminer toutes les substances susceptibles d'y être acheminées. L'effet potentiel de ces trois substances sur l'écosystème aquatique en aval de Granby est difficile à évaluer, car nous ne disposons pas de critères de qualité de l'eau pour ces substances naturelles.

2.2.9 Contaminants émergents : PBDE, composés perfluorés et bisphénol-A

Les polybromodiphényléthers sont des agents ignifuges. Ces composés bromés sont ajoutés à plusieurs produits de consommation courants à base de plastique pour les rendre moins inflammables. On les trouve par exemple dans les boîtiers d'ordinateurs, dans le rembourrage des meubles, dans des vêtements ainsi que dans les circuits imprimés des appareils électriques et électroniques. Ces composés sont bioaccumulables, persistants dans l'environnement et ont des effets toxiques (Environnement Canada, 2004).

La figure 13 montre que l'agglomération de Granby est une source de PBDE pour la rivière Yamaska Nord, les concentrations à la station en aval étant près de 10 fois plus élevées qu'à la station en amont. Avec une médiane de 262 pg/l, les concentrations de PBDE totaux à la station en amont se situent dans la gamme des concentrations que l'on trouve au Québec et qui s'étend, excluant Granby, de 14 à 864 pg/l (Berryman et autres, 2009). Les concentrations mesurées à la station en aval de Granby, c'est-à-dire de 2 500 à 10 700 pg/l avec une médiane à 2 530 pg/l, sont nettement au-delà de cette gamme.

Comme les BPC, les PBDE constituent une famille de produits chimiques comprenant 209 congénères. En réalité toutefois, seulement quelques congénères sont utilisés dans les formulations commerciales de PBDE et se retrouvent dans l'environnement. Il s'agit principalement des congénères 47, 99 et 153, qui ont respectivement 4, 5 et 6 atomes de brome, ainsi que du congénère 209, le décaBDE, le seul à avoir 10 atomes de brome. La station en aval de Granby, en plus de présenter des concentrations élevées de PBDE, se caractérise par une forte prépondérance (68 %) du décaBDE. Une réglementation canadienne récente (*Gazette du Canada*, 2008) exige le bannissement de certains congénères de PBDE, mais ces mesures ne visent pas la forme à 10 atomes de brome.

La figure 13 montre aussi les résultats d'analyse pour la somme des congénères de PBDE comprenant de quatre à six atomes de brome (de tétra à hexaBDE). Ces congénères sont parmi les PBDE les plus bioaccumulables et une valeur guide de 300 pg/l a été proposée pour la somme de ces substances afin de protéger la faune terrestre piscivore (Berryman et autres, 2009). Les concentrations de tétra à hexaBDE mesurées en amont de Granby respectent cette valeur guide, alors que celles obtenues en aval sont 3 fois plus élevées, avec une concentration médiane de 960 pg/l.

La figure 13 présente aussi les résultats de l'analyse de l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) dans des échantillons de 2006. Le PFOA fait partie de la famille des substances perfluorées. Des substances de cette famille, dont le PFOA et le perfluorooctane sulfonate (PFOS) entrent dans la fabrication de divers produits de consommation, dont le Teflon^{MD}, des produits antisalissures pour tissus (ex. : ScotchGuard^{MD}) et des imperméabilisants (ex. : Gore-Tex^{MD}).

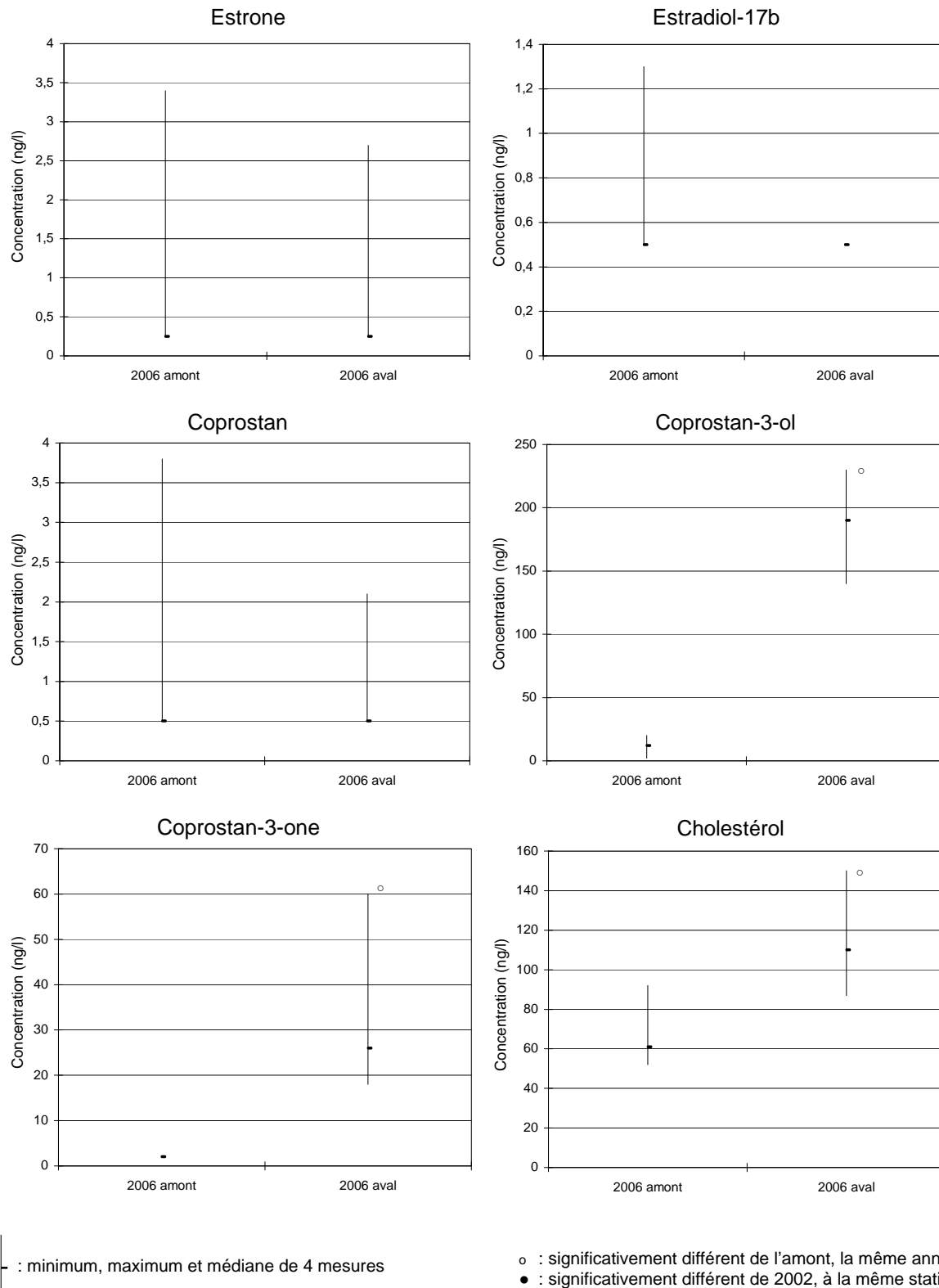


Figure 12 Concentrations d'hormones et de produits du métabolisme en amont et en aval de Granby en 2006

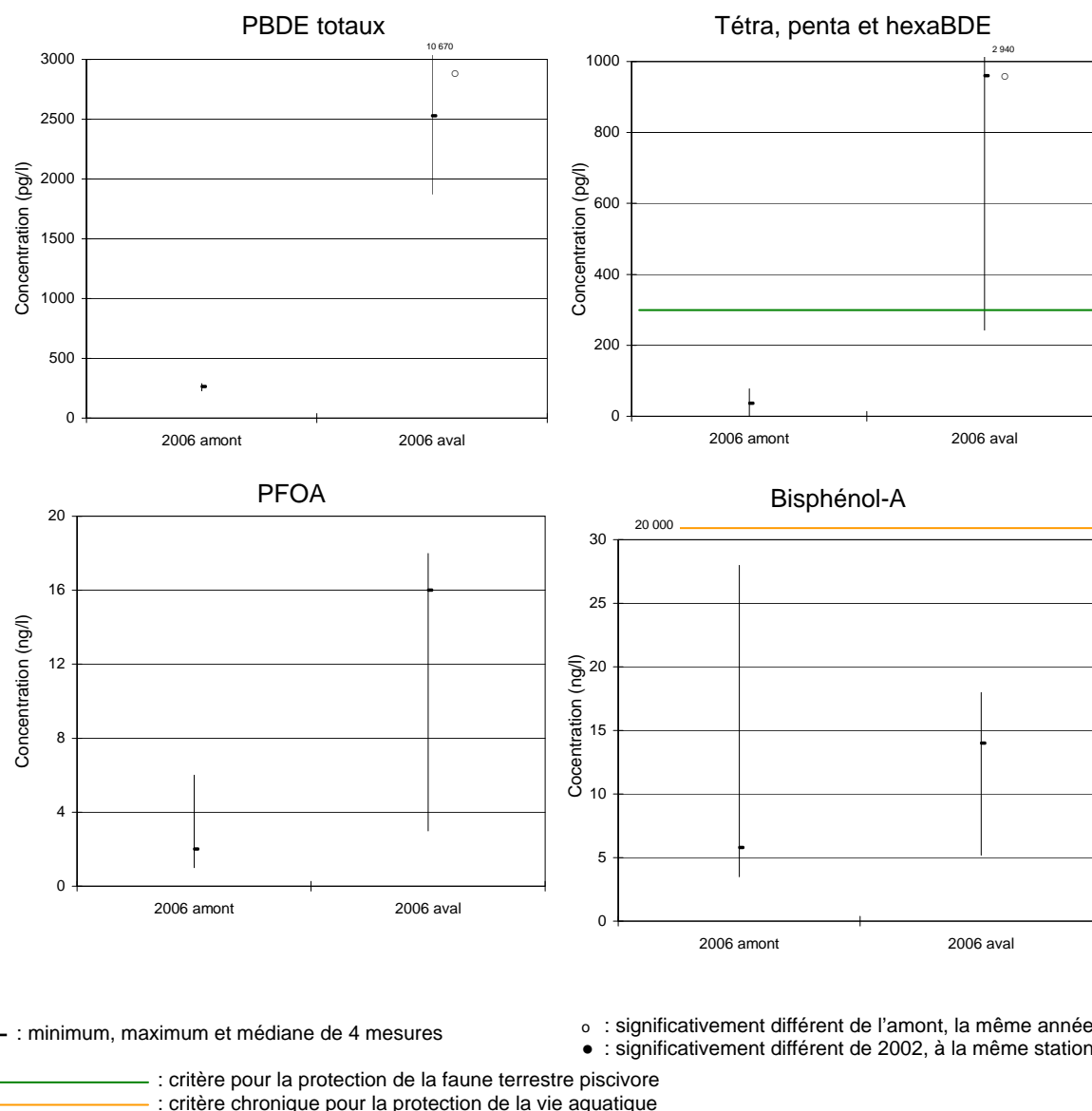


Figure 13 Concentrations de PBDE, d'acide perfluorooctanoïque et de bisphénol-A en amont et en aval de Granby en 2006

Le PFOS et le PFOA comprennent une chaîne de huit atomes de carbone saturés de fluor (C_8F_{17}) qui constitue le pôle lipophile et hydrophobe de la molécule. Cette chaîne se termine par un groupement fonctionnel ionique, qui constitue le pôle hydrophile. En raison de la très grande force de la liaison C-F, ces molécules ne subissent pas de dégradation chimique, microbienne ou photolytique, ce qui les rend très persistantes dans l'environnement. De plus, ces composés sont bioaccumulables. Ces produits ont différents effets toxiques. Environnement Canada considère le PFOS comme toxique au sens de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement et en a prohibé certains usages (Environnement Canada, 2006; gouvernement du Canada, 2009a, b). Selon un rapport des Nations Unies portant sur les composés toxiques et persistants en Amérique du Nord, les composés perfluorés sont reconnus comme l'une des substances émergentes les plus préoccupantes (United Nations Environment Program, 2002).

Sept substances perfluorées ont été recherchées dans les échantillons de trois des quatre tournées d'échantillonnage de 2006 et trois de ces substances ont été détectées : le PFOA, le PFOS et le perfluorododécane sulfonate (PFDS). Seulement des traces de PFOS et de PFDS ont été trouvées à la station en amont comme à la station en aval. Les concentrations un peu plus élevées de PFOA sont illustrées à la figure 13. À la station en amont, les concentrations lors des trois tournées d'échantillonnage étaient de 1, 6 et 2 ng/l, alors qu'à la station en aval, elles étaient de 3, 18 et 16 ng/l. Ces résultats laissent croire que Granby est une source de PFOA pour la rivière Yamaska Nord.

Les concentrations de PFOA dans la rivière Yamaska Nord sont inférieures aux critères pour l'eau potable de l'Angleterre (300 ng/l) et de l'United States Environmental Protection Agency (400 ng/l) (DWI, 2007; EPA, 2009). Pour les substances perfluorées, il n'y a pas de critères pour la protection de la vie aquatique ou pour la protection de la faune terrestre piscivore.

Le bisphénol-A a lui aussi été analysé dans les échantillons de trois des quatre tournées d'échantillonnage de 2006. À la station en amont, les concentrations mesurées sont de 3,5, 28 et 5,8 ng/l, tandis qu'à la station en aval, elles sont de 18, 14 et 5,2 ng/l. Ces données sont insuffisantes pour savoir si l'agglomération de Granby est vraiment une source de bisphénol-A pour la rivière Yamaska Nord.

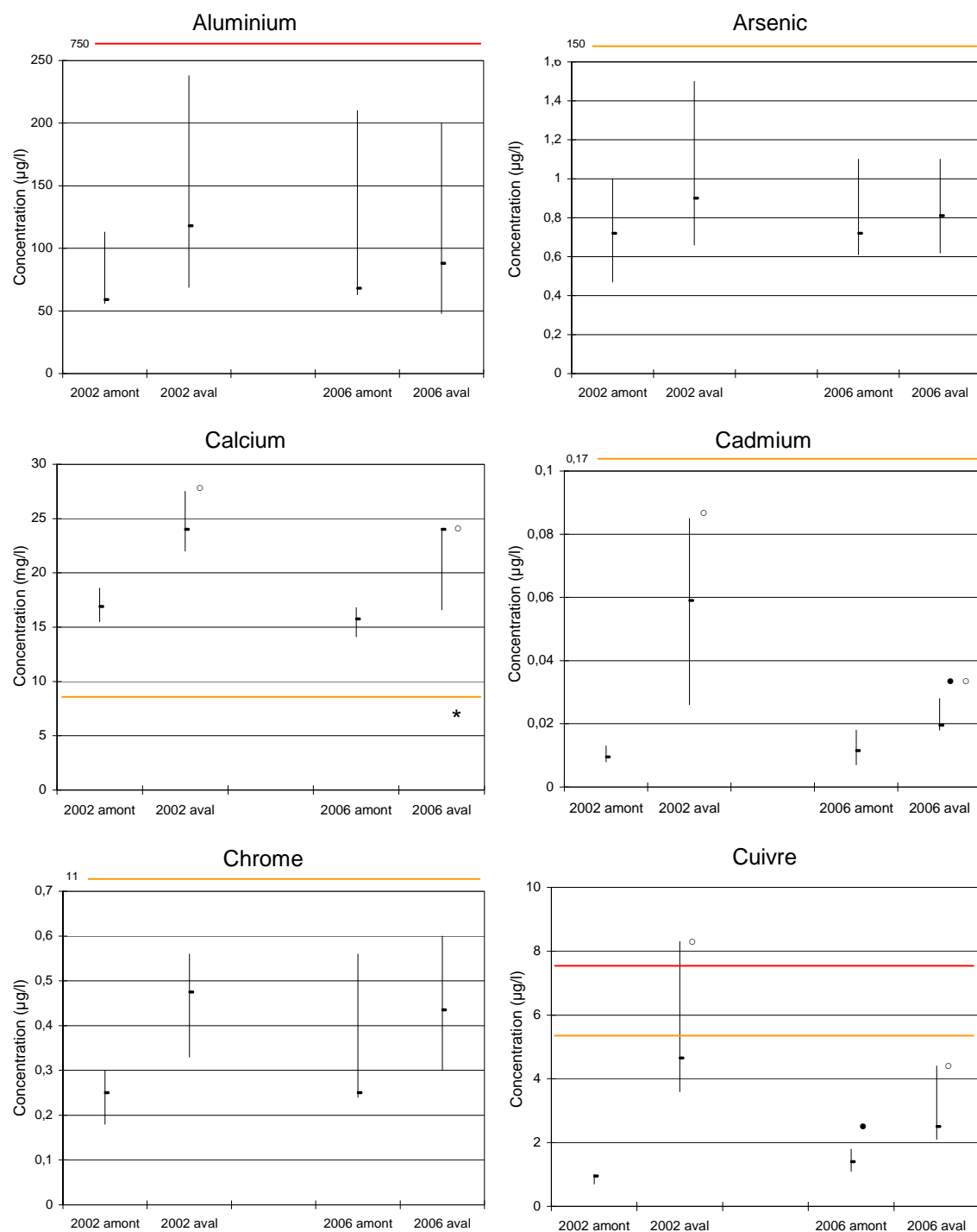
2.2.10 Métaux et substances inorganiques

Les échantillons de 2002 et de 2006 ont été analysés pour 13 métaux. Les figures 14 et 15 présentent les résultats obtenus pour 12 d'entre eux, alors que les résultats pour le mercure sont présentés plus loin (figure 18). À l'exception du fer, les 12 métaux des figures 14 et 15 présentent, à différents degrés, le profil général de concentrations décrit précédemment. Ce profil est caractérisé par des concentrations plus élevées à la station en aval qu'à la station en amont et par une certaine diminution des concentrations de 2002 à 2006 à la station en aval.

Dans le cas du calcium, du cadmium, du cuivre, du potassium, du magnésium, du sodium et du zinc, les concentrations à la station en aval sont significativement plus élevées qu'à la station en amont, et ce, en 2006 comme en 2002. Les diminutions de concentrations à la station en aval entre 2002 et 2006 vont de 0 à 67 % et sont statistiquement significatives pour ce qui est du cadmium, du magnésium et du sodium. Dans le cas particulier du magnésium cependant, la baisse de 0,47 mg/l à la station en aval est en bonne partie attribuable à une baisse de 0,36 mg/l à la station en amont.

Même si l'agglomération de Granby est une source de métaux pour la rivière Yamaska Nord, les concentrations de ces substances dans le cours d'eau demeurent relativement basses et, comme le montrent les figures 14 et 15, on observe peu de dépassements des critères de qualité de l'eau relatifs aux métaux. Les seuls dépassements concernent le cuivre et le zinc, dont les concentrations dans le deuxième échantillon à la station en aval en 2002 dépassaient les critères de toxicité aiguë. De tels dépassements n'ont pas été observés en 2006, après la diminution des concentrations à la station en aval. Pour ce qui est du calcium, il s'agit de critères inverses, c'est-à-dire que ce sont les concentrations supérieures aux critères qui sont considérées comme protectrices contre l'acidification du milieu aquatique.

Les échantillons de 2006 ont été analysés pour 13 autres métaux. Tous les résultats pour le sélénium sont sous la limite de détection de 0,3 µg/l et les résultats pour les 12 autres métaux sont présentés dans les figures 16 et 17. Granby semble être une source d'argent, de bore, de molybdène, d'antimoine, de strontium et d'uranium pour la rivière Yamaska Nord, puisque les concentrations pour ces métaux sont significativement plus élevées à la station en aval qu'à la station en amont. Malgré ces hausses, les concentrations demeurent relativement basses, car on ne constate aucun dépassement des critères de qualité de l'eau pour ces métaux.



: minimum, maximum et médiane de 4 mesures
 : significativement différent de l'amont, la même année
 : significativement différent de 2002, à la même station
 : critère chronique pour la protection de la vie aquatique; * critère inverse : les valeurs au-dessus respectent le critère
 : critère aigu pour la protection de la vie aquatique

Figure 14 Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

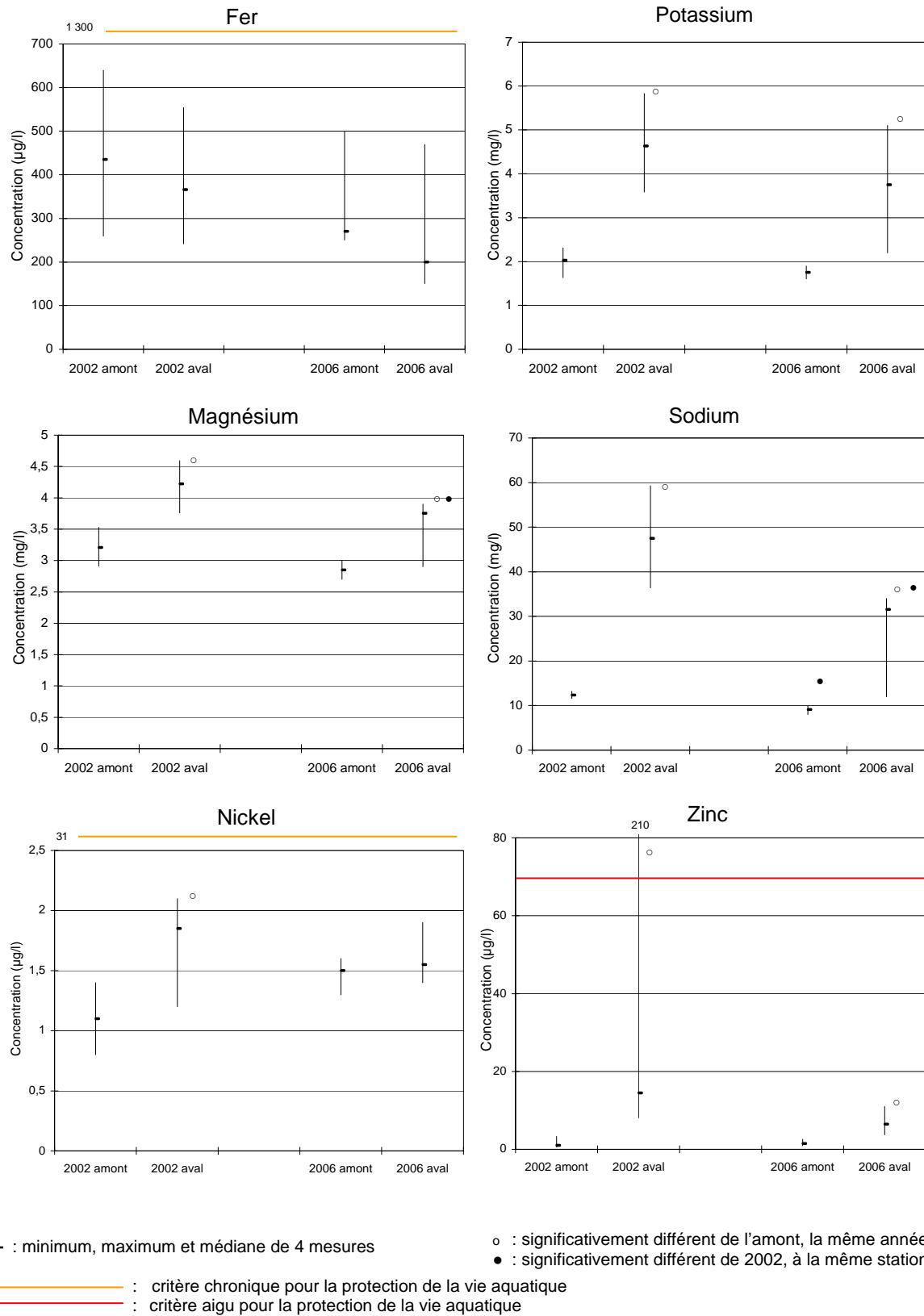


Figure 15 Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

La figure 18 illustre les résultats d'analyse obtenus pour le mercure et trois autres paramètres inorganiques, soit les cyanures, les fluorures et le phosphore. Pour le mercure, les résultats de 2002 ne peuvent être comparés à ceux de 2006, car il y a eu un changement de méthode d'analyse et de limite de détection entre les deux années d'échantillonnage. On constate toutefois que Granby ne semble pas être une source importante de ce métal pour la rivière Yamaska Nord, car pour chacune des années d'échantillonnage, il n'y a pas de différence entre les concentrations en amont et en aval. En 2006, la première tournée d'échantillonnage a révélé des concentrations d'environ 0,2 µg/l aux deux stations d'échantillonnage, alors que les résultats des autres tournées étaient sous la limite de détection de 0,01 µg/l.

Les résultats pour les fluorures (figure 18) suivent le profil général de concentrations décrit précédemment. En 2002, les concentrations étaient significativement plus élevées à la station en aval qu'à la station en amont. De 2002 à 2006, les concentrations de fluorures ont baissé de 55 % à la station en aval, ce qui constitue une diminution statistiquement significative. Une part de cette diminution est attribuable à une baisse des concentrations à la station en amont, dont la médiane est passée de 75 µg/l en 2002 à 40 µg/l en 2006. Cette diminution à la station en amont n'explique pas toute la diminution à la station en aval, puisqu'en valeurs absolues, la baisse a été de 35 µg/l à la station en amont comparativement à 85 µg/l à la station en aval. En 2002, alors que les concentrations étaient plus élevées, une des quatre valeurs à la station en aval a atteint le critère chronique de 200 µg/l. Après la baisse de concentrations en 2006, aucune des valeurs n'a atteint ce critère.

En 2002, tous les résultats d'analyse de cyanures totaux en amont de Granby étaient inférieurs à la limite de détection de 3 µg/l, alors qu'en aval, trois échantillons sur quatre dépassaient cette valeur. Une baisse des concentrations à la station en aval a ramené les valeurs sous les limites de détection en 2006 (figure 18). À la station en aval en 2002, deux échantillons contenaient plus de 5 µg/l de cyanures totaux et un autre affichait cette valeur. Il est donc possible que ces échantillons aient atteint ou dépassé le critère chronique de 5 µg/l pour les cyanures libres, puisque ces derniers font partie des cyanures totaux. En 2006, il est certain que les échantillons n'atteignaient pas ce critère, puisque leurs concentrations de cyanures totaux étaient inférieures à 3 µg/l.

Le phosphore a été analysé dans les échantillons de 2006. À la station en amont comme à la station en aval, les concentrations dépassaient de beaucoup le critère de 30 µg/l de phosphore total (figure 18). Sept des huit échantillons en renfermaient entre 80 et 170 µg/l et pour un des échantillons à la station en aval, la concentration était de 320 µg/l.

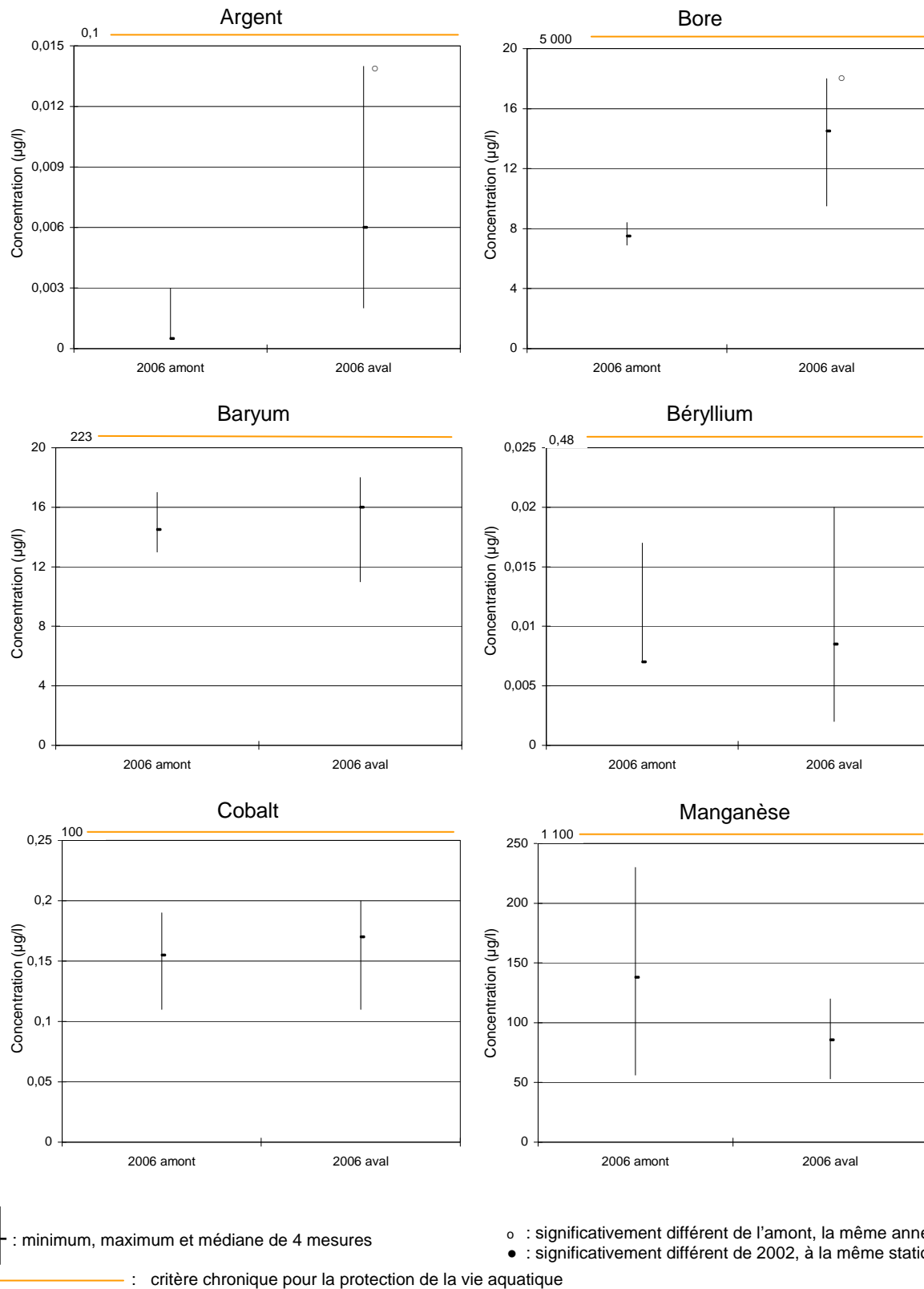
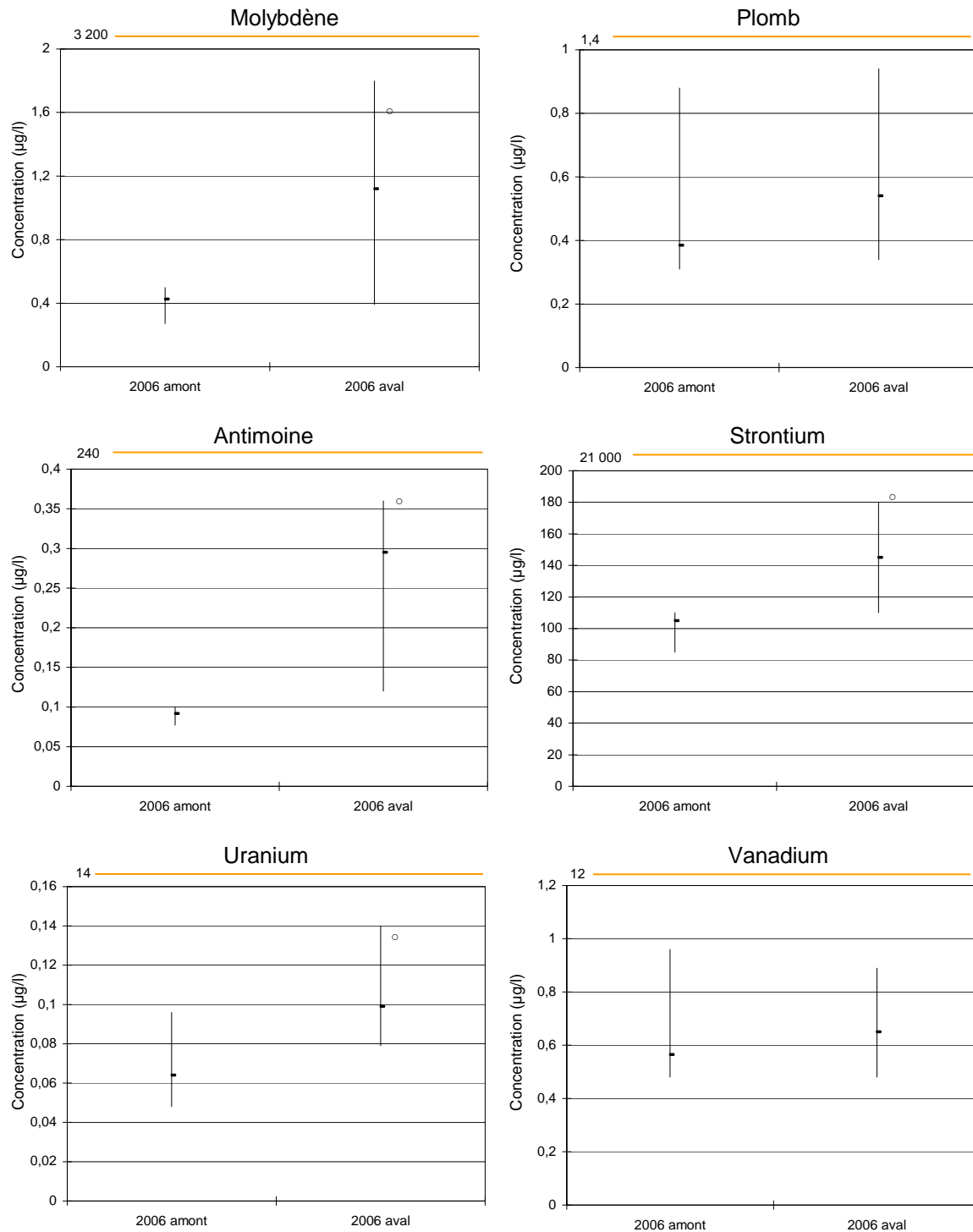


Figure 16 Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006



: minimum, maximum et médiane de 4 mesures
 ○ : significativement différent de l'amont, la même année
 : significativement différent de 2002, à la même station
 : critère chronique pour la protection de la vie aquatique

Figure 17 Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

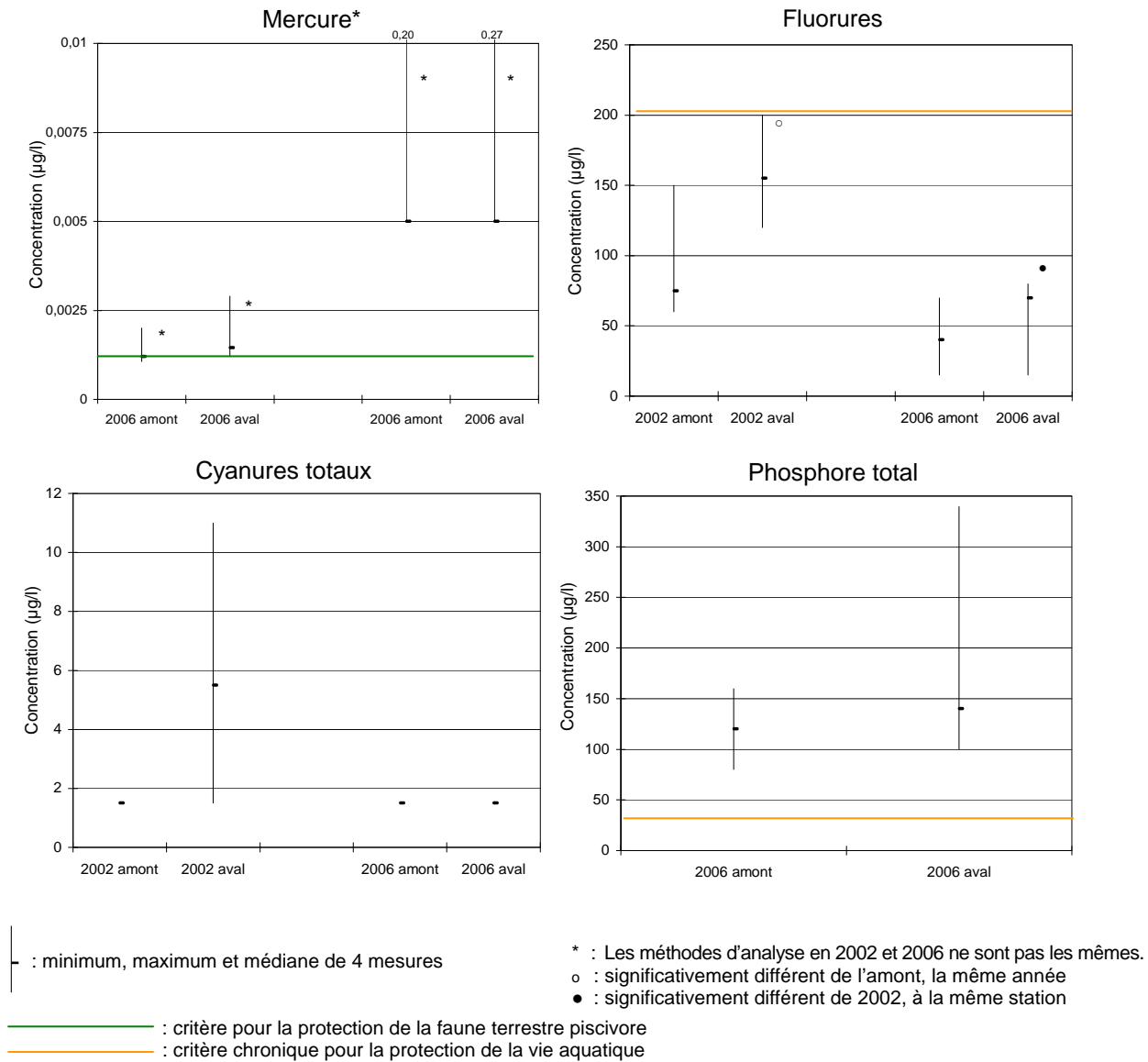


Figure 18 Concentrations de métaux en amont et en aval de Granby en 2002 et 2006

CONCLUSION

Le Plan d'action Granby a eu des effets positifs sur la rivière Yamaska Nord, où l'on constate une nette diminution des concentrations de plusieurs substances toxiques de 2002 à 2006. Ces diminutions de concentrations sont substantielles et, dans plusieurs cas, statistiquement significatives. Par exemple : 39 % pour les BPC, 50 % pour les dioxines et furanes chlorés, 67 % pour les HAP du groupe 1, de 6,4 % à 90 % pour de nombreux autres HAP, de 43 % à 99 % pour certains composés organiques volatils ou semi-volatils, 84 % pour les nonylphénols éthoxylés, etc.

Malgré ces baisses de concentrations, l'agglomération de Granby demeure une source de contaminants pour la rivière Yamaska Nord. Les résultats d'analyse démontrent en effet que, pour plusieurs contaminants, les concentrations en aval de la ville demeurent plus élevées qu'en amont. Cette situation est toutefois quasi inévitable compte tenu de l'importance du secteur industriel à Granby, de la faible capacité de dilution de la rivière Yamaska Nord (l'effluent de la station de traitement des eaux usées représente la moitié du débit de la rivière) et du fait que les stations municipales de traitement des eaux usées ne sont pas conçues pour retenir ou éliminer tous les contaminants d'origine domestique et industrielle.

La contamination résiduelle en aval de Granby demeure préoccupante à trois points de vue :

- Les concentrations élevées de contaminants persistants et bioaccumulables. Malgré des diminutions de concentrations, les BPC, les BPC planaires et les dioxines et furanes chlorés sont encore présents dans la rivière Yamaska Nord en concentrations qui dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la faune terrestre piscivore. Ces dépassements de critères signifient que les mammifères et les oiseaux qui se nourrissent de poissons pourraient être encore exposés à des quantités excessives de ces contaminants. À ces composés bioaccumulables et persistants classiques s'ajoutent les polybromodiphényls éthers (PBDE), détectés en très fortes concentrations en aval de Granby en 2006.
- Les concentrations élevées de phosphore. Même en amont de Granby, la concentration de phosphore est en concentration 4 fois plus élevée que le critère permettant d'éviter l'eutrophisation des cours d'eau. Les effets de l'eutrophisation sur la rivière Yamaska Nord sont connus et visibles depuis longtemps.
- Le grand nombre de substances dont les concentrations augmentent en aval de la ville. Peu de substances ont été trouvées en concentrations qui dépassent leurs critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique, mais les poissons et autres organismes aquatiques pourraient être affectés par l'addition ou la synergie des effets des nombreuses substances détectées. Seule une évaluation à l'aide d'indicateurs biologiques permettrait de tirer des conclusions définitives quant aux effets sur la vie aquatique.

BIBLIOGRAPHIE

BERRYMAN, D., 2005. *Un suivi des nonylphénols éthoxylés dans sept cours d'eau recevant des eaux usées traitées d'entreprises de textiles*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 2-550-45721-8 (PDF), Envirodoq n° ENV/2005/0254, collection n° QE/168, 41 pages et 1 annexe.

BERRYMAN, D., J. BEAUDOIN, S. CLOUTIER, D. LALIBERTÉ, F. MESSIER, H. TREMBLAY, A. et D. MOISSA, 2009. *Les polybromodiphényléthers (PBDE) dans quelques cours d'eau du Québec méridional et dans l'eau de consommation produite à deux stations de traitement d'eau potable*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 978-2-550-57377-7 (PDF), 18 pages et 3 annexes.

BERRYMAN, D., F. HOUDE, C. DEBLOIS et M. O'SHEA, 2003. *Suivi des nonylphénols éthoxylés dans l'eau brute et l'eau traitée de onze stations de traitement d'eau potable au Québec*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Envirodoq n° ENV/2003/0001, 32 pages.

BERRYMAN, D. et A. NADEAU, 1999. « Le bassin de la rivière Yamaska : contamination de l'eau par des métaux et certaines substances organiques toxiques », section 3, dans ministère de l'Environnement (éd.), *Le bassin de la rivière Yamaska : l'état de l'écosystème aquatique*, Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN990224, rapport n° EA-14.

COSSA, D., T.T. PHAM, B. RONDEAU et B. QHÉMERAS, 1996. *Principes et pratiques d'échantillonnage d'eaux naturelles en vue du dosage de substances et d'éléments présents à l'état de traces et ultra-traces*, Environnement Canada — région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, document de travail DT-5, 26 pages.

DWI, 2007. *Guidance on the Water Supply (Water Quality) Regulations 2000/01 specific to PFOS (perfluorooctane sulphonate) and PFOA (perfluorooctanoic acid) concentrations in drinking water*. Drinking Water Inspectorate, Londres, 13 pages.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2009. *Provisional health advisory for Perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS)*, [en ligne]. http://www.epa.gov/waterscience/criteria/drinking/pha-PFOA_PFOS.pdf (page consultée le 5 mars 2009).

ENVIRONNEMENT CANADA, 2004. *Rapport d'évaluation environnementale préalable des polybromodiphényléthers (PBDE), Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, dans le site Environnement Canada, [en ligne]. http://www.ec.gc.ca/RegistreLCPE/documents/subs_list/PBDE_draft/PBDE_TOC.cfm (page consultée le 3 juin 2008).

ENVIRONNEMENT CANADA, 2006. *Rapport d'évaluation écologique préalable sur le sulfonate de perfluorooctane, ses sels et ses précurseurs, qui contiennent le groupement C₈F₁₇SO₂, C₈F₁₇SO₃ ou C₈F₁₇SO₂N*, [en ligne]. http://www.ec.gc.ca/registrelcpe/documents/subs_list/PFOS_SAR/PFOS_TOC.cfm (page consultée le 11 mars 2009).

GOUVERNEMENT DU CANADA, 2008. « Règlement sur les polybromodiphényléthers », *Gazette du Canada*, partie II, vol. 142, n° 14, p. 1663-1664.

GOUVERNEMENT DU CANADA, 2009a. *Gazette du Canada*, partie I, vol. 138, n° 40, [en ligne]. <http://canadagazette.gc.ca/archives/p1/2004/2004-10-02/pdf/g1-13840.pdf> (page consultée le 11 février 2009).

GOUVERNEMENT DU CANADA, 2009b. *Gazette du Canada*, partie II, vol. 142, n° 12, [en ligne]. <http://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p2/2008/2008-06-11/pdf/g2-14212.pdf> (page consultée le 11 février 2009).
MORTEN J., R. T. OTTESEN, E. STEINNES et T. VOLDEN, 2009. *Painted surfaces – Important sources*

of polychlorinated biphenyls (PCBs) contamination to the urban and marine environment, Environmental Pollution, vol. 157, p. 295-302.

LAPIERRE, L., 1999. « Le bassin de la rivière Yamaska : contamination du poisson en 1995 », section 4, dans ministère de l'Environnement (éd.), *Le bassin de la rivière Yamaska : l'état de l'écosystème aquatique*, Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN990224, rapport n° EA-14.

LALIBERTÉ, D. et N. MERCIER, 2006. *Application de la Méthode ESCOTE : l'échantillonnage intégré pour la mesure des BPC, des HAP, des dioxines et des furannes dans l'eau des rivières Richelieu et Yamaska 2001-2003*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 38 pages.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS, 2009. *Critères de qualité de l'eau de surface*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN 978-2-550-57559-7 (PDF), 506 pages et 16 annexes.

MENVIQ, 1999. *Le bassin de la rivière Yamaska : l'état de l'écosystème aquatique — 1998*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN990224, rapport n° EA-14, 6 sections.

ROCHELEAU, F. 2007. *Plan d'action Granby 2000-2005. Le volet industriel et le programme de vérification de la conformité environnementale et de réduction de contaminants prioritaires*, rapport final (version interne), Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie, 94 pages.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM, 2002. *Regionally based assessment of persistent toxic substances – North America regional report*, United Nations Environment Program, 148 pages.