Environnement Canada Environment Canada

État et tendances de la qualité de l'eau pour les nutriments dans les bassins versants importants du Canada

Sommaire technique

Canada

CATALOGAGE AVANT PUBLICATION DE BIBLIOTHÈQUE
ET ARCHIVES CANADA

État et tendances de la qualité de l'eau pour les nutriments dans les bassins versants importants du Canada
Sommaire technique

Publ. aussi en anglais sous le titre :
Water quality status and trends of nutrients in major drainage areas of Canada
Technical Summary

ISBN: 978-1-100-97225-1
No de cat. : En154-63/2011F-PDF

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :
• de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
• d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
• d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

Photos : © Photos.com – 2010, Environnement Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de l'Environnement, 2011

Also available in English

État et tendances de la qualité de l'eau pour les nutriments dans les bassins versants importants du Canada

Sommaire technique

Direction des sciences et de la technologie de l'eau
Environnement Canada

Remerciements

Ce projet a été réalisé grâce aux efforts de nombreux experts d'Environnement Canada d'un bout à l'autre du pays et de la collaboration avec les gestionnaires de la qualité de l'eau de plusieurs ministères provinciaux de l'Environnement.

L'analyse et l'interprétation des données scientifiques ont été assurées par Monique de Jong et Andrea Ryan de Vancouver (Colombie-Britannique), Nancy Glozier et Emily McIvor de Saskatoon (Saskatchewan), Sarah Ross de Winnipeg (Manitoba), Alice Dove de Burlington (Ontario), Serge L'Italien et Myriam Rondeau de Montréal (Québec) ainsi que Denis Parent de Dartmouth (Nouvelle-Écosse).

Robert Kent et Jean-François Bibeault ont dirigé le projet. La coordination et la synthèse nationale des résultats ont été réalisées par Robert J. Phillips et Vincent Mercier, et Murray Charlton a contribué de façon importante à la rédaction du rapport. La cartographie et la gestion des données dans le cadre du projet sont l'œuvre de Michael Meunier et d'Alain Baillargeon. Geneviève Carr, Don Anderson, et Geneviève Tardif ont aussi contribués au project, ainsi que Sophie Lalonde, Nathalie Gratton et Nathalie LeBlanc dans les révisions et vérifications finales du texte.

Sommaire

Des proliférations massives d'algues dans les lacs Winnipeg et Simcoe et des proliférations de cyanobactéries dans les lacs de l'Est canadien se sont produites au cours des dernières années. Des problèmes sont également réapparus dans les lacs Ontario et Érié et dans d'autres plans d'eau canadiens. L'inquiétude du public concernant les charges en nutriments dans les milieux aquatiques n'avait pas été aussi grande depuis les années 1970, alors que les proliférations d'algues dans les Grands Lacs avaient conduit à des mesures législatives limitant les concentrations de phosphates dans les détergents à lessive et les effluents d'eaux usées.

Le présent rapport se veut la toute première évaluation nationale des nutriments présents dans les bassins versants canadiens qui s'appuie sur les données des stations[1] de monitoring de la qualité de l'eau d'Environnement Canada exploitées conjointement avec des partenaires fédéraux, provinciaux et territoriaux. Des scientifiques du monitoring de la qualité de l'eau au service d'Environnement Canada partout au pays ont collaboré à la rédaction du rapport afin d'assurer la normalisation de l'approche et des techniques statistiques ainsi que l'emploi d'un plan commun d'interprétation.

L'état trophique actuel de l'eau aux stations de monitoring a été évalué à partir des données sur les nutriments portant sur trois années récentes (de 2004 à 2006) et sur quatre paramètres clés[2] mesurés à 376 stations exploitées en partenariat avec le gouvernement fédéral dans tout le Canada. Fait particulièrement intéressant, les concentrations médianes de phosphore ont été utilisées pour classer l'état trophique de l'eau selon la méthode acceptée par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) d'après laquelle le phosphore total fournit une indication du niveau relatif d'enrichissement fondé sur les nutriments.

Pour les cours d'eau, une tendance spatiale générale a été observée à l'échelle nationale : dans un bassin fluvial donné, les concentrations de phosphore augmentent en fonction de la distance, de l'amont vers l'aval, et cette répartition est principalement attribuable à l'augmentation des matières en suspension et des charges anthropiques en aval. Les concentrations les plus élevées de phosphore ont été observées en amont du lac Winnipeg, aux stations du bassin versant du fleuve Nelson. Dans les eaux d'amont des cours d'eau du bassin versant du Pacifique et des Grands Lacs supérieurs, les concentrations de phosphore sont généralement faibles. Elles sont intermédiaires dans les Grands Lacs inférieurs (Érié et Ontario) et dans certaines parties des Maritimes.

L'état actuel des concentrations d'azote (2004 à 2006) semble s'expliquer par la répartition des dépôts atmosphériques ainsi que par l'apport additionnel des sources anthropiques régionales. Dans les Grands Lacs inférieurs, l'agriculture,

[1] Comprend les stations exploitées en collaboration avec d'autres organismes et ministères fédéraux (Parcs Canada, la Régie des eaux des provinces des Prairies [Prairie Provinces Water Board]) ainsi qu'avec les gouvernements provinciaux et territoriaux.
[2] Le phosphore total (PT), l'azote total (NT), le phosphore total dissous (PTD) et les nitrates et nitrites (N-N).

l'urbanisation et l'industrialisation constituent des apports anthropiques relativement intenses d'azote. À l'Île-du-Prince-Édouard et dans certaines parties des basses-terres continentales, des concentrations élevées d'azote coïncident avec l'intensité de l'activité agricole.

Afin d'évaluer les tendances de la qualité de l'eau pour la période de 1990 à 2006, 75 stations de monitoring exploitées en partenariat avec le gouvernement fédéral aux quatre coins du pays ont été utilisées, car elles se conformaient aux exigences en matière d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) applicables à l'analyse des tendances à long terme du phosphore. Alors que le phosphore a augmenté à 21 % de ces stations à l'échelle nationale, il a en fait diminué à près de 31 % d'entre elles. Aucun changement statistiquement significatif n'a été détecté dans le phosphore total à environ la moitié des stations de monitoring. Parmi les quatre grands bassins versants océaniques utilisés pour le présent rapport, les tendances à la hausse observées pour le phosphore total étaient plus courantes dans les cours d'eau du centre du pays qui font partie des bassins versants de la baie d'Hudson et de l'océan Arctique. Quant aux stations présentant des tendances à la baisse à l'égard du phosphore, elles étaient plus répandues dans les bassins versants des océans Atlantique et Pacifique.

En ce qui concerne l'azote, 84 stations de monitoring fédérales et fédérales-provinciales-territoriales se sont conformées aux exigences d'AQ/CQ pour l'analyse des tendances à long terme (soit 9 stations de plus que pour le phosphore). Les tendances à la hausse des concentrations de nitrites et de nitrates sont les plus importantes pour toutes les stations des Grands Lacs ainsi que pour sept des dix stations où l'environnement est le moins perturbé[3] à l'échelle nationale. De même, 30 des 39 autres stations nationales où se dessinent des tendances affichent des tendances à la hausse importantes pour les nitrates et les nitrites. Des apports croissants provenant du dépôt atmosphérique de composés d'oxydes d'azote (NO_x) pourraient constituer la source la plus importante de cette augmentation.

Voici quelques-unes des autres conclusions importantes du rapport :

- Sept des neuf stations où l'état est considéré hypereutrophe sont situées dans le basin versant de la rivière Nelson.
- À cinq stations, les concentrations mesurées étaient supérieures à la recommandation de 2,9 mg/L établie pour les nitrates en vue de protéger la santé de l'écosystème. Les concentrations les plus élevées en nitrates ont été enregistrées à l'Île-du-Prince-Édouard, dans les Grands Lacs inférieurs et dans les basses-terres continentales de la Colombie-Britannique.
- Les tendances à la hausse pour le phophore et l'azote tendent à ne pas coïncider; une seule des 39 stations avec données suffisantes indique des tendances à la hausse pour les quatre paramètres liés aux nutriments.
- Dans le même ordre d'idée, les concentrations de phosphore :

[3] Les stations où l'environnement est le moins perturbé sont généralement situées dans des régions éloignées ou dans des secteurs d'amont où il n'y a à peu près pas d'apports anthropiques autres que les dépôts atmosphériques. Le terme station « de référence » n'est pas utilisé ici, parce qu'il laisse croire que la station est inaltérée.

    - tendent généralement à augmenter en aval contrairement à celles d'azote.
    - changent progressivement vers des quantités de phosphore biodisponible vers l'aval à travers les Grands Lacs jusqu'à un maximum de 88 % du phosphore total dissous à la station de l'île Wolfe. On note également un écart entre les quantités de phosphore biodisponible le long des côtes et au large.
- Les concentrations de nitrates dans les eaux de surface de l'Île-du-Prince-Édouard indiquent une charge croissante en nutriments, ce qui concorde avec les conclusions de recherches sur le cycle des nitrates dans des aquifères peu profonds.
- L'érosion en hausse dans les cours d'eau à débit élevé, incluant ceux du Nord canadien, font augmenter les charges en matières en suspension, d'où l'augmentation des concentrations de phosphore total.

Après avoir examiné toutes les données, il est évident que le portrait national et celui des principaux bassins versants doit être complété au moyen d'explications contextuelles propres aux stations, puisque de nombreux facteurs, tant naturels qu'anthropiques, sont en jeu.

L'amélioration du réseau représentatif de stations permettrait d'accroître la capacité d'évaluer l'évolution des nutriments dans le temps et l'espace, procurant ainsi une meilleure compréhension de la fréquence, de l'étendue et de l'importance du problème et de sa progression dans l'avenir.

Table des matières

1 Introduction 1

2 Nutriments dans les cours d'eau canadiens : préoccupations et menaces 2

3 Sélection des données et analyses des nutriments 3

4 Survol national de l'état et des tendances 7

4.1 État national de l'azote et du phosphore 7

4.2 Tendances nationales pour l'azote et le phosphore 10

5 État et tendances à l'échelle régionale et des stations 12

5.1 Bassin versant de l'océan Arctique 12

5.1.1 Bassin versant du Grand lac des Esclaves 12

5.1.2 Bassin versant de l'Arctique 15

5.2 Bassin versant de la baie d'Hudson et de la baie James 17

5.2.1 Bassin versant de l'ouest et du nord de la baie d'Hudson 17

5.2.2 Bassin versant du fleuve Nelson 20

5.3 Bassin versant de l'océan Atlantique 23

5.3.1 Bassin versant des Grands Lacs et du Saint-Laurent 23

5.3.2 Bassin versant des Maritimes 27

5.3.3 Bassin versant de Terre-Neuve-et-Labrador 30

5.4 Bassin versant de l'océan Pacifique 33

5.4.1 Bassin versant du Pacifique 33

5.4.2 Bassin versant du fleuve Yukon 37

6 Conclusions et recommandations 39

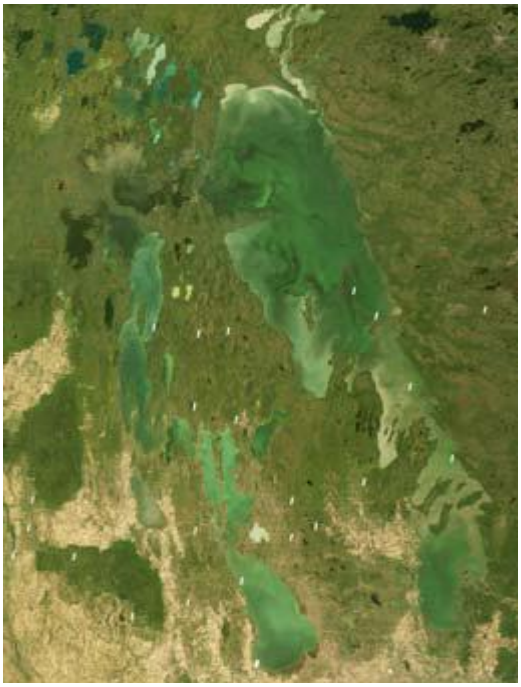
7 Annexe – Profils des stations 41

8 Références 47

1 INTRODUCTION

Des proliférations massives d'algues dans les lacs Winnipeg et Simcoe et des proliférations de cyanobactéries dans les lacs de l'Est canadien se sont produites au cours des dernières années. Des problèmes sont également réapparus dans les lacs Ontario et Érié et dans d'autres plans d'eau canadiens. L'inquiétude du public concernant les charges en nutriments dans les milieux aquatiques n'avait pas été aussi grande depuis les années 1970, alors que les proliférations d'algues dans les Grands Lacs avaient conduit à des mesures législatives limitant les concentrations de phosphates dans les détergents à lessive et les effluents d'eaux usées.

Le présent rapport se veut la toute première évaluation nationale des nutriments présents dans les bassins versants canadiens qui s'appuie sur les données des stations de monitoring de la qualité de l'eau d'Environnement Canada exploitées conjointement avec des partenaires fédéraux, provinciaux et territoriaux. Des scientifiques du monitoring de la qualité de l'eau au service d'Environnement Canada partout au pays ont collaboré à la rédaction du rapport afin d'assurer la normalisation de l'approche et des techniques statistiques ainsi que l'emploi d'un plan commun d'interprétation.



Photos de gauche à droite : Prolifération d'algues à Victoria Beach dans le bassin sud du lac Winnipeg; 17 août 2008. Photo satellite montrant des algues dans le lac Winnipeg; 3 septembre 2006.
Source : http://www.fortwhyte.org/files/File/SlowTheFlow-LiquidAssets-Spring2009.pdf

Des scientifiques fédéraux ont effectué un examen approfondi des sources, des charges et des répercussions potentielles des nutriments sur le sol, l'eau et les sédiments au Canada dans le cadre du rapport intitulé : *Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada* (Chambers *et al.*, 2001a*).* Cependant, mises à part les quelques études de cas qu'il contient, ce rapport n'a pas présenté une analyse nationale des concentrations de nutriments dans l'eau à la grandeur du pays.

Le présent rapport se concentre sur le phosphore et l'azote, en provenance surtout de cours d'eau importants (dont beaucoup franchissent les frontières canado-américaines

et provinciales), et des Grands Lacs (incluant les cours d'au les reliant). Il présente l'« état actuel » de la situation à partir des saisons d'échantillonnage récentes (2004-2006) et les analyses des tendances (c.-à-d. les changements au fil du temps) pour les données recueillies de 1990 à 2006. Il présente également de l'information contextuelle sur les pressions exercées à l'intérieur des bassins versants et des interprétations pour expliquer les tendances ou les concentrations de nutriments à des stations en particulier, lorsque cela est possible. Le rapport ne fournit pas un compte rendu détaillé des contributions relatives des facteurs environnementaux, comme les dépôts atmosphériques, la pollution de source ponctuelle et les pratiques de gestion du territoire, lesquels contribuent aux concentrations et aux tendances observées à plus grande échelle spatiale. Cependant, il indique les secteurs où des études plus poussées devraient être menées.

2 NUTRIMENTS DANS LES COURS D'EAU CANADIENS : PRÉOCCUPATIONS ET MENACES

Le phosphore est considéré depuis des décennies comme un nutriment crucial pour la croissance des plantes aquatiques et des algues et comme un facteur clé de la productivité générale des écosystèmes des eaux intérieures (Vollenweider, 1968; Dillon, 1975, Schindler, 1977; Smith, 1983) et peut-être des milieux estuariens de faible salinité (voir par exemple Schindler *et al.,* 2008; Schindler et Hecky, 2009). Des proliférations d'algues nuisibles et de denses tapis de plantes aquatiques à racines (mauvaises herbes aquatiques) sont communément observées dans les lacs et les cours d'eau enrichis au phosphore. La forte croissance de plantes aquatiques peut modifier la composition de la communauté en favorisant des espèces tolérantes à la pollution qui sont moins désirables et peuvent inclure des espèces envahissantes (Arnott et Vanni, 1996; Dove, 2009). De plus, des cyanobactéries potentiellement toxiques peuvent occasionner des problèmes de goût et d'odeur dans l'eau potable, des risques pour la santé et l'interdiction des activités récréatives dans l'eau. Les proliférations de cyanobactéries peuvent se produire en présence de certaines conditions liées aux charges en nutriments ainsi que de facteurs biologiques et physico-chimiques complexes (Watson *et al.*, 2007; Watson *et al*., 2008). La matière végétale en décomposition ainsi que la croissance inesthétique et excessive de plantes peuvent aussi colmater les tuyaux d'adduction et nuire à la navigation et à la valeur esthétique et récréative des écosystèmes aquatiques. De plus, la mortalité de poissons peut se produire à la suite à de baisses simultanées de l'oxygène dissous (Chambers *et al*., 2001b).

L'enrichissement des eaux de surface en phosphore est devenu un problème très répandu au Canada. Entre 2005 et 2007, 32 % de toutes les stations de monitoring de la qualité de l'eau (108 des 336 stations au total) au Canada enregistraient, plus de la moitié du temps, des concentrations supérieures aux recommandations pour la qualité de l'eau établies pour le phosphore (Environnement Canada, 2010). Dans son document de 2001 intitulé *Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada* (Environnement Canada, 2001), l'Institut national de recherche sur les eaux cite les nutriments comme l'une des 15 menaces importantes à la qualité de l'eau au Canada (incluant la santé humaine).

L'azote et le phosphore sont des substances présentes naturellement dans l'environnement, mais les concentrations des deux nutriments dans les milieux aquatiques ont augmenté à la suite du développement humain du territoire. Des rejets vers les eaux sont reliés à de nombreuses menaces importantes incluant les effluents

des installations de traitement des eaux usées municipales, les eaux de ruissellement urbain, les sites d'enfouissement et l'élimination des déchets, l'utilisation des terres pour l'agriculture et l'exploitation forestiere ainsi que les barrages et dérivations et les changements climatiques (Environnement Canada, 2001). Les sources diffuses, le ruissellement de surface et l'écoulement des eaux souterraines sous la surface ainsi que les dépôts atmosphériques sont à l'origine des rejets d'azote et de phosphore dans les eaux de surface au Canada.

La commercialisation des engrais chimiques voilà plus d'un siècle a accru la disponibilité des nutriments à l'échelle mondiale. Grâce aux techniques de production industrielles telles que le procédé Haber qui transforme l'azote atmosphérique (N_2) et l'hydrogène (H_2) en produits tels que le nitrate d'ammonium [$NH_3(NO_3)$], un approvisionnement presque illimité d'engrais azotés était disponible[4]. De même, la concentration de phosphore dans les sols n'était plus limitée par les caractéristiques locales du sol et le processus naturel d'atmosphérisation, ni restreinte à la fertilisation par des sources naturelles telles que le compost et le fumier de ferme[5]. L'extraction minière de roches phosphatées contenant de l'apatite a facilité la production industrielle du phosphore et des engrais N-P-K (azote-phosphore-potassium). Afin d'accroître la productivité limitée du sol, le secteur agricole canadien aurait utilisé annuellement environ un milliard de tonnes de roches phosphatées contenant de l'apatite.

Au Canada la superficie des terres cultivées fertilisées a augmenté de 37 % entre 1980 et 2005[6]. En 2001, environ 178 millions de tonnes de fumier ont été produites au Canada, en hausse de 13,9 % par rapport à 1981[7]. On estime que le surplus de phosphore (c.-à-d. l'apport en phosphore excédant les besoins des cultures) a plus que doublé entre 1990-1992 et 2002-2004[8].

En 2008, plus de 116 000 tonnes d'ammoniac, de nitrates et de phosphore ont été rejetées directement dans les eaux en provenance de grandes installations industrielles tenues de déclarer leurs rejets à l'Inventaire national des rejets de polluants[9]. La source la plus importante de ces nutriments était les systèmes d'adduction d'eau et d'égouts (85,8 %), suivie par les usines de pâtes et papiers et de carton (5,3 %) ainsi que le traitement et l'élimination des déchets (2,3 %).

3 SÉLECTION DES DONNÉES ET ANALYSES DES NUTRIMENTS

Choix des paramètres

Les paramètres choisis pour cette étude sont ceux qui ont fait l'objet d'un suivi périodique à la majorité des stations au pays, soit les suivants :

---

[4] http://www.ias.ac.in/resonance/Sept2002/pdf/Sept2002p69-77.pdf [en anglais seulement]

[5] Il peut être intéressant de souligner que, si le rythme actuel de la consommation se maintient, les réserves mondiales de phosphore seront épuisées dans environ 350 ans. (« How Long Will it Last? », *New Scientist*, numéro 194 (2605), 26 mai 2007, p.38-39.).

[6] Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, tableau CANSIM 153-0039 (consulté le 2 juin 2008).

[7] Nancy Hofmann et Martin S. Beaulieu. 2006. *Profil géographique de la production de fumier au Canada, 2001*, Statistique Canada, n° de catalogue 21-601-MIF, Ottawa.

[8] Organisation de coopération et de développement économiques. 2008. *La performance environnementale de l'agriculture dans les pays de l'OCDE depuis 1990*. Paris, France, http://www.oecd.org/document/56/0,3746,fr_2649_33793_40831472_1_1_1_1,00.html (consulté le 19 août 2008).

[9] Environnement Canada. *Résumé des données des installations de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) pour 2008*. http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=CFA83D44-1 (consulté le 20 juillet 2010).

- **Phosphore total (PT) :** Mesure de toutes les formes de phosphore dans l'eau (y compris le phosphore présent dans la matière organique, lié aux matières en suspension et dissous dans l'eau).
- **Phosphore total dissous (PTD) :** Phosphore total d'un échantillon d'eau qui a été filtré à travers une membrane (0,45 µm). Cette fraction peut être facilement assimilable par les plantes.
- **Azote total (NT) :** Mesure de toutes les formes d'azote dans l'eau (y compris l'azote présent dans la matière organique, lié aux matières en suspension et dissous dans l'eau).
- **Nitrites et nitrates (NO_2 + NO_3 ou N-N) :** Mesure de la quantité totale d'ions nitrites et nitrates dans l'eau. Ceux-ci peuvent être assimilés par les plantes et être toxiques pour les animaux s'ils sont présents à des concentrations suffisantes.

Analyse des données et choix des stations

En tout, des données provenant de 376 stations à l'échelle nationale, incluant 273 stations qui ont été combinées pour représenter 7 bassins des Grands Lacs, ont été utilisées aux fins de l'analyse de l'état trophique. Les catégories trophiques sont fondées sur les gammes de concentration de phosphore total adoptées par le CCME (voir le tableau ci-dessous). Les concentrations sont celles résultant du calcul des médianes sur trois récentes années (soit 2004 à 2006).

Catégories trophiques en fonction des concentrations de phosphore total

Concentration de PT (mg/L)	État trophique
< 0,004	Ultra-oligotrophe
0,004-0,010	Oligotrophe
0,010-0,020	Mésotrophe
0,020-0,035	Méso-eutrophe
0,035-0,100	Eutrophe
> 0,100	Hypereutrophe

Source : Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2004.

En tout, 75 stations de monitoring de la qualité de l'eau ont satisfait aux exigences minimales de données[10] pour les analyses des tendances à long terme du phosphore, alors que 84 stations ont rempli les exigences pour l'analyse de l'azote axée sur les nitrites et les nitrates. Il faut disposer d'au moins dix années de données provenant d'échantillonnages effectués entre 1990 et 2006 pour pouvoir les inclure dans les analyses des tendances. Lorsqu'une saisonnalité significative était décelée dans les données, le test de Kendall saisonnier a été utilisé pour vérifier la présence d'une forte tendance à la hausse ou à la baisse. En revanche, le test de Mann Kendall a été employé lorsque la saisonnalité n'était pas inhérente aux données.

Les résultats sont présentés individuellement, compilés à l'échelle nationale et groupés par bassin versant important du Canada. Chacun de ces bassins possède un régime hydrologique et une composition de sources de pollution et/ou d'utilisation des terres uniques.

[10] Environnement Canada (2011). *Water Quality Status and Trends of Nutrients in Canadian Surface Waters: A National Assessment*, Direction de la science et de la technologie de l'eau. Ottawa (ébauche).

Les stations devant servir à évaluer l'état et les tendances ont été choisies parmi les stations de monitoring fédérales et fédérales-provinciales existantes et conçues pour répondre à de nombreuses menaces environnementales dans le cadre de différents mandats. Ainsi, la distribution nationale des stations n'est pas uniforme, une plus grande proportion des stations étant situées dans le Sud du Canada où les menaces ont été historiquement plus grandes. De nombreuses stations sont situées dans des cours d'eau importants (p. ex., le fleuve Fraser, les rivières Saskatchewan Nord et Sud, le fleuve Mackenzie, le fleuve Saint-Laurent et la rivière Saint-Jean), des lacs majeurs (les Grands Lacs et le Grand lac des Esclaves) et de plus petites rivières le long des côtes (provinces de l'Atlantique) ou dans les zones montagneuses (Colombie-Britannique). Les bassins versants de ces stations comportent une vaste gamme d'activités agricoles (peu ou pas de culture de couverture et d'élevage du bétail dans certains bassins, voire jusqu'à 83 % de terres agricoles et 44 unités animales/km^2 respectivement dans d'autres), une densité de population (de 0 à 1 776 personnes/km^2) et des apports en provenance d'installations industrielles.

Les stations où « l'environnement est le moins perturbé » à l'intérieur d'un bassin donné sont choisies afin de pouvoir les comparer aux autres stations à l'intérieur du même bassin et d'illustrer comment les concentrations ambiantes et naturelles de fond des nutriments peuvent varier d'un bassin à l'autre à l'échelle du pays. De cette manière, elles peuvent servir de références pour la comparaison aux autres zones « exposées » aux usages agricoles ou urbains du territoire ou à d'autres pressions ou encore affectées par ceux-ci. Dans le présent rapport, 23 stations de monitoring de l'état ont été considérées comme présentant l'environnement le moins perturbé. Ces stations figurent en italique dans les tableaux des données sur l'état sous les cartes de chacun des bassins versants.

Méthodes d'analyse et d'échantillonnage

L'échantillonnage a été mené par divers ministères ou organismes fédéraux, dont Environnement Canada, Parcs Canada et Affaires indiennes et du Nord Canada, et par les ministères provinciaux ou territoriaux dans le cadre des programmes de monitoring réalisés conjointement par le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux ou territoriaux. Tous ces organismes possèdent des protocoles d'échantillonnage normalisés conçus pour éliminer les erreurs introduites par les méthodes d'échantillonnage et les techniques de préservation[11]. Aux stations situées dans les cours d'eau, l'échantillonnage consistait à prélever régulièrement des échantillons instantanés à des sites et à des fréquences déterminés pour atteindre les objectifs du programme de monitoring et les utilisations des données prévues. Dans la mesure du possible, les stations étaient situées au même endroit que les stations de monitoring du débit ou à proximité de celles-ci. L'échantillonnage des Grands Lacs a été mené à partir du *CSS LIMNOS*, navire de recherche doté de laboratoires et d'une capacité d'échantillonnage jour et nuit (Williams, 1971; Carew et Williams, 1975). Les méthodes de prélèvement des échantillons et l'instrumentation pour la période de 1968 à 1994 sont décrites dans Carew et Williams (1975) et L'Italien et Fay (1993).

La présence de nutriments dans les échantillons de tous les programmes de monitoring a été mesurée à l'aide de méthodes acceptées à l'échelle nationale par des laboratoires partout au Canada. Ces laboratoires possèdent tous une accréditation de la Canadian Association for Laboratory Accreditation Inc. (CALA). Un résumé des méthodes

[11] Environnement Canada (2010). *Water Quality Status and Trends of Nutrients in Canadian Surface Waters: A National Assessment*, Direction de la science et de la technologie de l'eau. Ottawa (en préparation). Le rapport présente une liste des manuels.

d’analyse des paramètres évalués dans ce rapport figure dans Environnement Canada (2010).

Les méthodes d’analyse pour la plupart des paramètres sont demeurées essentiellement les mêmes depuis 1990, ce qui a permis d’examiner les ensembles de données afin d’y déceler des tendances temporelles. Certaines exceptions se sont produites lorsque les méthodes de laboratoire ont changé depuis 1990.

4 SURVOL NATIONAL DE L'ÉTAT ET DES TENDANCES

4.1 État national de l'azote et du phosphore

Des quatre paramètres liés aux nutriments qui ont été évalués dans le présent rapport, le phosphore total possède la meilleure couverture spatiale à l'échelle nationale. Il est utilisé pour évaluer l'état trophique d'après le système de classification approuvé par le CCME (2004). La gamme des concentrations médianes de phosphore total s'étendait de moins de 0,001 à 0,342 mg/L. Au Canada, 20 des 27 stations où l'eau est eutrophe ou hypereutrophe se situent dans les Prairies ou dans les grandes rivières du Nord. Dans sept de ces rivières, plus de 80 % de leur phosphore total est présent sous forme particulaire (granulaire). Ce phosphore particulaire, charrié le plus souvent par l'écoulement de la rivière avec les matières en suspension (MES), est typiquement non biodisponible[12].

Les concentrations de phosphore total aux stations où l'environnement est le moins perturbé se situaient pour la plupart dans la gamme de celles mesurées aux autres stations suivies à l'intérieur d'un bassin donné; les concentrations variaient entre 0,001 et 0,15 mg/L.

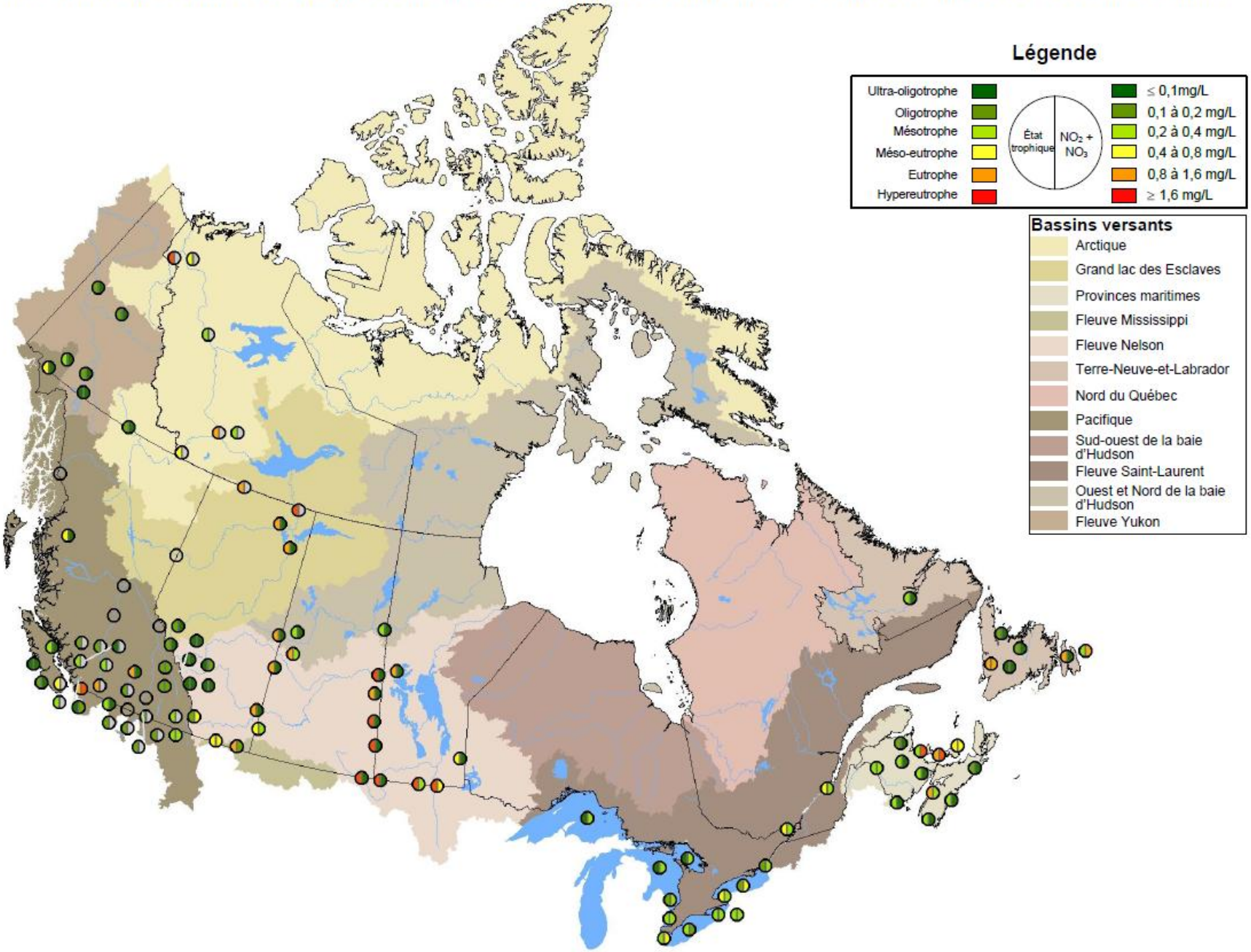
À l'encontre des rivières comportant une proportion élevée de phosphore particulaire lié aux MES, six rivières hypereutrophes du bassin des rivières Assiniboine et Rouge possédaient un taux de phosphore total dissous (plus biodisponible) variant entre 49 % et 72 % du phosphore total.

La gamme des concentrations médianes d'azote (mesurées en tant que nitrites et nitrates) variaient d'une valeur inférieure à la limite de détection (généralement de 0,002 mg/L) à 6,9 mg/L. Les concentrations les plus élevées d'azote ont été mesurées à l'Île-du-Prince-Édouard, dans les Grands Lacs (en particulier les lacs Érié et Ontario) et en Colombie-Britannique; six de ces stations enregistraient des concentrations supérieures à la recommandation du CCME pour les nitrates visant la protection de la vie aquatique (2,9 mg/L). Le centre et l'Ouest du Canada ainsi que la région de l'Atlantique présentaient des concentrations relativement faibles et modérément variables.

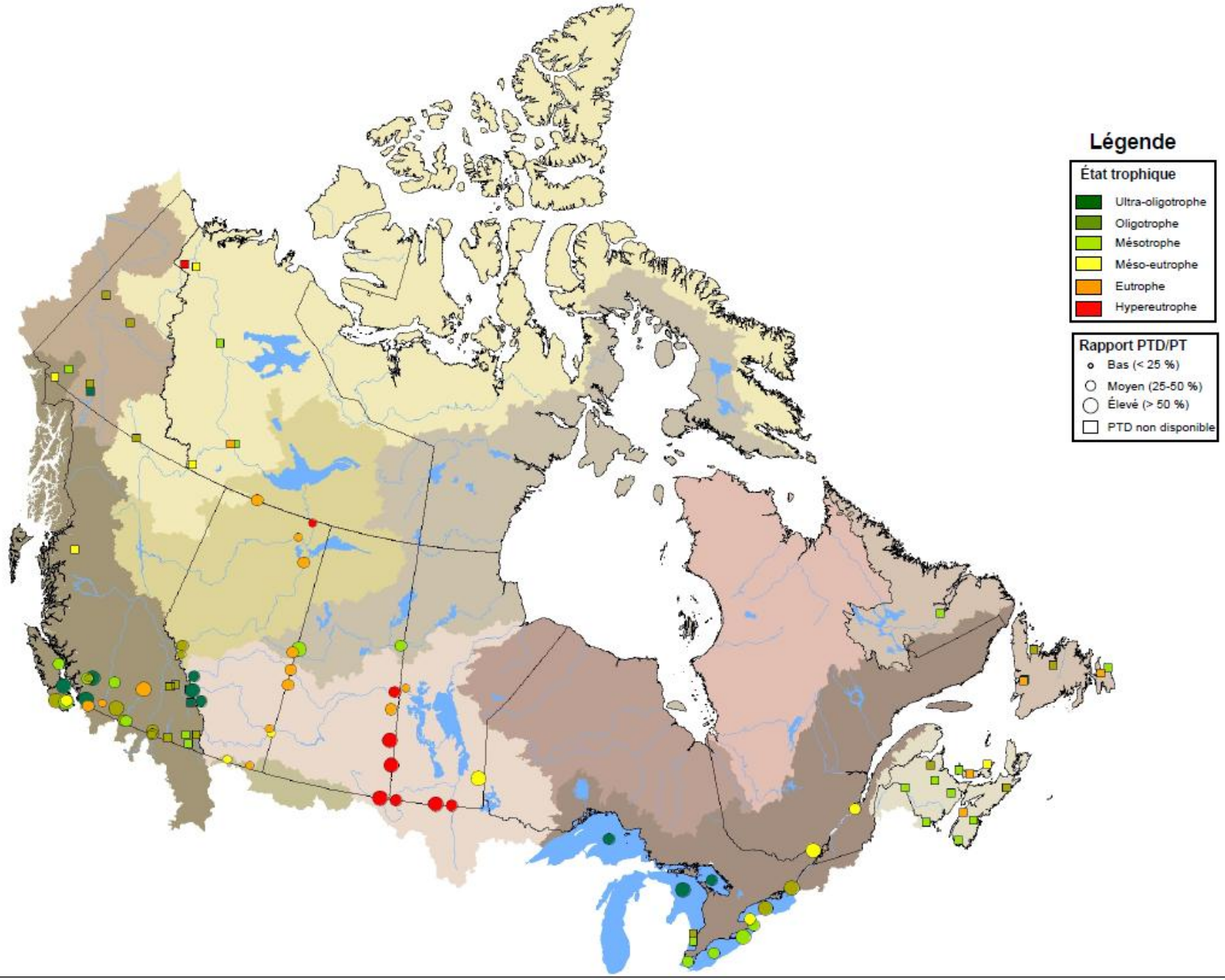
Les concentrations de nitrates aux stations où l'environnement est le moins perturbé variaient de 0,005 à 0,382 mg/L, et figuraient généralement parmi les plus faibles concentrations observées aux stations suivies nationalement.

[12] Au fil du temps, il est possible que la dégradation bactérienne et les réactions physicochimiques transforment le phosphore particulaire en phosphore plus facilement biodisponible. Certaines espèces envahissantes comme la moule zébrée peuvent aussi accomplir cette transformation (filtration, digestion, excrétion).

État trophique (phosphore total [PT]) et concentrations de nitrates et nitrites (NO_3 + NO_2) des eaux, de 2004 à 2006, au Canada



Phosphore total (PT) et rapport entre le phosphore total dissous (PTD) et le phosphore total (PT) dans les eaux, 2004 à 2006, au Canada



4.2 Tendances nationales pour l'azote et le phosphore

Des 75 stations pour lesquelles des données sur le phosphore total sont disponibles, 16 (ou 21 %) présentent des hausses, 23 (ou 31 %) affichent des baisses et 36 (ou 48 %) n'indiquent aucun changement au cours de la période de 1990-2006. Pour la moitié des stations où le phosphore total est à la hausse, l'ampleur de cette augmentation est assez forte pour modifier l'état trophique d'au moins une catégorie (p. ex., d'oligotrophe à mésotrophe).

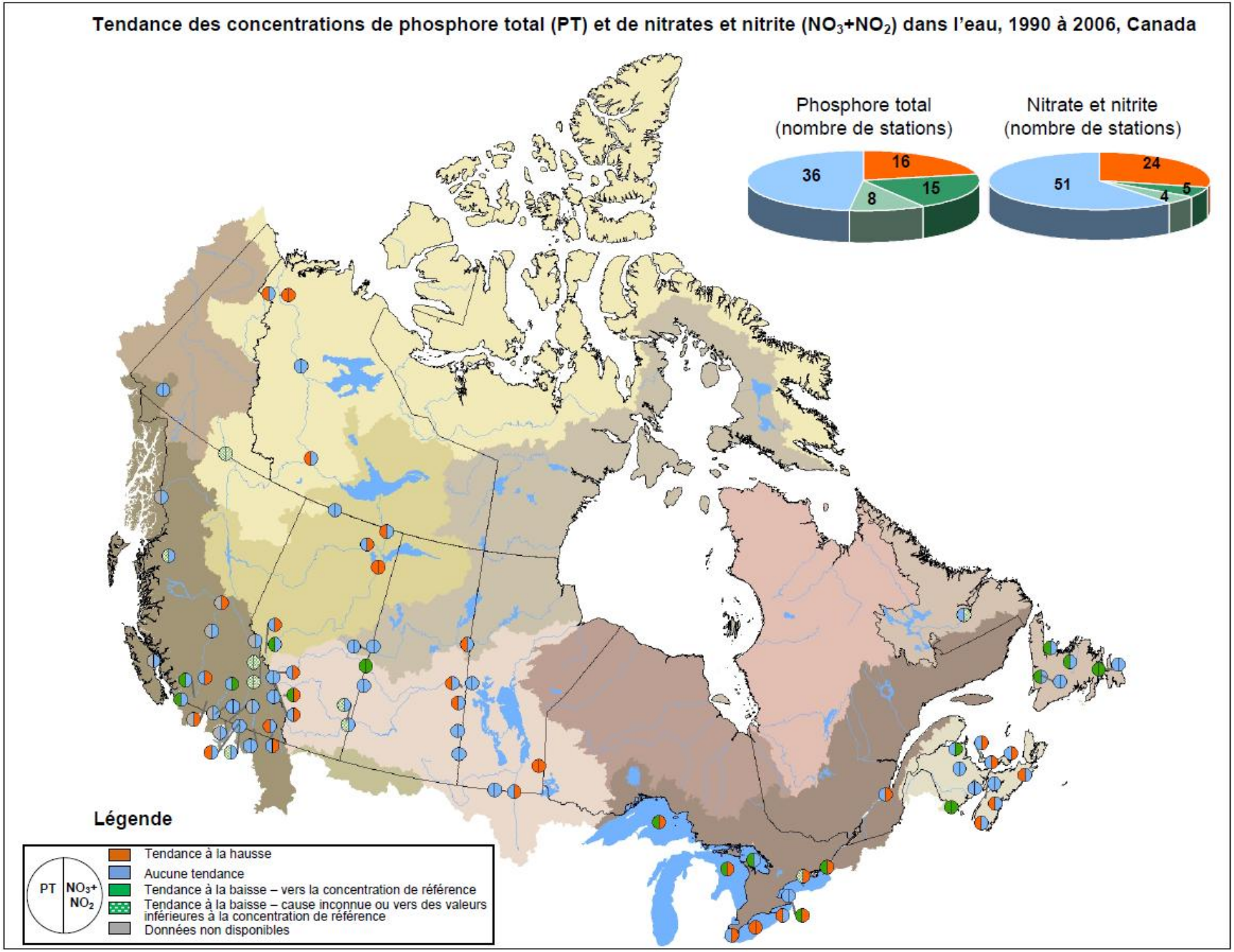
Des 84 stations où des analyses ont été effectuées pour dégager les tendances des nitrites et des nitrates entre 1990 et 2006, 9 (11 %) affichent une baisse, 24 (29 %) indiquent une tendance à la hausse, et 51 (61 %) ne montrent aucun changement.

Le phosphore et l'azote ne suivent pas toujours les mêmes tendances. Trente-et-une des 75 stations (41 %) présentent une tendance parallèle à la hausse (4) ou à la baisse (6) ou ne présentent aucune tendance (21) pour les deux paramètres, alors que 45 des 75 stations (60 %) indiquent des tendances différentes, y compris 6 stations où l'on dégage des tendances opposées. Cette situation est attribuable aux processus très différents qui régissent les apports et le cycle de ces nutriments. Les concentrations de phosphore semblent augmenter en aval des bassins, alors que ce n'est pas le cas pour l'azote.

Les hausses et les baisses de l'azote et du phosphore sont réparties partout au Canada. Cependant, certaines tendances spatiales peuvent être observées et comprennent notamment :

- des baisses du phosphore total dans les Grands Lacs, sauf dans le lac Érié, et des hausses simultanées des nitrites et nitrates;
- des hausses des nitrites et nitrates à toutes les stations de l'Île-du-Prince-Édouard;
- des hausses du phosphore total en Nouvelle-Écosse (trois des quatre stations) et dans le bassin versant de l'Arctique (trois des cinq stations);
- des baisses du phosphore total dans l'Ouest de l'Alberta (trois des quatre stations dans le bassin versant du fleuve Nelson), dans le bassin versant de l'océan Pacifique (six des huit stations présentant des tendances significatives) et dans celui de Terre-Neuve-et-Labrador (quatre des sept stations).

Tendance des concentrations de phosphore total (PT) et de nitrates et nitrite (NO_3+NO_2) dans l'eau, 1990 à 2006, Canada



5 ÉTAT ET TENDANCES À L'ÉCHELLE RÉGIONALE ET DES STATIONS

Dans cette section, l'information est présentée par bassin, bien que les données y soient principalement analysées à l'échelle des stations. Les tendances de l'azote et du phosphore sont examinées ci-après pour 10 des 12 principaux bassins versants du Canada. L'information sur les stations est fournie dans le tableau sur l'état trophique figurant au bas de la carte de chacun des bassins versants. Quant au tableau du profil des stations fourni à l'annexe A, il présente de l'information contextuelle supplémentaire pour chaque station.

5.1 Bassin versant de l'océan Arctique

5.1.1 Bassin versant du Grand lac des Esclaves (974 854 km^2)

Faits saillants sur les nutriments :

- 9↑ (neuf tendances à la hausse)
- 3↓ (trois tendances à la baisse)
- ↔12 (12 quadrants[13] sans tendance significative)
- L'état trophique varie d'oligotrophe (0,004 mg/L de PT) à hypereutrophe (0,169mg/L de PT)
- L'état trophique varie d'eutrophe à hypereutrophe, et des tendances à la hausse sont observées à trois stations pour le P
- Les concentrations de PT, de PTD et de NT augmentent avec la distance en aval

Bien qu'il soit peu densément peuplé comptant moins d'une personne par kilomètre carré, le bassin du Grand lac des Esclaves abrite l'industrie canadienne des sables bitumineux où environ 38 000 km^2 sont loués pour l'extraction à ciel ouvert et l'extraction *in situ*. Un total de 5,8 % de sa superficie est considéré comme perturbé[14], soit le plus haut niveau parmi les bassins canadiens, et une superficie additionnelle de 64 000 km^2 (6,5 %) est occupée par des terres cultivables. Cependant, la plus vaste superficie protégée au Canada (parc national du Canada Wood Buffalo : 44 800 km^2) est aussi située dans le bassin. L'augmentation du développement économique du bassin est survenue majoritairement dans les années 1990, ce qui coïncide avec la période choisie pour l'analyse des tendances.

Le Grand lac des Esclaves (27 048 km²) et le lac Athabasca (7 849 km²) sont respectivement les quatrième et huitième grands lacs du Canada en superficie. Les rivières Athabasca et de la Paix (1 923 km) sont, pour leur part, deux importants cours d'eau de ce bassin versant. Bien qu'il apparaisse comme un endroit reculé, le bassin a fait l'objet d'un suivi assez complet[15].

---

[13] Un quadrant correspond à un quart du symbole circulaire de tendance pour chacune des stations.

[14] Couverture terrestre autre que les catégories suivantes : végétation, territoire agricole, eau, neige et glace ou territoire urbain et bâti.

[15] Le monitoring des nutriments est un grand enjeu dans ce bassin depuis des décennies et elle a été un des huit sujets clés de l'Étude sur les bassins des rivières du Nord, achevée en 1999. L'étude a traité des charges et des influences apportées par les secteurs industriel, agricole et municipal, notamment des apports ponctuels en nutriments provenant des usines de pâtes et papiers et des stations municipales de traitement des eaux usées situées le long de la rivière Athabasca et des rivières Smoky et Wapiti. Des organismes environnementaux fédéraux et provinciaux évaluent actuellement les limites des charges en nutriments dans d'autres parties du réseau hydrographique (Chambers *et al.*, 2000; Scrimgeour et Chambers, 2000).

	Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
	Identificateur de la carte	**Nom de la station**	**$NO_2 + NO_3$**	**NT**	**PTD**	**PT**	**État trophique**
Bassin versant du Grand lac des Esclaves	*GS01*	*Rivière Athabasca en aval des chutes Athabasca*	0,091	0,139	0,001	0,005	Oligotrophe
	GS03	*Rivière Athabasca à l'autoroute 16 en amont de la rivière Snaring*	0,083	0,143	0,001	0,004	Oligotrophe
	GS02	Rivière Athabasca à Baseline 27	0,044	0,551	0,016	0,058	Eutrophe
	GS05	Rivière de la Paix en amont de la rivière Alces	0,21*	-	0,003	-	-
	GS06	Rivière de la Paix à la pointe Peace	0,043	0,47	0,006	0,097	Eutrophe
	GS07	Rivière des Esclaves à Fitzgerald, en Alberta	0,001	0,491	0,01	0,169	Hypereutrophe
	GS04	*Rivière Hay près de la frontière Alberta–T.N.-O.*	< 2,0	-	0,02	0,055	Eutrophe

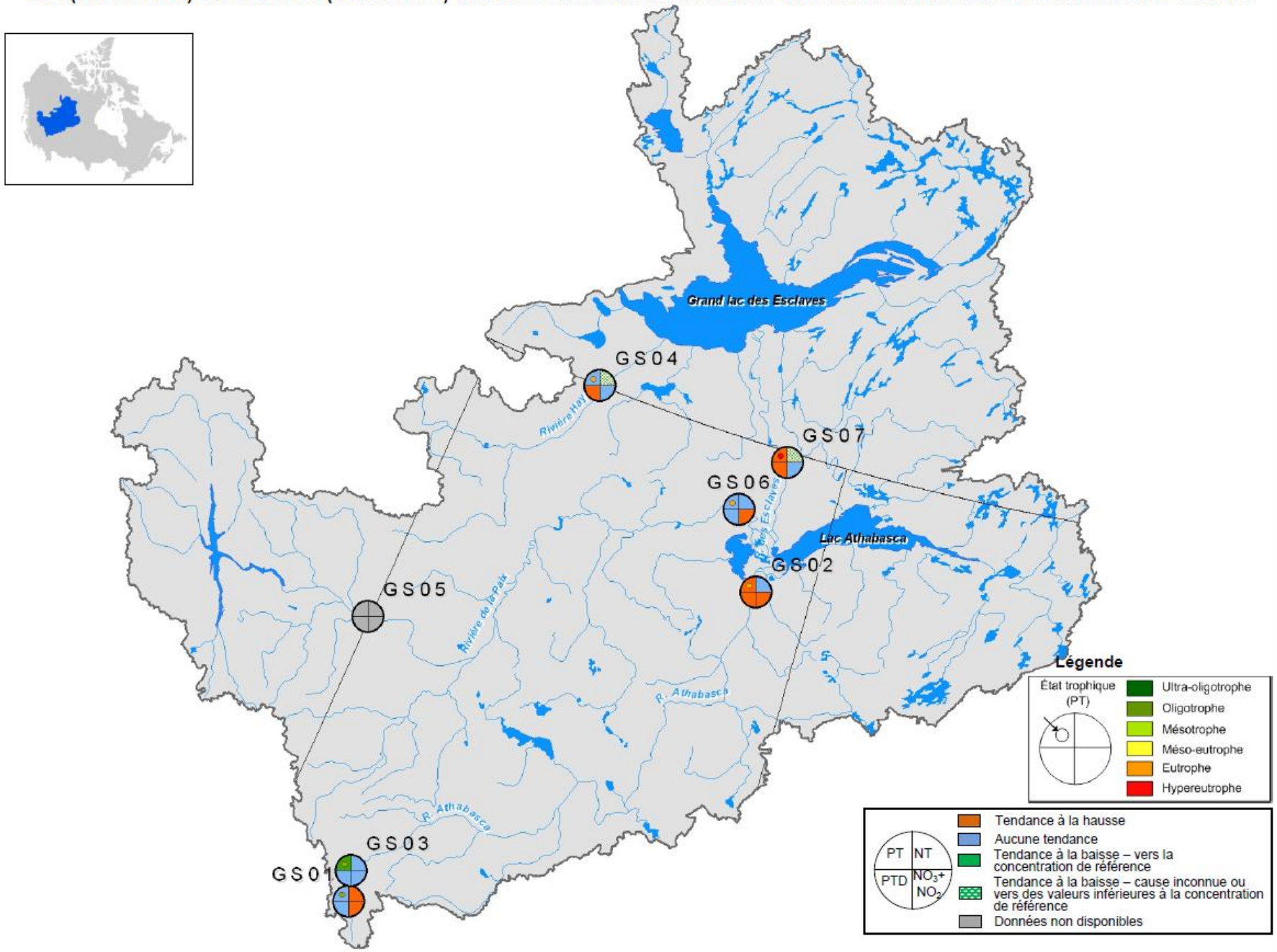
Note : Les caractères italiques indiquent les stations où « l'environnement est le moins perturbé ».
* 30% des échantillon, ou plus, ont des valeurs inférieures aux limites de détection.
Abréviations : $NO_3 + NO_2$, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total.

Somme toute, les tendances sont mixtes. Pour la plupart des nutriments, les tendances dégagées à partir des stations sont stables (aucun changement). Cependant une augmentation des concentrations de nutriments est observée à un plus grand nombre de stations qu'une diminution. De plus, l'état trophique en fonction du phosphore total serait considéré comme hautement variable selon la station. Les stations oligotrophes (c.-à-d. où l'état est considéré oligotrophe, soit GS01 et GS03) sont situées en amont, alors que les stations hypereutrophes (GS02[16] et GS07) se trouvent en aval. Une station où l'environnement est le moins perturbé (la GS04[17] sur la rivière Hay juste au nord de la frontière entre l'Alberta et les Territoires du Nord-Ouest) présente un état eutrophe, bien que celui-ci puisse être davantage dû à une influence naturelle liée à la charge élevée en matières en suspension dans la rivière. Au contraire, la station GS-03, en aval de Jasper, montre une tendance à la baisse du phosphore total, probablement attribuable à une réponse humaine positive récente[18].

Dans un autre cas, la confluence d'une rivière peut alimenter la tendance à la hausse en phosphore, bien que cela puisse être lié aux conditions naturelles de fond (station GS07)[19].

[16] La station GS02 se trouve sur la rivière Athabasca, à 160 km en aval de Fort McMurray mais en amont du lac Athabasca et des milieux humides du delta. L'état eutrophe de la station combiné aux tendances à la hausse des concentrations de PT, de PTD et de N-N justifie qu'on se préoccupe des effets potentiels sur les écosystèmes en aval sur le delta Paix-Athabasca.
[17] La valeur médiane de la concentration de PT est de 0,55 mg/L; toutefois, la concentration de PTD, plus biodisponible, n'est que de 0,02 mg/L, soit environ 3,6 % du phosphore.
[18] L'amélioration, en 2003, de la station municipale de traitement des eaux usées par l'ajout d'un traitement tertiaire incluant l'enlèvement du phosphore (Glozier *et al.*, 2004).
[19] La station GS07 reçoit les eaux des rivières Athabasca et de la Paix, car il se trouve en aval de la confluence des rivières de la Paix et des Esclaves, au nord du lac Athabasca. Les tendances à la hausse des concentrations de PT et de PTD, combinées à un état hypereutrophe (PT = 0,169 mg/L), font du monitoring supplémentaire des sources de nutriments et des effets potentiels sur les écosystèmes une priorité pour cette station. Dans une publication récente de Glozier *et al.* (2009), on apprend que les valeurs élevées de PT et de NT à ces stations étaient associées à des périodes naturelles de fortes charges de matières en suspension. En effet, plus de 70 % de la concentration de phosphore total observée s'explique par des périodes saisonnières où le débit de l'eau et la concentration de matières en suspension sont élevés. Ainsi, classer un site comme hypereutrophe en considérant seulement les données de PT peut être trompeur.

État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans le bassin versant du Grand lac des Esclaves



5.1.2 Bassin versant de l'Arctique (2,6 million km²)

Faits saillants sur les nutriments :

- 8↑ (huit tendances à la hausse)
- 2↓ (deux tendances à la baisse)
- ↔8 (huit quadrants sans tendance significative)
- L'état trophique varie d'oligotrophe à hypereutrophe (0,15mg/L de PT)
- L'état trophique varie d'eutrophe à hypereutrophe, et des tendances à la hausse sont observées à trois stations pour le P
- La station de la rivière Peel affiche un état hypereutrophe et des tendances ↑PTD et ↑PT
- Les concentrations du PT, du PTD et de NT augmentent en fonction de la distance en aval

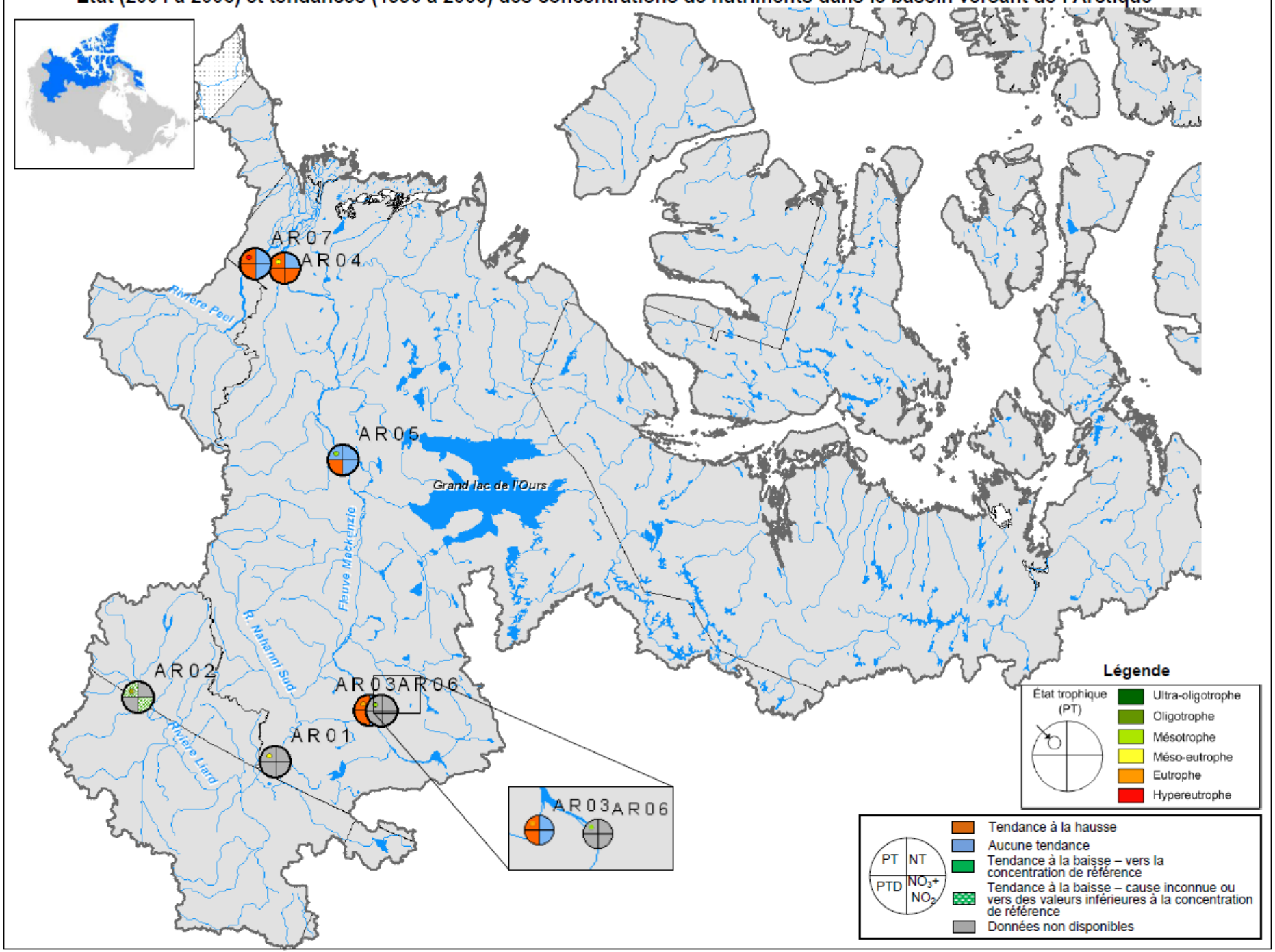
Le bassin versant de l'Arctique est le plus grand des bassins versants importants du Canada; il représente le quart de la masse terrestre, mais il abrite moins de 0,1 % de la population. Bien qu'il soit relativement non développé, les possibles menaces à la zone comprennent notamment l'exploration et l'exploitation des combustibles fossiles, l'exploitation minière et la livraison, telles que le projet du pipeline de la vallée du Mackenzie. Le dégel du pergélisol causé par les changements climatiques libérera beaucoup de sédiments dans l'eau, lesquels n'étaient pas érodables lorsque le sol était gelé.

	Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
	Identificateur de la carte	**Nom de la station**	**NO_2 + NO_3**	**NT**	**PTD**	**PT**	**État trophique**
Bassin versant de l'Arctique	*AR02*	*Rivière Liard à Upper Crossing*	0,045	-	-	0,006	Oligotrophe
	AR01	*Rivière Liard à Fort Liard*	0,051	-	0,005	0,03	Méso-eutrophe
	AR03	*Rivière Liard près de l'embouchure*	< 2,0	-	0,005	0,05	Eutrophe
	AR07	*Rivière Peel en amont de Fort McPherson*	0,16	-	0,005	0,15	Hypereutrophe
	AR06	*Fleuve Mackenzie à la pointe Strong*	< 2,0	-	0,005	0,02	Mésotrophe
	AR05	*Fleuve Mackenzie à Norman Wells*	< 2,0	-	0,005	0,01	Mésotrophe
	AR04	*Fleuve Mackenzie en amont de la rivière Arctic Red*	0,55	-	0,005	0,028	Méso-eutrophe

Note: Les caractères italiques indiquent les stations où « l'environnement est le moins perturbé ».
Abréviations : NO_3 + NO_2, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total.

Ce bassin versant comprend le deuxième plus grand lac en importance du Canada, le Grand lac de l'Ours (30 764 km²), et le fleuve le plus long, le Mackenzie (4 241 km), qui draine 60 % des eaux douces s'écoulant vers l'océan Arctique en provenance du Canada.

État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans le bassin versant de l'Arctique



Dans le bassin versant de l'Arctique, les stations d'échantillonnage se concentrent le long de la rivière Liard et du Mackenzie. Une station est aussi présente sur la rivière Peel, un tributaire du Mackenzie. Neuf des 18 quadrants affichent une tendance à la hausse des concentrations. Fait à noter, des tendances à la hausse en phosphore total dissous sont observées à toutes les stations pour lesquelles il existe suffisamment de données pour les calculs. Le fait qu'une augmentation du phosphore total dissous est enregistrée simultanément à tous les sites peut indiquer une hausse des sources d'érosion[20] dans le bassin. Le phosphore total et le phosphore dissous ont affiché des tendances différentes entre les stations, les concentrations médianes du phosphore total variant d'oligotrophes à hypereutrophes. Les augmentations des concentrations de phosphore qui ont dominé les tendances à la hausse dans le bassin n'étaient pas attribuables au débit, mais elles pourraient être liées au réchauffement des températures et à la fonte du pergélisol. Ces phénomènes pourraient en contrepartie avoir des conséquences graves sur les charges en nutriments et la production potentielle d'algues[21].

5.2 Bassin versant de la baie d'Hudson et de la baie James

5.2.1 Bassin versant de l'ouest et du nord de la baie d'Hudson (1,25 million km^2)

Faits saillants sur les nutriments:

- 2↑ (deux tendances à la hausse)
- 1↓ (une tendance à la baisse)
- ↔9 (neuf quadrants sans tendance significative)
- L'état trophique varie de mésotrophe à eutrophe (0,070 mg/L de PT)
- Deux stations où « l'environnement est le moins perturbé » présentent un état mésotrophe
- Les augmentations du P dans la rivière Churchill ne sont pas liées au débit
- La tendance ↓PTD à la station HB01 à la hauteur de Beaver Crossing peut s'expliquer par une réduction du flux des nutriments en raison de l'agrandissement des lagunes aérées pour le traitement des eaux usées de la ville de Cold Lake

Les parties occidentale et septentionale de la baie d'Hudson, où vit moins de 1 % de la population, constituent le deuxième bassin versant en importance pour sa superficie au Canada. L'exploitation plus récente des sables bitumineux dans le secteur de Cold Lake, l'une des trois zones clés de dépôts de sables bitumineux en Alberta, pourraient menacer les conditions du bassin versant[22]. Les aménagements hydroélectriques,

[20] La présence de phosphore peut être imputable au dégel du pergélisol et à d'autres effets de changements ou de variations climatiques. « On trouve du pergélisol sur tout le territoire, et il est continu dans les régions boréales comme le delta du Mackenzie, où il peut s'étendre jusqu'à une profondeur de 100 mètres » [*traduction*] (Benke et Cushing, 2005). Il existe en effet des preuves que la température ambiante a augmenté de 1,7 °C entre 1951 et 2001 (Hartman et Wendler, 2005). En raison de cette tendance au réchauffement, le pergélisol recule dans les régions polaires, la débâcle printanière se produit plus tôt et les régimes fluviaux changent, tout comme les mouvements de carbone et de sédiments (Hinzman *et al*., 2005; Walvoord et Striegl, 2007).

[21] Les chercheurs participant à l'Année polaire internationale ont mené une étude de la qualité des eaux sur 120 sites répartis dans 58 rivières de l'est de l'Arctique canadien, depuis les monts Torngat dans le nord du Labrador jusqu'au parc national du Canada Quttinirpaaq sur la pointe nord de l'île d'Ellesmere. Les paramètres à l'étude incluaient les algues et les nutriments. Les concentrations de nutriments et d'ions étaient très faibles, sauf quelques exceptions attribuables aux caractéristiques géologiques locales.

[22] L'augmentation de la salinité des eaux de surface et la réduction des niveaux d'eau dans le bassin du lac Cold et de la rivière Beaver coïncident avec l'augmentation de l'utilisation de procédés thermiques pour extraire le pétrole et avec l'augmentation de la contamination des eaux souterraines dans le secteur (Alberta Environment, 2006). On ignore si les tendances à la hausse des concentrations de P observées à la station HB02, à des centaines de kilomètres en aval, sont,

l'exploitation minière, l'expansion des activités forestières vers le nord et le dégel du pergélisol pourraient aussi menacer la qualité de l'eau dans un avenir rapproché.

La rivière Churchill (1 609 km) et le lac Reindeer (5 658 km²) sont d'importants plans d'eau du bassin versant.

	Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
	Identificateur de la carte	**Nom de la station**	**NO_2 + NO_3**	**NT**	**PTD**	**PT**	**État trophique**
Bassin versant de l'ouest et du nord ¨ de la baie d'Hudson	HB01	Rivière Beaver à Beaver Crossing	0,043	0,941	0,023	0.07	Eutrophe
	HB03	*Rivière Cold à l'exutoire du lac Cold*	0,005	0,41	0,01	0,02	Mésotrophe
	HB02	*Rivière Churchill en aval du lac Wasawakasik*	0,005	0,388	0,007	0,.02	Mésotrophe

Note : Les caractères italiques indiquent les stations où « l'environnement est le moins perturbé ».
Abréviations : NO_3 + NO_2, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total.

Comme seulement trois stations sont situées dans la région, il est difficile de déceler des tendances générales pour le bassin. Néanmoins, les trois stations présentent des caractéristiques comparables et des changements mineurs relatifs aux nutriments au fil du temps.

L'état trophique des stations de monitoring des rivières Cold (HB03) et Churchill (HB02) était mésotrophe, alors que celui de la station de la rivière Beaver (HB01) était classé eutrophe. Cette station présentait cependant une tendance à la baisse du phosphore total dissous[23].

de quelque manière que ce soit, liées à cette activité industrielle. La station HB02 se trouve à environ 10 km en aval du village le plus proche, Wapaskokima, lequel compte moins de 500 habitants.

[23] Cette tendance à la baisse des concentrations de PTD pourrait être liée à l'amélioration des pratiques agricoles dans la région ou à l'amélioration du traitement des eaux usées à Cold Lake. Selon un rapport récent du ministère de l'Environnement de l'Alberta, les concentrations de N-N et de PTD ont toutes deux diminué dans la rivière Beaver, ce qui pourrait être attribuable à une réduction du flux de nutriments provenant des eaux usées de Cold Lake à la suite de l'agrandissement d'une lagune d'aération. La lagune se déverse dans le ruisseau Marie, lequel rejoint la rivière Beaver en amont de Beaver Crossing, où se trouve la station HB01 (Alberta Environment, 2006).

État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans le bassin versant de la baie d'Hudson

Rivière Thelon
Rivière Ennadai
Rivière Quoich
Lac Dubawnt
Thelon River
Rivière Kazan
R. Dubawnt
R. Thlewiaza
Rivière Seal
Rivière Churchill
Lac Reindeer
R. Reindeer
Rivière Beaver
HB01
HB02

Légende

État trophique (PT)

- Ultra-oligotrophe
- Oligotrophe
- Mésotrophe
- Méso-eutrophe
- Eutrophe
- Hypereutrophe

PT | NT
PTD | NO_3+ NO_2

- Tendance à la hausse
- Aucune tendance
- Tendance à la baisse – vers la concentration de référence
- Tendance à la baisse – cause inconnue ou vers des valeurs inférieures à la concentration de référence
- Données non disponibles

5.2.2 Bassin versant du fleuve Nelson (987 014 km², à l'intérieur du Canada)

Faits saillants sur les nutriments :

- 14↑ (14 tendances à la hausse)
- 12↓ (12 tendances à la baisse)
- ↔34 (34 quadrants sans tendance significative)
- L'état trophique varie d'ultra-oligotrophe à hypereutrophe (0,342 mg/L de PT)
- Les trois stations où « l'environnement est le moins perturbé » sont ultra-oligotrophes (pauvres en nutriments)
- L'état trophique des six stations du bassin versant des rivières Assiniboine et Rouge est hypereutrophe, bien qu'une station indique une tendance à la hausse (NT) pour la période 1990-2006. Un ratio élevé de PTD/PT aux six stations est cohérent avec l'hypothèse selon laquelle ces eaux puissent être déjà saturées en phosphore, ou presque.
- Tendances ↑ pour les quatre nutriments et état trophique méso-eutrophe pour la station de la rivière Winnipeg en amont du lac Winnipeg
- La station de la rivière Bow en amont de Canmore affiche des tendances à la baisse du PT, du PTD et de NT qui sont attribuables à l'amélioration de l'usine d'épuration des eaux usées de Banff

Deuxième bassin au Canada pour sa population (5 millions de résidents), le bassin versant du fleuve Nelson comprend deux des zones métropolitaines qui connaissent la plus rapide croissance au pays, Edmonton et Calgary. Ce bassin compte 70 % des terres cultivables du Canada (471 000 km²) qui s'étendent sur 48 % de sa superficie, soit cinq fois plus que tout autre bassin versant. Les biocarburants et la demande mondiale en aliments devrait accroître la pression exercée pour cultiver les pâturages subsistants des Prairies. Au nombre des autres menaces figurent les activités pétrolières et gazières en Alberta et en Saskatchewan, l'intense concurrence pour obtenir les ressources limitées en eau, l'exploitation minière et les autres industries.

Le bassin renferme le lac Winnipeg qui draine un territoire d'une superficie de 982 000 km² (82 % au Canada) et reçoit des apports en provenance de nombreuses rivières importantes des Prairies. Le lac Winnipeg, qui se classe sixième parmi les plus grands lacs du Canada, continue de connaître des proliférations d'algues à chaque année.

De nombreuses rivières affichent des tendances stables en matière de concentrations. Par contre, « aucune tendance » n'a été mesurée pour 34 quadrants de nutriments et seuls quelques cas supplémentaires de tendances à la hausse ont été observés comparativement aux tendances à la baisse[24]. Beaucoup de concentrations élevées en nutriments ont été enregistrées au pays dans les rivières à écoulement lent en aval des Prairies dans ce bassin versant[25]. Seules les trois stations caractérisées par l'environnement le moins perturbé (NR03, NR04, et NR07) et situées dans les eaux d'amont dans les montagnes à l'Ouest sont faibles en nutriments. Les concentrations de phosphore ont augmenté de l'amont vers l'aval dans tous les bassins fluviaux de cette zone agricole des Prairies.

---

[24] Un exemple intéressant est celui de la station de la rivière Bow, en amont de Canmore. Elle présente une tendance à la baisse des concentrations de nutriments qui s'expliquerait par l'ajout, dans une station de traitement des eaux à Banff, d'un traitement tertiaire des eaux usées qui comprend l'enlèvement du phosphore (Glozier *et al*., 2004).

[25] Les stations qui reçoivent un apport en nutriments du lac Winnipeg présentent de fortes concentrations de nutriments. La station NR05 présente trois tendances à la hausse (PTD, PT et NT) ainsi qu'un état hypereutrophe. Tout près, la station NR10 présente elle aussi des concentrations de PTD et de PT à la hausse, ainsi qu'un état eutrophe. La seule station de la rivière Winnipeg, NR17, présente aussi une tendance à la hausse pour les 4 quadrants de nutriments ainsi qu'un état méso-eutrophe.

Il convient aussi d'attirer l'attention sur les six stations du bassin versant des rivières Assiniboine et Rouge. En effet, elles sont toutes hypereutrophes, bien qu'aucune ne montre une tendance à la hausse pour la période 1990-2006[26].

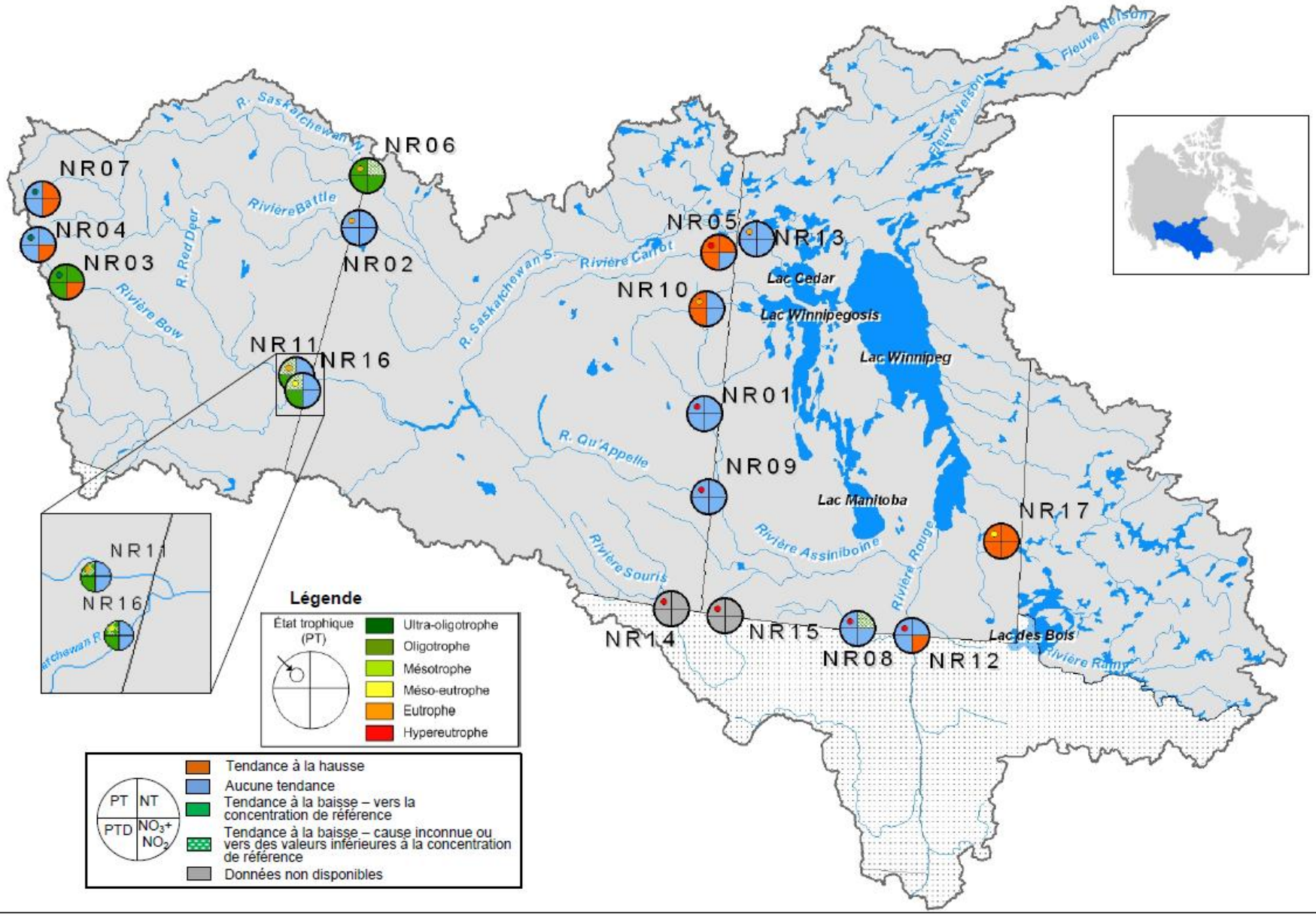
	Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
	Identificateur de la carte	**Nom de la station**	**NO_2 + NO_3**	**NT**	**PTD**	**PT**	**État trophique**
Bassin versant de la rivière Saskatchewan Sud	*NR04*	*Rivière Bow à l'autoroute 1 en amont du lac Louise*	0,066	0,124	0,001	0,001	Ultra-oligotrophe
	NR03	*Rivière Bow à environ 4,5 km en amont de Canmore*	0,073	0,147	0,001	0,003	Ultra-oligotrophe
	NR11	Rivière Red Deer près de Bindloss, en Alberta	0,038	0,587	0,008	0,053	Eutrophe
	NR16	Rivière Saskatchewan Sud *à* l'autoroute 41	0,34	0,721	0,005	0,025	Méso-eutrophe
Bassin versant de la rivière Saskatchewan Nord	*NR07*	Rivière Saskatchewan *Nord à la pointe Whirlpool*	0,099	0,138	0,001	0,003	Ultra-oligotrophe
	NR06	Rivière Saskatchewan Nord au pont de l'autoroute 17	0,247	0,629	0,014	0,047	Eutrophe
	NR02	Rivière Battle près d'Unwin, en Saskatchewan	0,005	1,036	0,023	0,061	Eutrophe
Bassin versant du cours inférieur de la rivière Saskatchewan	NR10	Rivière Red Deer à Erwood	0,081	1,158	0,023	0,051	Eutrophe
	NR05	Rivière Carrot près de Turnberry	0,031	1,332	0,052	0,13	Hypereutrophe
	NR13	Rivière Saskatchewan en amont de la rivière Carrot	0,038	0,607	0,01	0,059	Eutrophe
Bassin versant de la rivière Winnipeg	NR17	Rivière Winnipeg à Pointe Du Bois	0,073	0,533	0,017	0,029	Méso-eutrophe
Bassin versant des rivières Assiniboine et Rouge	NR01	Rivière Assiniboine au pont de l'autoroute 8	0,03	1,395	0,065	0,116	Hypereutrophe
	NR09	Rivière Qu'appelle à environ 3,2 km au sud	0,083	1,139	0,143	0,2	Hypereutrophe
	NR14	Rivière Souris près de Sherwood, au Dakota du Nord	0,032	1,38	0,1	0,175	Hypereutrophe
	NR15	Rivière Souris près de Westhope	0,014	2,58	0,169	0,342	Hypereutrophe
	NR08	Rivière Pembina à Windygates, au Manitoba	0253	1,349	0,222	0,304	Hypereutrophe
	NR12	Rivière Rouge à Emerson, au Manitoba	0,423	1,563	0,135	0,295	Hypereutrophe

Note : Les caractères italiques indiquent les stations où « l'environnement est le moins perturbé ».
Abréviations : NO_3 + NO_2, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total.

.

[26] Les rapports PTD/PT exceptionnellement élevés de ces 6 sites (le PTD variant de 49 % à 73 %) étayent l'hypothèse que ces eaux soient presque, ou déjà, saturées en phosphore, ce qui explique qu'on n'ait pas observé de tendance à la hausse des concentrations de P pour la période à l'étude. Une analyse supplémentaire des tendances pour les nutriments basée sur les données d'avant 1990 pourrait s'avérer utile, si on avait accès à ces informations.

État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans le bassin versant du fleuve Nelson



5.3 Bassin versant de l'océan Atlantique

5.3.1 Bassin versant des Grands Lacs et du Saint-Laurent (957 285 km^2, au Canada)

Faits saillants sur les nutriments (sept stations dans les Grands Lacs[27] et cinq dans les chenaux interlacustres) **:**

- 19↑ (19 tendances à la hausse)
- 10 ↓ (10 tendances à la baisse)
- ↔14 (14 quadrants sans tendance significative)
- L'état trophique varie d'ultra-oligotrophe dans les Grands Lacs supérieurs à méso-eutrophe dans le lac Érié (0,032 mg/L de PT)
- Tendance PT↑ dans le lac Érié
- Tendances ↓PT dans les lacs Supérieur, Huron et Ontario ainsi que la baie Georgienne
- Tendances N-N↑ (nitrites et nitrates) à 8 des 11 stations
- La fraction biodisponible du phosphore augmente (PTD↑) même lorsque la concentration globale de P est en baisse (PT↓)
- La fraction biodisponible du phosphore augmente (PTD/PT) constamment en aval dans l'ensemble du système des Grands Lacs, en atteignant 78 % dans le lac Ontario et un pic de 88 % à l'île Wolfe au début du fleuve Saint-Laurent
- Des tendances opposées de N↑ par comparaison avec celles de P↓ à 6 des 11 stations affichant des tendances
- Les concentrations de NO_2+NO_3 sont élevées par rapport aux autres stations faisant l'objet d'un programme national de monitoring et elles ont augmenté de façon constante dans tous les Grands Lacs, y compris les lacs Supérieur et Huron. Le NT a aussi présenté une tendance spatiale à la hausse de l'amont vers l'aval dans le bassin, ce qui coïncide avec les apports anthropiques à la hausse en aval.
- Les concentrations de NO_2+NO_3 dans les lacs sont généralement les plus élevées au printemps en raison du cycle saisonnier interne des lacs, puis elles diminuent au cours de l'été, avant d'augmenter à nouveau en automne. Certaines régions locales près du rivage tendent aussi à comporter des concentrations plus élevées en NT, spécialement à comparer aux données des eaux lacustres libres.

Le bassin versant des Grands Lacs et du Saint-Laurent est le plus peuplé au Canada avec ses 19 millions de résidents dans la partie canadienne ou près de 45 millions de personnes lorsqu'on tient compte de la partie américaine. Il se classe deuxième derrière le bassin versant du fleuve Nelson pour ce qui est du territoire couvert par des terres cultivables avec 83 000 km², ce qui représente 9 % de sa superficie. En outre, 259 installations industrielles (55 % de toutes les installations) ont déclaré leurs rejets de substances dans l'eau dans l'Inventaire national des rejets de polluants en 2008, soit plus que tout autre bassin versant important.

La valeur économique des divers usages du fleuve (transport maritime, opérations industrielles, récolte du poisson et de la faune et activités récréatives) est estimée à 165 milliards de dollars sur 20 ans. Le transport des marchandises par eau est estimé à 100 millions de tonnes par année, ce qui représente 20 000 emplois directs et indirects. Le tiers du tonnage canadien passe par les ports du Québec.

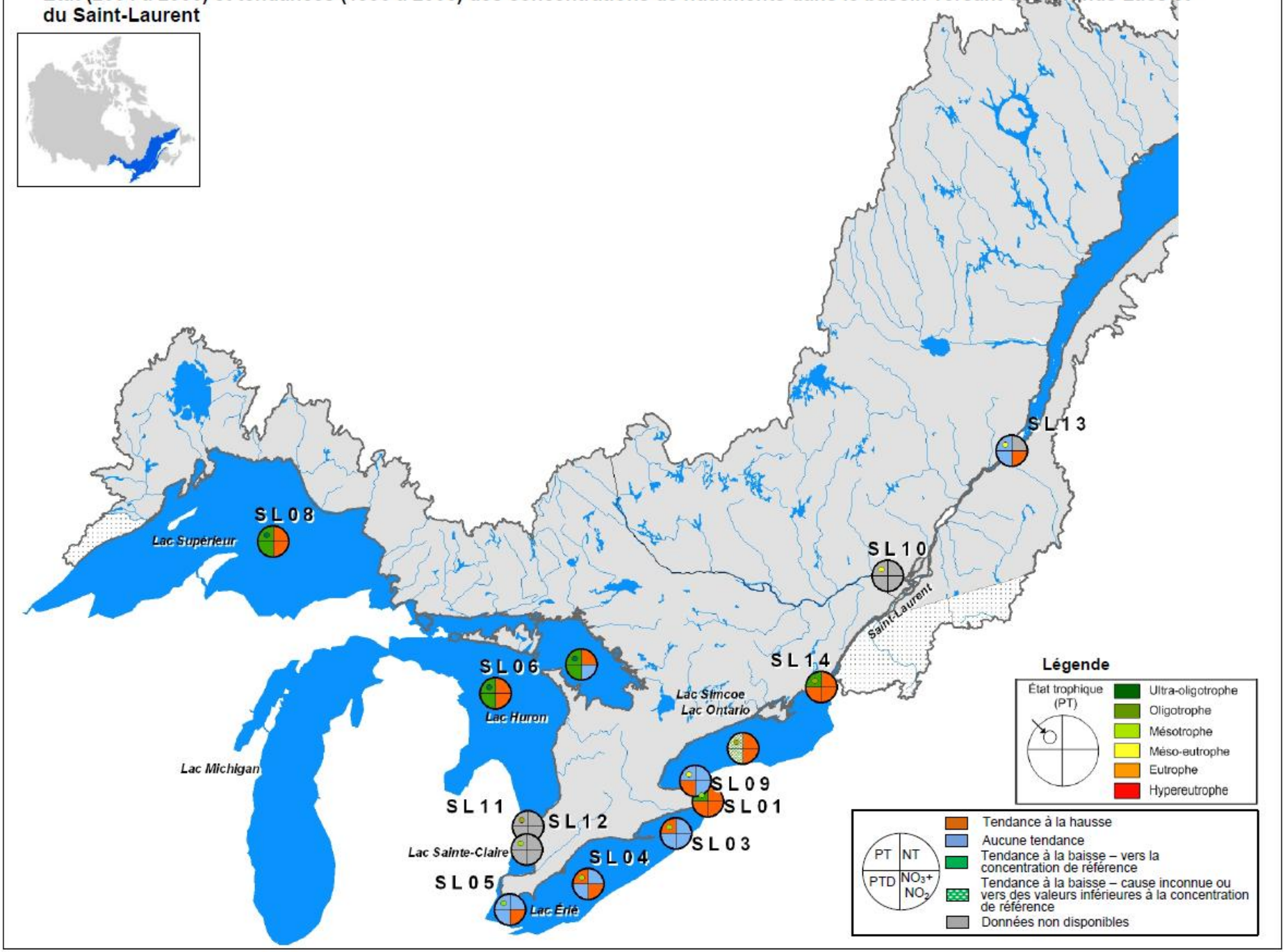
[27] Puisque les données recueillies à 255 stations dans les eaux du large des Grands Lacs sont relativement homogènes, les données sur l'état trophique et les tendances de ces stations ont été combinées en une seule station représentative pour chacun des lacs, à l'exception du lac Érié, lequel a trois bassins.

Le système Grands Lacs–Saint-Laurent draine plus de 25 % de l'approvisionnement en eau douce de la Terre. Si l'on n'examine que la partie canadienne, le lac Huron est le plus grand lac du pays, alors que les lacs Supérieur, Érié, et Ontario sont troisième, sixième et septième, respectivement. Le débit atteint au plus 8 000 m^3 à l'exutoire du lac Ontario pour s'élever jusqu'à 10 000 m^3 à l'exutoire du fleuve Saint-Laurent (point salin de l'estuaire). Les eaux du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent sont partiellement régularisées.

	Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
	Identificateur de la carte	**Nom de la station**	**$NO_2 + NO_3$**	**NT**	**PTD**	**PT**	**État trophique**
Rivière Sainte-Claire	SL11	Point Edward	0,343	0,51	-	0,007	Oligotrophe
	SL12	Port Lambton	0,353	0,513	-	0,011	Mésotrophe
Rivière Niagara	SL01	Fort Erie	0,295	0,521	0,006	0,017	Mésotrophe
	SL09	Niagara-on-the-Lake	0,305	0,529	0,007	0,021	Méso-eutrophe
Fleuve Saint-Laurent	SL14	Île Wolfe	0,366	0,57	0,007	0,008	Oligotrophe
	SL10	Rivière des Outaouais	0,21	s.o.	0,014	0,025	Méso-eutrophe
	SL13	Fleuve Saint-Laurent	0,34	s.o.	0,015	0,032	Méso-eutrophe
Grands Lacs	SL08	Lac Supérieur	0,374	0,485	0,001	0,003	Ultra-oligotrophe
	SL06	Lac Huron	0,349	0,475	0,002	0,004	Ultra-oligotrophe
	SL02	Baie Georgienne	0,33	0,455	0,001	0,003	Ultra-oligotrophe
	SL05	Bassin occidental du lac Érié	0,73	0,943	0,006	0,014	Mésotrophe
	SL03	Bassin central du lac Érié	0,189	0,401	0,005	0,011	Mésotrophe
	SL04	Bassin oriental du lac Érié	0,314	0,548	0,005	0,01	Mésotrophe
	SL07	Lac Ontario	0,451	0,643	0,005	0,007	Oligotrophe

Abréviations : $NO_3 + NO_2$, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total; s.o., sans objet.

État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans le bassin versant des Grands Lacs et du Saint-Laurent



Les tendances à la hausse signalées pour les nitrates sont cohérentes avec d'autres études et des travaux publiés qui soulignent le fait que les concentrations de nitrates ont quintuplé dans le lac Supérieur au cours du siècle dernier (Bennett, 1986; Sterner, *et al.*, 2007)[28]. Bien que les tendances du phosphore total soient à la baisse, le phosphore total dissous, plus facilement disponible aux plantes (biodisponible), présente une tendance à la hausse. Les tendances à la baisse sont observées à 6 des 11 stations, mais non dans le lac Érié où les tendances du phosphore total sont à la hausse dans les bassins central et oriental[29].

En se déplaçant vers l'est dans la direction de l'écoulement, le lac Ontario montre des tendances à la baisse pour le phosphore total dissous et le phosphore total, mais les mêmes tendances diamétralement opposées pour le phosphore sont observées à la sortie des Grands Lacs, à la hauteur de l'île Wolfe (station SL14); la concentration de phosphore total dissous augmente malgré le fait que celle de phosphore total soit en baisse. En fait, le pourcentage de phosphore total présent dans la fraction dissoute s'approche de 88 %[30]. La tendance est particulièrement prononcée près du rivage[31] où il est possible de constater l'augmentation de la prolifération d'algues nuisibles et même l'eutrophisation qui en résulte. Selon la plupart des données disponibles, les eaux lacustres libres connaissent une « oligotrophisation »[32] plutôt qu'une eutrophisation.

À partir des Grands Lacs supérieurs, les pourcentages de phosphore dans la fraction dissoute augmentent de l'amont vers l'aval :

- 33 % dans le lac Supérieur et la baie Georgienne;
- 44 % dans le lac Huron;
- de 43 à 50 % dans le lac Érié;
- 78 % dans le lac Ontario;
- 88 % à l'île Wolfe (« eaux d'amont » du fleuve Saint-Laurent).

[28] Les dépôts atmosphériques des espèces de NO_x ont souvent été identifiés comme la cause probable de l'augmentation des concentrations de nitrates en Amérique du Nord et dans les Grands Lacs (Jeffries, 1995; Jeffries et Maron, 1997; Ostrom *et al*., 1998). Des études récentes sur les isotopes de nitrates indiquent que la conversion de l'ammoniac (et d'autres formes azotées) en nitrates dans le lac pourrait aussi être un facteur important (Sterner *et al*., 2007).

[29] L'exemple de la rivière Niagara est particulièrement manifeste : on observe à la station de Fort Erie (SL01) une tendance à la hausse des concentrations de PTD, malgré une tendance à la baisse pour le PT. Le même phénomène, quoique moins prononcé, se reproduit à l'autre station de la rivière Niagara (SL09) où on observe une tendance à la hausse pour le PTD, qui s'accompagne, cette fois, d'une tendance stable pour le PT (ni hausse, ni baisse).

[30] Le phénomène pourrait être en partie attribuable à la sédimentation du phosphore particulaire dans les lacs (notamment les grands lacs) où le débit est moins grand que dans les rivières. L'espèce envahissante du genre *Dreissena* (moule zébrée), en raison de sa croissance effrénée et de sa capacité à filtrer et à recycler rapidement les nutriments, joue un rôle direct dans ce phénomène dans les lacs d'aval (Arnott et Vanni, 1996). Dove (2010, sous presse) explique que, bien que les concentrations de PT aient diminué dans le lac Ontario depuis la mise en œuvre de mesures de réduction du phosphore, la grande capacité de filtration de *Dreissena* a eu pour effet de réduire le phosphore particulaire dans le lac tout en augmentant la proportion de phosphore biodisponible (PTD).

[31] Loin du rivage, dans les eaux du large du lac Ontario, les concentrations de P sont très faibles (état oligotrophe) et la productivité du phytoplancton et du zooplancton a diminué. Par conséquent, la communauté benthique a perdu 98 % de la population de *Diporeia* (une importante proie benthique) et l'abondance des poissons-proies a diminué.

[32] On peut définir l'oligotrophisation comme la diminution de la disponibilité des nutriments sur une échelle temporelle.

5.3.2 Bassin versant des Maritimes (163 989 km^2, au Canada)

Faits saillants sur les nutriments :

- 9↑ (neuf tendances à la hausse)
- 6 ↓ (six tendances à la baisse)
- ↔13 (13 quadrants sans tendance significative)
- L'état trophique varie d'oligotrophe à eutrophe (0,045 mg/L de PT)
- Trois stations de la Nouvelle-Écosse présentent les mêmes tendances : stables N-N, ↑PT et ↓NT
- ↑NT et ↑ N-N aux trois stations de l'Î.-P.-É.
- Les N-N constituent 66 %, 92 %, et 97 % du NT aux trois stations de l'Î.-P.-É.
- Deux stations de l'Î.-P.-É. présentent des concentrations dépassant la recommandation établie par le CCME pour les nitrates en vue de protéger la vie aquatique (2,9 mg/L). La station sur la rivière Wilmot a une valeur médiane de 6,9 mg/L
- Tendances ↓PT et N-N dans la rivière St. Croix vraisemblablement liées à la baisse en charge des effluents de pâtes et papiers
- Aucune donnée sur le PTD pour l'ensemble du bassin; recommandation d'ajouter à la série analytique

Le bassin versant des Maritimes se classe au deuxième rang des bassins pour ce qui est de la densité de population (plus de 11 résidents/km²) et au quatrième rang pour ce qui est de la population totale (1,9 million de résidents). Neuf pourcent du bassin versant a une vocation agricole, les activités les plus intenses se déroulant à l'Île-du-Prince-Édouard, dans le Nord-Ouest du Nouveau-Brunswick et dans la vallée de l'Annapolis en Nouvelle-Écosse. Parmi les autres pressions, mentionnons l'exploitation minière, les pâtes et papiers et la foresterie.

Par comparaison avec le reste du pays, plusieurs rivières du bassin versant des Maritimes sont relativement courtes et se déversent assez rapidement dans les eaux côtières. La rivière Saint-Jean est la plus longue (673 km) du bassin; elle présente un historique riche en colonisation, développement commercial, foresterie, agriculture, pêche et chasse.

Le phosphore a été identifié comme un important facteur limitant dans les estuaires de l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É.) où les eaux de surface s'écoulant de l'île se déversent très rapidement (Meeuwig, 1998)[33]. Les rivières Mill et Wilmot comportent des activités agricoles importantes à même leur bassin versant, lesquelles représentent respectivement 31 % et 82 % de l'utilisation des terres du bassin (PEI DEEF, 2000)[34]. Par contre, la rivière Bear est un bassin versant où l'activité agricole, tout comme la population rurale, est faible. La couverture terrestre en amont de la station de la rivière Bear est principalement forestière, et les activités agricoles ne représentent que 9 % de l'utilisation des terres. Bien que les concentrations d'azote soient plus faibles par rapport à celles d'autres rivières de l'Î.-P.-É., elles sont élevées comparativement à celles mesurées dans d'autres stations à l'échelle nationale. De plus, la concentration des nitrites et nitrates se situe dans le 90e percentile des concentrations mesurées aux fins du présent rapport. L'écoulement souterrain vers les rivières de l'Î.-P.-É. compte

[33] Les concentrations élevées de N sont l'un des principaux sujets de préoccupation à l'Î.-P.-É. Les concentrations médianes de NT et de $NO_3 + NO_2$ mesurées dans les rivières Wilmot et Mill sont les valeurs les plus élevées de la présente étude nationale.

[34] La principale source d'azote dans le bassin versant de l'Î.-P.-É est l'industrie agricole, suivie du développement rural. Généralement, les concentrations de nitrates dépendent de la superficie de terres déboisées et de la quantité de cultures en rangs dans chaque bassin (PEI DFAE, 2003).

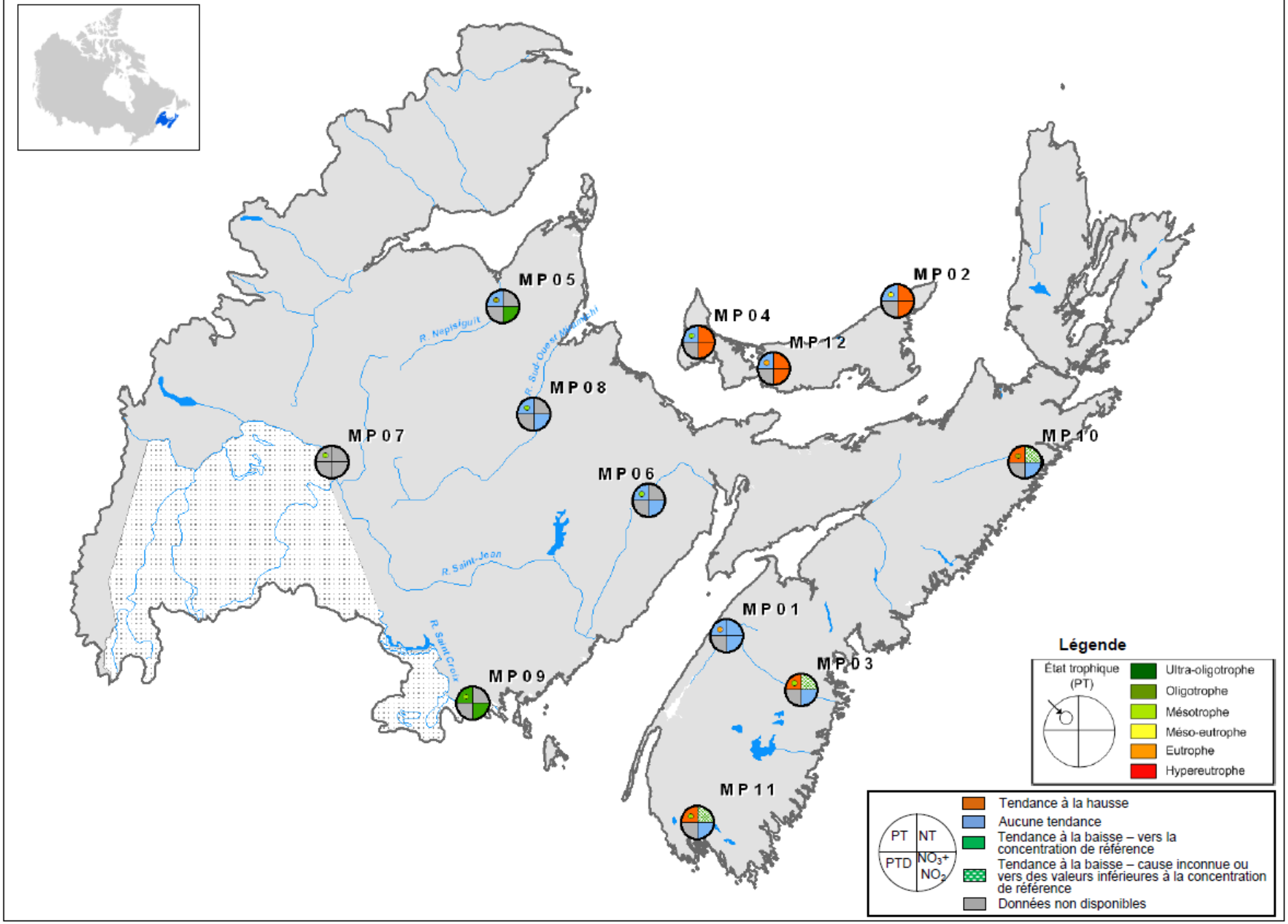
pour 60 % à 70 % du débit et peut constituer la source prédominante d'eau durant les périodes critiques (PEI DTE et EC, 1999)[35]. Pour ce qui est des autres stations dans le bassin versant des Maritimes, trois des quatre stations de la Nouvelle-Écosse affichent exactement les mêmes profils de tendance; une tendance à la baisse pour l'azote total est juxtaposée à une tendance à la hausse du phosphore total. Au Nouveau-Brunswick, aucune station ne présente de tendance à la hausse pour les nutriments[36].

	Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
	Identificateur de la carte	**Nom de la station**	**NO_2 + NO_3**	**NT**	**PTD**	**PT**	**État trophique**
Bassin du sud-est de l'océan Atlantique (Nouvelle-Écosse)	MP03	***Rivière LaHave à Northfield	0,015	0,325	-	0,011	Mésotrophe
	MP10	***Rivière St. Mary's à Stilleau	0,04	0,3	-	0,008	Oligotrophe
	MP11	***Rivière Tusket au pont Wilson	0,01	0,4	-	0,012	Mésotrophe
Bassins de la baie de Fundy et du golfe du Saint-Laurent (Nouvelle-Écosse)	MP01	***Rivière Annapolis à Wilmot	0,38	0,76	-	0,038	Eutrophe
Bassins du golfe du Saint-Laurent et du nord de la baie de Fundy (Nouveau-Brunswick)	MP05	Rivière Nepisiguit à la route 360	0,07	0,15	-	0,009	Oligotrophe
	MP06	Rivière Petitcodiac au pont de l'ancienne autoroute	0,025	0,3	-	0,018	Mésotrophe
	MP08	*Rivière Miramichi Sud-Ouest à Blackville*	0,025	0,15	-	0,011	Mésotrophe
Bassin de l'Île-du-Prince-Édouard	MP02	Rivière Bear à St. Margarets	0,451	0,678	-	0,031	Méso-eutrophe
	MP04	Rivière Mill dans le parc Bloomfield	2,98	3,21	-	0,014	Mésotrophe
	MP12	Rivière Wilmot près de Kelvin Grove	6,915	7,14	-	0,045	Eutrophe
Bassin de la rivière Saint-Jean et du sud de la baie de Fundy (Nouveau-Brunswick)	MP07	Rivière Saint-Jean à Limestone	0,25	0,5	-	0,012	Mésotrophe
	MP09	Rivière St. Croix à Milltown	0,025	0,15	-	0,012	Mésotrophe

Note : Les caractères italiques indiquent les stations où « l'environnement est le moins perturbé ».
Abréviations : NO_3 + NO_2, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total.
*** Les données de nitrate (NO_3) seulement sont disponibles.

[35] Une étude récente sur les isotopes stables d'azote a conclu que le mélange des eaux souterraines les moins touchées (plus vieilles) avec 25 % (ou moins) de l'eau d'alimentation saisonnière explique les caractéristiques des eaux souterraines qu'on trouve dans les puits domestiques. Ce scénario suppose que la plus grande partie du flux d'azote dans les eaux souterraines est, pour le moment, confinée à des portions relativement peu profondes de l'aquifère. Il est possible que ce soit pour cette raison que les concentrations de nitrates observées dans les puits profonds du bassin versant soient plus faibles que les concentrations attendues, fondées sur les estimations des charges de nitrates dans l'aquifère (Somers et Savard, 2008). Les nitrates pourraient bien être recyclés vers les eaux de surface avant qu'ils ne puissent migrer par percolation plus profondément dans les aquifères. Par ailleurs, cela pourrait aussi expliquer les concentrations élevées de nitrates dans les eaux de surface de la rivière Bear : ces dernières sont tributaires de la qualité des eaux souterraines de la même façon que la qualité des eaux souterraines est tributaire des apports de surface.
[36] Le retour du saumon dans la rivière Nepisiguit est un bon exemple de l'amélioration de la santé de l'écosystème. Les ressources halieutiques avaient presque toutes été détruites par le déversement accidentel d'un effluent d'eau de drainage acide en 1969 (Cook et Hoos, 1971).

État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans le bassin versant des Maritimes



5.3.3 Bassin versant de Terre-Neuve-et-Labrador (372 075 km^2)

Faits saillants sur les nutriments :

- Seulement une tendance ↑ (une tendance à la hausse)
- 8 ↓ (huit tendances à la baisse)
- ↔12 (12 quadrants sans tendance significative)
- L'état trophique varie d'ultra-oligotrophe à eutrophe (0,040 mg/L de PT)
- Très faibles concentrations de N à l'unique station située sur le fleuve Churchill au Labrador (0,15 mg/L de NT et 0,01 mg/L de NO_3)
- Aucune donnée sur le PTD pour l'ensemble du bassin; recommandation d'ajouter à la série analytique

Le bassin, dont St. John's constitue le principal centre urbain important, est caractérisé par une faible densité de population (1,3 résident/km^2), particulièrement au Labrador. L'expansion de St. John's est attribuable en partie à la production pétrolière en mer à partir des installations d'Hibernia, de White Rose et de Terra Nova.

L'urbanisation et les activités agricoles sont relativement faibles en comparaison des autres bassins. Cependant, la foresterie, l'industrie manufacturière et l'exploitation minière sont présentes à Terre-Neuve-et-Labrador. Il y avait 14 substances utiles en production et neuf où les gisements étaient en voie d'exploitation.

	Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
	Identificateur de la carte	**Nom de la station**	**NO_2 + NO_3**	**NT**	**PTD**	**PT**	**État trophique**
Bassin versant méridional de Terre-Neuve	NF03	Ruisseau Gould's	0,02	0,244	-	0,04	Eutrophe
	NF06	Rivière Waterford à Kilbride	0,81	0,984	-	0,019	Mésotrophe
Bassin versant septentrional de Terre-Neuve	NF02	Rivière Exploits à Grand Falls	0,05	0,231	-	0,004	Oligotrophe
	NF04	Rivière Humber au pont de Humber Village	0,08	0,23	-	0,003	Ultra-oligotrophe
	NF07	Ruisseau Wild Cove	0,85	1,51	-	0,037	Eutrophe
	NF05	Ruisseau South West à Baie Verte	0,03	0,422	-	0,006	Oligotrophe
Bassin versant du Churchill (Terre-Neuve-et-Labrador)	NF01	Fleuve Churchill à Muskrat Falls	0,01	0,154	-	0,016	Mésotrophe

Abréviations : NO_3 + NO_2, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total.

Dans ce bassin, les intervalles de variation des concentrations de nutriments sont relativement modestes. En effet, les concentrations d'azote total, mesurées au ruisseau Wild Cove (NF07), petit cours d'eau côtier[37], et à la station de monitoring du ruisseau Gould's, varient de 0,15 mg/L à 1,51 mg/L[38].

Située sur la côte, la majorité de Terre-Neuve-et-Labrador subit des phénomènes météorologiques et des épisodes de précipitations extrêmes. Les changements observés dans les précipitations et le débit ont été décrits comme étant le facteur causal

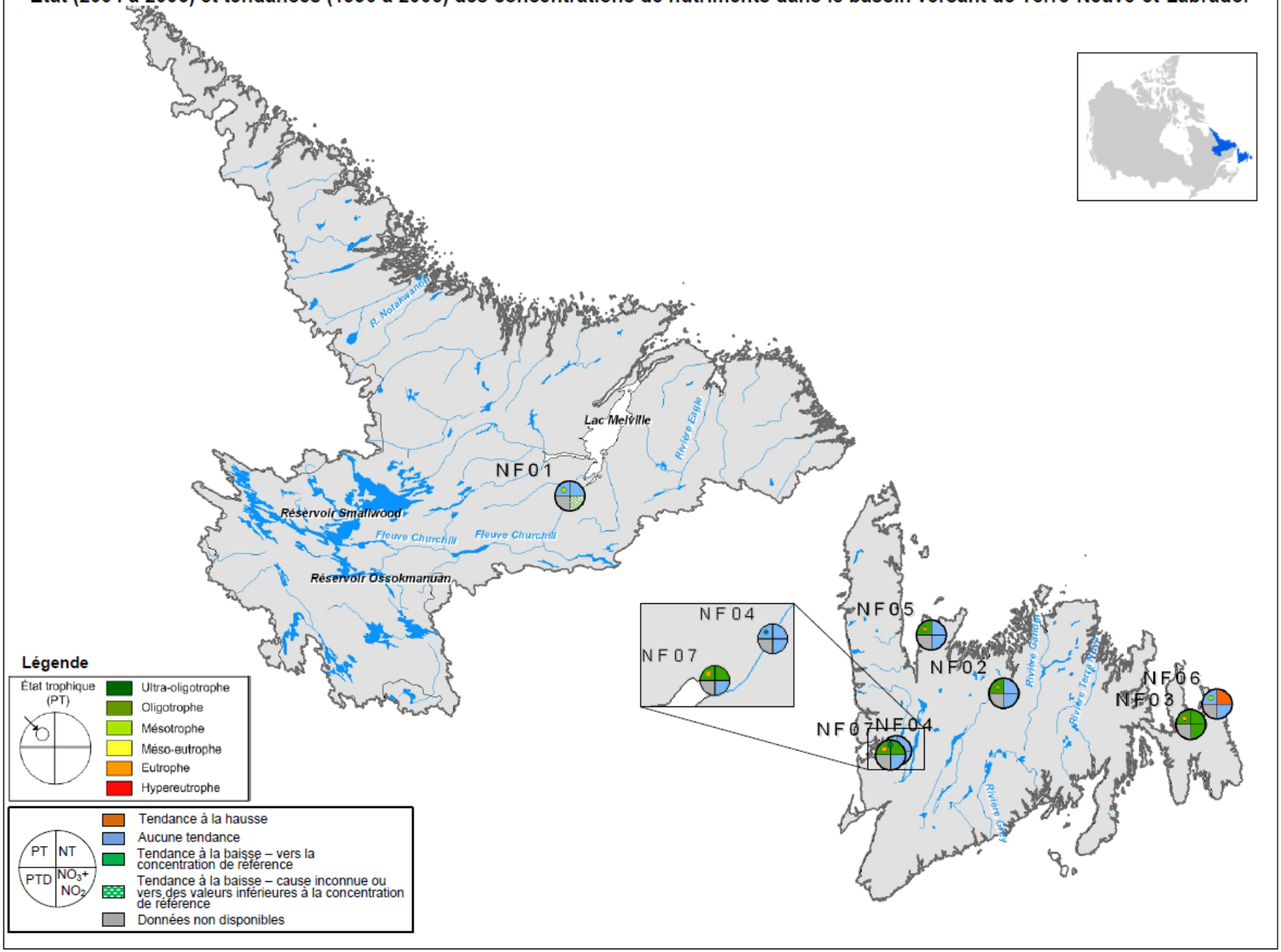
[37] La station NF07 avait aussi une concentration de PT élevée (eutrophe) qui peut être attribuée à des sources industrielles ponctuelles présentes dans ce petit bassin versant (7 km^2) (Dawe, 2003).

[38] Les concentrations médianes de phosphore total indiquaient un milieu eutrophe et étaient les plus élevées enregistrées pour le bassin versant de Terre-Neuve-et-Labrador (PT = 0,040 mg/L). La superficie relativement petite du bassin local pourrait avoir une influence sur ces concentrations, car elle ne suffit peut-être pas à la dilution des apports en nutriments venant des activités agricoles (Dawe, 2003).

le plus important affectant la qualité de l'eau dans la province (Dawe, 2006). La rivière Waterford à la hauteur de Kilbride (près de la station NF06 de St. John's) est mésotrophe et se veut la seule station de la province à afficher une tendance à la hausse[39]. Cette station se trouve à proximité des lacs étudiés par la province en 2007 afin d'y déceler la prolifération de cyanobactéries (algues bleues)[40]. Deux stations pourraient être considérées eutrophes (NF03 et NF07).

[39] Dawe (2003) a aussi décrit une diminution (tendance à l'amélioration) du phosphore dans des bassins plus urbanisés, diminution influencée par des facteurs locaux, comme la réglementation pour la réduction du phosphore au cours des années 1970. Les résultats de ces règlements sont particulièrement visibles dans les zones urbaines plus peuplées. Une augmentation de NT peut s'expliquer par l'augmentation de l'urbanisation et de l'agriculture en amont de St. John's.
[40] http://www.env.gov.nl.ca/env/Env/eaures/WQMA/Blue_Green_Algae/BGA_Field%20Survey%20Report_draft4.pdf [en anglais seulement].

État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans le bassin versant de Terre-Neuve-et-Labrador



5.4 Bassin versant de l'océan Pacifique
5.4.1 Bassin versant du Pacifique (666 347 km^2)

Faits saillants sur les nutriments :

- 6↑ (six tendances à la hausse)
- 9↓ (neuf tendances à la baisse)
- ↔28 (28 quadrants sans tendance significative)
- L'état trophique varie d'ultra-oligotrophe à eutrophe (0,075 mg/L de PT)
- À 17 des 31 stations, cet état va d'oligotrophe à ultra-oligotrophe (très faible en P)
- De plus, l'état n'est eutrophe qu'à 3 des 31 stations, soit sur les rivières Sumas et Salmon et sur le fleuve Fraser
- La station eutrophe de la rivière Sumas (0,075 mg/L de PT) enregistre aussi une concentration de N-N (2,91 mg/L) dépassant la recommandation établie pour les nitrates (en vue la protection de la vie aquatique)
- La tendance et la concentration de N-N à la station de la rivière Elk démontrent les répercussions liées à l'usage de la dynamite par le secteur de l'exploitation minière
- Les cours d'eau à haute énergie situés en montagne (p. ex., la rivière Skeena et le fleuve Fraser à Hope) présentent souvent des valeurs élevées de PT à cause des concentrations élevées de MES
- Des valeurs de N-N plus élevées que prévues sont mesurées dans certaines zones les moins perturbées. L'augmentation du dépôt atmosphérique serait la cause possible de ce phénomène
- Selon les données sur le PT concernant la rivière Quinsam, la rivière est mésotrophe, bien qu'elle ait été précédemment classée comme oligotrophe La « fertilisation » des pêches (rejet des déchets du saumon) en est la cause probable (Kangasniemi, 1989)

Le bassin versant du Pacifique est le troisième bassin par la taille (4,0 millions de résidents) et la densité de sa population (six personnes/km²). La Colombie-Britannique se classe au deuxième rang provincial pour la croissance de sa population au cours de la période 1991-2006, la majorité de cette croissance s'étant produite dans le Fraser inférieur.

Seulement 1 % des terres cultivables du Canada est situé dans le bassin versant du Pacifique. Cependant, la région de l'Okanagan Sud possède la concentration la plus élevée de vignobles au Canada, région qui est confrontée à des problèmes importants d'approvisionnement en eau. L'exploitation minière et la production de pétrole et de gaz sont aussi très répandues en Colombie-Britannique et elles représentent près de 10 % de la valeur de la production au Canada en 2007 (Statistique Canada, 2009).

Les fleuves Fraser (1370 km) et Columbia (801 km au Canada), les deux plus grands cours d'eau du bassin, drainent environ 50 % de la superficie totale.

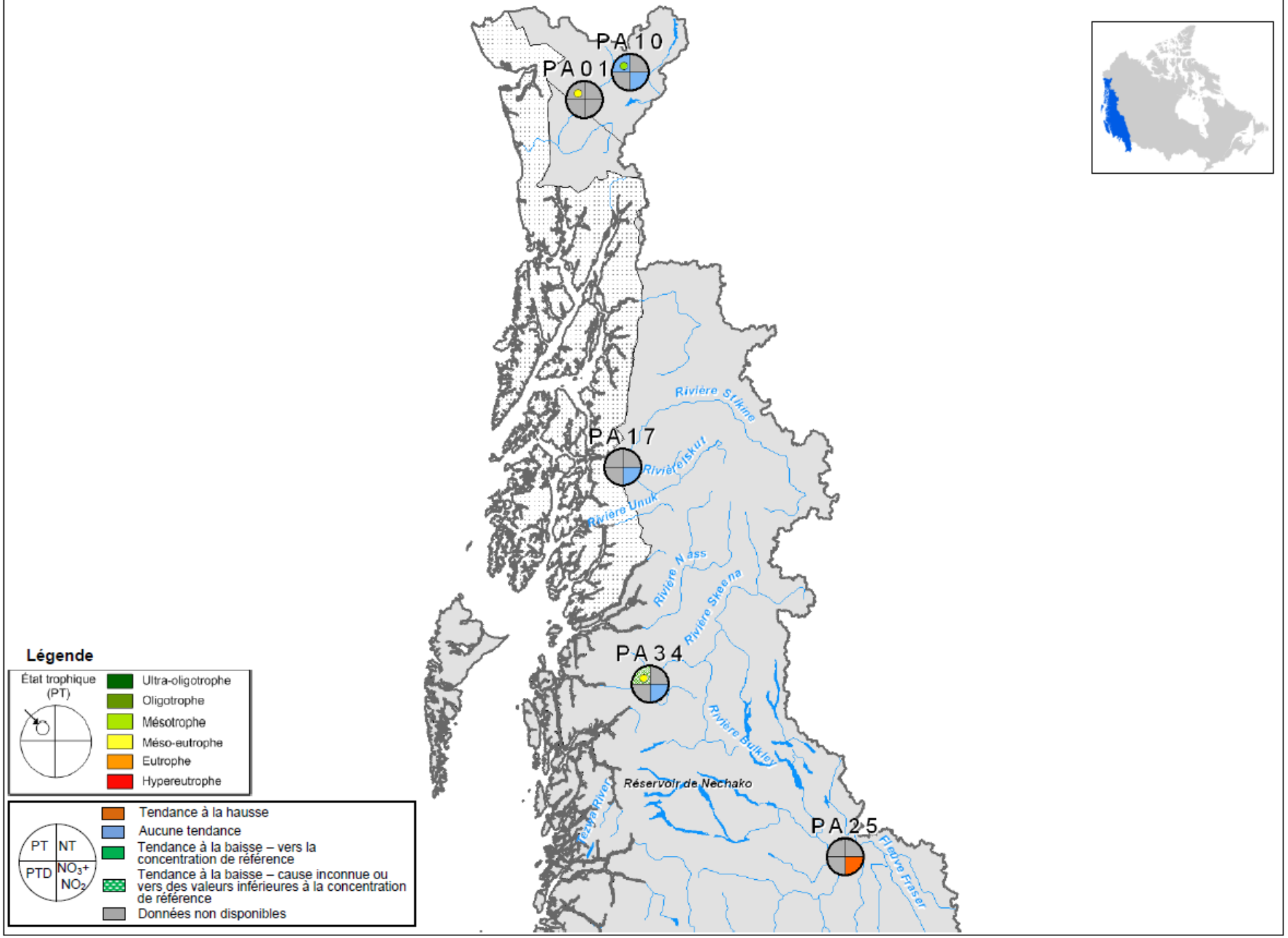
Seulement trois stations dans tout le bassin sont classées comme eutrophes. Deux de ces dernières se situent dans des zones agricoles (rivières Sumas et Salmon), et la troisième se trouve à la hauteur de Hope sur le fleuve Fraser, cours d'eau turbide dû à la charge élevée de matières en suspension (MES)[41]. En outre, 7 des 31 stations (55 %) sont classées comme oligotrophes ou ultra-oligotrophes (pauvres en nutriments). La plupart des stations où l'environnement est le moins perturbé présentent des conditions stables, c'est-à-dire qu'elles n'affichent aucune tendance, sauf quelques tendances à la baisse. Sur les cartes des tendances de la Colombie-Britannique et du Yukon, ces stations sont illustrées par des quadrants de paramètres en gris indiquant que le calcul des tendances de nutriments est impossible (c.-à-d. sans objet ou s.o.) à cause des données manquantes. Ces stations sont cependant incluses dans ce rapport puisqu'il existe à leur sujet des données sur l'état, qui sont présentées dans le tableau ci-dessous.

[41] Les matières en suspension (MES) contribuent vraisemblablement à la classification eutrophe sans nécessairement faire augmenter la fraction biodisponible de P. À preuve, la concentration de PTD pour la station du Fraser est seulement de 0,007 mg/L, soit 17,5 % du PT.

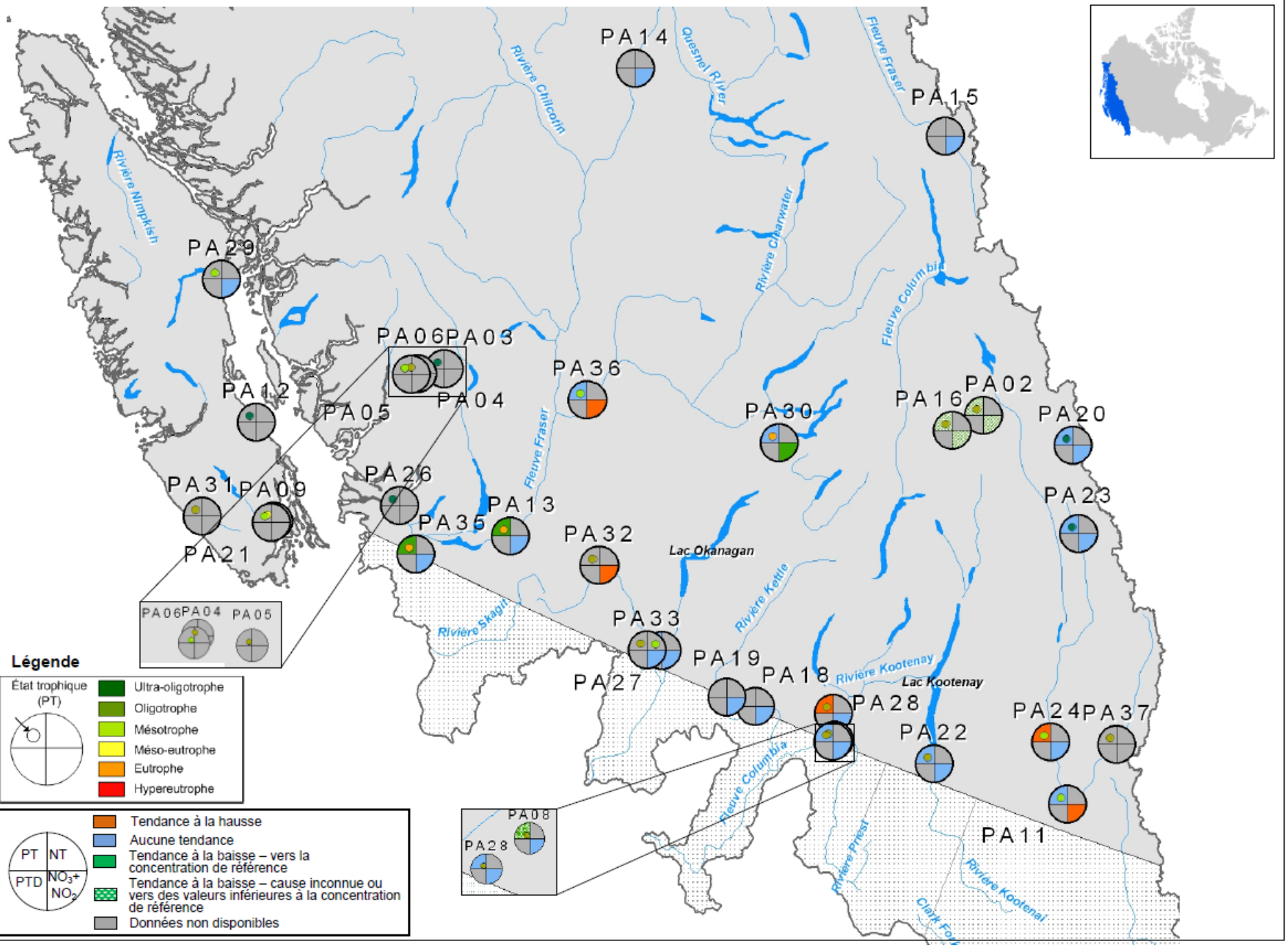
		Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
		Identificateur de la carte	Nom de la station	NO_2 + NO_3	NT	PTD	PT	État trophique
	Bassins versants du Nord de la C.-B. et du Sud du Yukon	*PA10*	*Rivière Dezadeashà à Haines Junction*	0,024	-	-	0,016	Mésotrophe
		PA01	Rivière Alsek en amont de la rivière Bates	0,044	-	-	0,035	Méso-eutrophe
		PA17	Rivière Iskut en aval de la rivière Johnson	-	-	-	-	-
		PA34	Rivière Skeena à Usk	0,084	-	-	0,02	Méso-eutrophe
	Bassins versants de l'île de Vancouver et de la côte Sud	PA31	Rivière San Juan à Island Road	0,069	-	0,003*	0,006	Oligotrophe
		PA29	Rivière Quinsam près de l'embouchure	0,081	-	0,005	0,013	Mésotrophe
		PA12	Rivière Englishman à l'autoroute 19	< 0,002**	-	0,002*	0,004	Ultra-oligotrophe
		PA21	Rivière Koksilah à l'autoroute 1	-	-	0,006	0,012	Mésotrophe
		PA09	Rivière Cowichan en aval du ruisseau Somenos	-	-	0,014	0,031	Méso-eutrophe
		PA03	Ruisseau Callaghan au lac Callaghan	-	-	<0,002**	0,001	Ultra-oligotrophe
		PA04	Ruisseau Callaghan à l'autoroute 99	-	-	0,002*	0,007	Oligotrophe
		PA05	*Rivière* Cheakamus à Cheakamus Lake Road	-	-	<0,002**	0,007	Oligotrophe
		PA06	Rivière Cheakamus en aval de l'usine de traitement des eaux usées de Whistler	-	-	0,005	0,011	Mésotrophe
		PA26	Rivière North Alouette à la 132nd Ave	0,142	-	< 0,002**	0,002	Ultra-oligotrophe
	Bassin versant du fleuve Fraser	PA15	Fleuve Fraser à Red Pass	-	-	< 0,002**	-	-
		PA25	Rivière Nechako à Prince George	-	-	0,005	-	-
		PA14	Fleuve Fraser à Marguerite	-	-	0,01	-	-
		PA30	Rivière Salmon à l'autoroute 1 (baie Salmon)	0,035	-	0,034	0,06	Eutrophe
		PA36	Rivière Thompson à Spences Bridge	-	-	0,003*	0,011	Mésotrophe
		PA13	Fleuve Fraser à Hope	-	-	0,007	0,04	Eutrophe
		PA35	Rivière Sumas près de la frontière américaine	2,91	-	0,035	0,075	Eutrophe
Bassin du fleuve Columbia	**Cours principal et tributaires du fleuve Columbia**	*PA20*	*Rivière Kicking Horse en amont de Field, en C.-B.*	0,132	-	-	0,002*	Ultra-oligotrophe
		PA02	*Rivière Beaver à l'autoroute 1*	0,102	-	-	0,008	Oligotrophe
		PA16	*Rivière Illecillewaet à l'entrée du parc*	0,109	-	-	0,006	Oligotrophe
		PA07	Fleuve Columbia à Birchbank	-	-	< 0,002**	0,005	Oligotrophe
		PA08	Fleuve Columbia à Waneta	-	-	0,002*	0,005	Oligotrophe
		PA28	Rivière Pend-d'Oreille à Waneta	-	-	0,002*	0,009	Oligotrophe
	Bassin versant de la rivière Kootenay	*PA23*	*Rivière Kootenay à Kootenay Crossing*	0,099	-	-	< 0,002**	Ultra-oligotrophe
		PA24	Rivière Kootenay près de la station de Fenwick	-	-	-	0,018	Mésotrophe
		PA37	Rivière Elk en aval de Sparwood	0,57	-	-	0,006	Oligotrophe
		PA11	Rivière Elk à l'autoroute 93, près d'Elko	0,379	-	-	0,01	Mésotrophe
		PA22	Rivière Kootenay à Creston	-	-	-	0,009	Oligotrophe
	Bassins versants des rivières Okanagan, Similkameen et Kettle	PA27	Rivière Okanagan à Oliver	0,065	-	0,003	0,012	Mésotrophe
		PA32	Rivière Similkameen à Princeton	-	-	0,003*	0,006	Oligotrophe
		PA33	Rivière Similkameen près de la frontière américaine	-	-	0,002*	0,005	Oligotrophe
		PA19	Rivière Kettle à Midway	-	-	0,002*	-	-
		PA18	Rivière Kettle à Carson Rd. (Grand Forks)	-	-	< 0,002**	-	-

Note : Les caractères italiques indiquent les stations où « l'environnement est le moins perturbé ».
Abréviations : NO_3 + NO_2, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total.
* 30% des échantillon, ou plus, ont des valeurs inférieures aux limites de détection.
** 50% des échantillon, ou plus, ont des valeurs inférieures aux limites de détection.

État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans la partie nord du bassin versant du Pacifique



État (2004 à 2006) et tendances (1990 à 2006) des concentrations de nutriments dans la partie sud du bassin versant du Pacifique



5.4.2 Bassin versant du fleuve Yukon (337 037 km^2, au Canada)

Le bassin versant du fleuve Yukon draine une superficie de plus de 337 037 km^2 dans le Nord-Ouest canadien et le centre de l'Alaska, faisant de celui-ci le quatrième bassin versant en importance en Amérique du Nord. L'activité agricole y est relativement mineure et la densité de la population faible (0,08 personne/km^2). Cependant, l'exploitation minière des métaux (majoritairement l'or), les activités de production du gaz naturel et le dégel du pergélisol menacent la qualité de l'eau.

Le fleuve Yukon figure parmi les derniers grands cours d'eau à débit non régularisé au monde. Le débit annuel moyen est supérieur à 6 400 m^3/sec près de l'embouchure. En outre, plus de 75 % du ruissellement de l'écoulement fluvial annuel se produit durant une période de cinq mois, de mai à septembre, au cours de laquelle plus de 95 % de toutes les matières en suspension sont transportées lors d'une année moyenne (Brabets *et al.*, 2000).

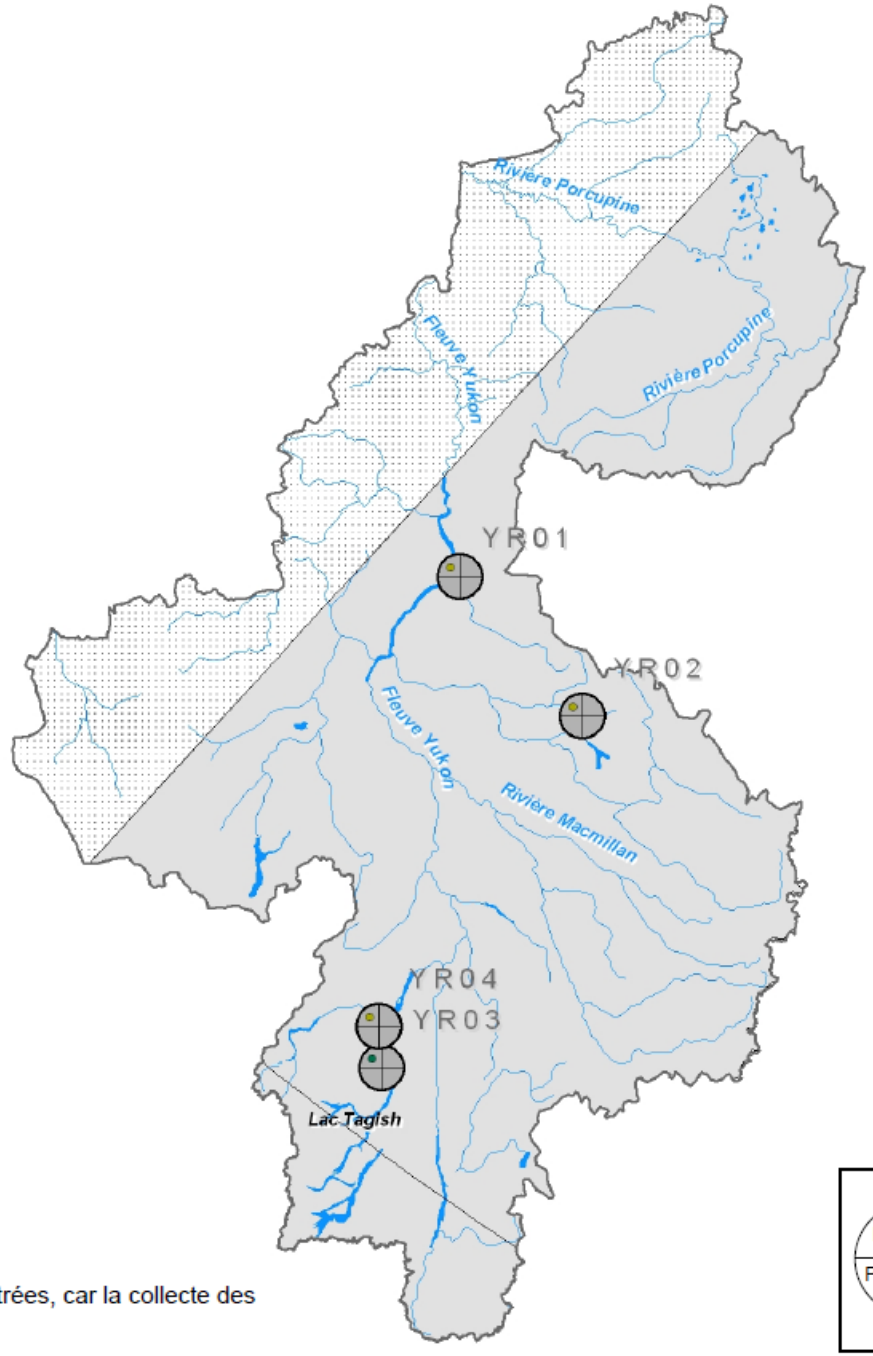
Concentration médiane et état trophique (mg/L)						
Identificateur de la carte	**Nom de la station**	**$NO_2 + NO_3$**	**NT**	**PTD**	**PT**	**État trophique**
YR03	Fleuve Yukon au barrage du lac Marsh	0,003*	-	-	0,004	Ultra-oligotrophe
YR04	Fleuve Yukon en amont de la rivière Takhini, en aval de Whitehorse	0,003	-	-	0,005	Oligotrophe
YR02	Rivière McQuesten Sud en aval du ruisseau Flat	0,036	-	-	0,008	Oligotrophe
YR01	Rivière Klondike en aval du ruisseau Bonanza	0,06	-	-	0,005	Oligotrophe

*Au moins 30 % des échantillons sont des données censurées.
Abréviations : $NO_3 + NO_2$, nitrites et nitrates; NT, azote total; PTD, phosphore total dissous; PT, phosphore total.

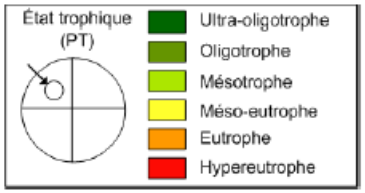
Dans le bassin versant du Yukon, seules des données sur les nitrites et nitrates et sur le phosphore total ont été recueillies et n'étaient disponibles qu'à partir de 2005. Les quatre stations situées dans ce bassin versant présentaient des concentrations de phosphore total relativement faibles. Les stations en amont et en aval de Whitehorse affichaient des concentrations médianes de phosphore très faibles et ont été classées comme ultra-oligotrophes et oligotrophes. Ces données concordent avec les conclusions de Brabets et Schuster (2008) qui notent que l'écoulement fluvial dans cette partie du bassin se produit principalement par les grands lacs d'amont qui emprisonnent beaucoup de sédiments avant qu'ils ne puissent parvenir à la rivière; les concentrations de MES sont habituellement inférieures à 15 mg/L[42]. Les deux autres stations à l'intérieur du bassin sont situées sur des tributaires : la station de la rivière McQuesten Sud (YR02) présentait des concentrations médianes de phosphore légèrement plus élevées; elle était quand même classée comme oligotrophe tout comme la station de la rivière Klondike Nord[43].

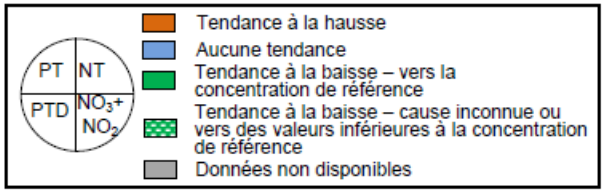
[42] Les concentrations de PT légèrement plus élevées à Whitehorse (ce qui déplace l'état trophique dans l'étendue des valeurs de l'oligotrophie) pourraient être en partie attribuables à l'apport venant des eaux usées de la station de traitement de la ville, en amont de la station de monitoring YR04.
[43] Les opérations liées à l'exploitation des placers et l'expansion domiciliaire en amont de cette station pourraient avoir une influence sur les concentrations de nutriments.

État (2005 à 2006) des concentrations de nutriments dans le bassin versant du fleuve Yukon.



Légende





* Les tendances ne peuvent être illustrées, car la collecte des données a commencé en 2005.

6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La présente étude nationale des nutriments mesurés aux stations de monitoring de la qualité de l'eau exploitées en partenariat avec le gouvernement fédéral met en évidence les points importants suivants :

- Les tendances à la hausse pour le phosphore et l'azote ne semblent pas concorder; seulement 4 des 75 stations indiquent des tendances à la hausse pour ces deux paramètres. Ce fait est attribuable aux processus très différents qui sous-tendent les apports et le cycle de ces deux nutriments. Dans la même optique, les concentrations de phosphore tendent généralement à augmenter de l'amont vers aval, alors que celles d'azote ne présentent pas une telle tendance.
- La vaste plage des concentrations de nutriments mesurées aux stations de monitoring exploitées en partenariat avec le gouvernement fédéral s'explique en partie par la variation naturelle des conditions géologiques, hydrologiques et pédologiques et par les apports anthropiques aux eaux douces canadiennes.
- Sept des neuf stations classées hypereutrophes sont situées dans le bassin du fleuve Nelson (c.-à-d. les Prairies). Cependant, les « points chauds » pour les nutriments ne constituent généralement pas le point de mire des activités de monitoring menées en partenariat avec Environnement Canada.
- Les concentrations mesurées à cinq stations ont dépassé la recommandation établie à 2,9 mg/L pour les nitrates en vue de protéger la santé de l'écosystème. Les concentrations les plus élevées de nitrates (mesurées à l'Île-du-Prince-Édouard ainsi que dans les Grands Lacs inférieurs et les basses-terres continentales de la Colombie-Britannique) sont attribuées aux apports anthropiques et à l'agriculture intensive.
- Il existe des données sur tous ces paramètres clés pour seulement environ 35 % des stations figurant dans le présent rapport. Il faut assurer une cohérence nationale concernant le suivi des paramètres des nutriments clés pour :
    - interpréter de façon significative les tendances des nutriments;
    - évaluer l'état trophique à partir du phosphore total. Les paramètres essentiels comprennent le phosphore total ainsi que le phosphore total dissous, l'azote total, les nitrites et nitrates, les MES et le débit.
- La révision des recommandations fondées sur les teneurs en phosphore dissous nécessite un travail additionnel, car il arrive parfois que le phosphore total diminue, alors que le phosphore total dissous augmente.

- Une étape supplémentaire dans l'étude de l'état et des tendances consiste à tenir compte également des charges puisque la quantité de rejets est importante pour le processus d'eutrophisation et les questions connexes.
- Pour être en mesure d'expliquer les tendances, il faut bien connaître la station même, le milieu naturel environnant, les pressions environnementales exercées et les réactions humaines locales à ces pressions.

7 ANNEXE – PROFILS DES STATIONS

		Eau		Population[3]		Agriculture[4]				Couverture terrestre[6]					
Identificateur de la station	Description de la station	Bassin versant (km^2)[1]	Apport d'eau (km^3/an)[2]	Total (pers.)	Densité (pers./ km^2)	Surface enrichie de fumier (%)	Surface enrichie d'engrais (%)	Surface cultivée (%)	Unités animales (kg)[5]	Agriculture (%)	Non perturbée (%)	Perturbée (%)	Neige et glace (%)	Urbaine (%)	Eau (%)
AR01	Riv. Liard à Fort Liard	218 758	62,26	7 903	0,04	0,0	0,0	0,0	0	0,00	96,06	2,06	0,45	0,00	1,42
AR02	Riv. Liard à Upper Crossing	16 411	5,40	436	0,03	0,0	0,0	0,0	0	0,00	97,07	1,64	0,06	0,00	1,23
AR03	Riv. Liard près de l'embouchure	274 201	75,10	8 935	0,03	0,0	0,0	0,0	0	0,00	96,26	1,85	0,51	0,00	1,38
AR04	Fl. Mackenzie en amont de la riv. Red Arctic														
AR05	Fl. Mackenzie à Norman Wells	4 703	0,90	573	0,12					0,00	63,90	30,45	0,00	0,00	5,64
AR06	Fl. Mackenzie à la pointe Strong	1 023 110	159,26	411 219	0,4	0,1	1,4	2,4	1 210 304	2,07	82,50	5,40	0,12	0,01	9,90
AR07	Riv. Peel en amont de Fort McPherson	70 490	15,32	41	0					0,00	95,13	4,03	0,05	0,00	0,79
GS01	Riv. Athabaska en amont des chutes Athabaska	1 943	1,91	5	0	0,0	0,0	0,0	0	0,09	83,73	0,00	15,32	0,00	0,86
GS02	Riv. Athabaska à Baseline 27														
GS03	Riv. Athabaska à l'autoroute 16 en aval de la riv. Snaring	5 545	4,31	4 276	0,77	0,0	0,0	0,0	0	0,04	89,97	0,01	8,43	0,07	1,47
GS04	Riv. Hay près de la frontière Alberta-T.N.-O.	47 831	3,96	3 104	0,06					0,00	97,73	1,13	0,00	0,00	1,14
GS05	Riv. de la Paix en amont de la riv. Alces	50 046	11,59	41 745	0,83	0,1	3,0	5,4	130 648	3,91	95,28	0,11	0,09	0,03	0,57
GS06	Riv. de la Paix à la pointe Peace														
GS07	Riv. des Esclaves à Fitzgerald (Alb.)	600 061	119,78	378 279	0,63	0,1	2,4	4,1	1 210 304	3,52	86,41	4,25	0,20	0,02	5,60
HB01	Riv. Beaver à Beaver Crossing	14 492	0,64	29 692	2,05	0,8	3,9	12,	162 742	9,60	83,64	0,77	0,00	0,05	5,94
HB02	Riv. Churchill en aval du lac Wasawakasik	212 088	24,66	83 519	0,39	0,1	0,9	2,2	335 701	1,77	73,94	9,03	0,00	0,01	15,25
HB03	Riv. Cold à l'exutoire du lac Cold	6 256	0,42	6 189	0,99	0,1	0,9	2,2	8 894	0,24	72,07	13,12	0,00	0,03	14,54
MP01	Riv. Annapolis à Wilmot	755	0,52	20 718	38,62	1,3	2,6	3,5	4 752	20,80	78,19	0,00	0,00	0,66	0,36

		Eau		Population[3]		Agriculture[4]				Couverture terrestre[6]					
Identificateur de la station	Description de la station	Bassin versant (km^2)[1]	Apport d'eau (km^3/an)[2]	Total (pers.)	Densité (pers./ km^2)	Surface enrichie de fumier (%)	Surface enrichie d'engrais (%)	Surface cultivée (%)	Unités animales (kg)[5]	Agriculture (%)	Non perturbée (%)	Perturbée (%)	Neige et glace (%)	Urbaine (%)	Eau (%)
MP02	Riv. Bear à St. Margarets	14	0,01	89	6,15	0,3	2,1	3,6	23	21,65	78,35	0,00	0,00	0,00	0,00
MP03	Riv. LaHave	1,254	1,18	5 143	4,1	0,4	1,5	2,3	2 262	0,44	96,28	0,00	0,00	0,00	3,28
MP04	Riv. Mill dans le parc Bloomfield	47	0,03	377	7,99	0,5	2,0	3,1	88	14,49	85,51	0,00	0,00	0,00	0,00
MP05	Riv. Nepisiguit à la rte 360	1 972	1,33	58	0,03	0,0	0,0	0,0	0	0,00	99,78	0,00	0,00	0,00	0,22
MP06	Riv. Petitcodiac au pont de l'ancienne autoroute	415	0,31	4 064	9,79	2,1	2,5	5,0	3 741	15,74	84,04	0,00	0,00	0,21	0,02
MP07	Riv. Saint-Jean à Limestone	3 580	2,33	25 692	7,18	0,5	4,2	5,9	8 847	9,47	90,07	0,00	0,00	0,20	0,26
MP08	Riv. Miramichi Sud-Ouest à Blackville	5 107	3,61	5 199	1,02	0,0	0,0	0,0	129	0,39	99,50	0,00	0,00	0,00	0,11
MP09	Riv. St. Croix à Milltown (N.-B.)	186	0,14	2 098	11,29	0,1	0,2	0,4	52	0,00	97,82	0,00	0,00	0,05	2,13
MP10	Riv. St. Mary's	1 335	1,38	1 147	0,86	0,2	0,5	0,8	507	1,76	97,07	0,00	0,00	0,00	1,17
MP11	Riv. Tusket	1 068	1,06	595	0,56	0,2	0,2	0,3	1 216	0,12	95,31	0,00	0,00	0,00	4,58
MP12	Riv. Wilmot près de Kelvin Grove	45	0,03	436	9,68	2,8	10,7	16,5	515	83,19	16,81	0,00	0,00	0,00	0,00
MS01	Riv. Milk au point de passage est près de la frontière internationale														
MS02	Riv. Milk au point de passage ouest près de la frontière internationale														
NF01	Fl. Churchill aux chutes Muskrat														
NF02	Riv. Exploits à Grand Falls	3 998	3,86	7 525	1,88	0,0	0,0	0,1	351	0,00	93,87	0,00	0,00	0,09	6,05
NF03*	Ruiss. Gould's														
NF04	Cours inférieur dela riv. Humber	2 754	3,07	9 699	3,52	0,2	0,2	0,3	1 312	0,00	95,77	0,00	0,00	0,12	4,11
NF05*	Ruiss. South West à Baie Verte														
NF06	Riv. Waterford à Kilbride	15	0,02	26 645	1776,43	0,2	0,2	0,3	26	0,00	33,96	0,00	0,00	65,89	0,15
NF07*	Ruiss. Wild Cove														
NR01	Riv. Assinniboine au pont de l'autoroute 8	13 019	0,66	37 786	2,9	1,0	35,9	52,5	144 472	42,85	55,46	0,00	0,00	0,22	1,46
NR02	Riv. Battle près	24 325	0,63	115 306	4,74	3,1	40,0	52,0	981 915	29,93	68,13	0,00	0,00	0,18	1,76

		Eau		Population[3]		Agriculture[4]				Couverture terrestre[6]					
Identificateur de la station	Description de la station	Bassin versant (km^2)[1]	Apport d'eau (km^3/an)[2]	Total (pers.)	Densité (pers./ km^2)	Surface enrichie de fumier (%)	Surface enrichie d'engrais (%)	Surface cultivée (%)	Unités animales (kg)[5]	Agriculture (%)	Non perturbée (%)	Perturbée (%)	Neige et glace (%)	Urbaine (%)	Eau (%)
	d'Unwin (Sask.)														
NR03	Riv. Bow à env. 4,5 km au nord de Canmore	3 053	1,61	7 754	2,54	0,0	0,1	0,2	1 331	0,13	93,70	0,56	3,77	0,20	1,63
NR04	Riv. Bow à l'autoroute 1 en amont du lac Louise	321	0,24	4	0,01					0,25	81,22	0,00	15,44	0,00	3,09
NR05	Riv. Carrot près de Turnberry	15 254	0,87	24 358	1,6	0,6	38,4	51,4	110 055	46,90	50,57	0,07	0,00	0,08	2,38
NR06	Riv. Sask. Nord au pont de l'autoroute 17	56 159	8,69	1 133 565	20,18	1,7	19,0	28,7	1 081 011	24,14	72,05	0,07	1,00	0,69	2,06
NR07	Riv. Sask. Nord à la pointe Whirlpool	1 866	1,71	19	0,01	0,0	0,0	0,0	0	0,00	77,87	0,03	20,93	0,00	1,17
NR08	Riv. Pembina à Windygates (Man.)	2 576	0,14	4 928	1,91	3,4	48,9	61,6	78 775	47,20	50,64	0,00	0,00	0,07	2,09
NR09	Riv. Qu'appelle à env. 3,2 km au sud de Welby (Sask.)	74 466	1,75	313 669	4,21	0,9	37,0	58,4	834 413	40,25	57,86	0,00	0,01	0,25	1,63
NR10	Riv. Red Deer à Erwood (Sask.)	7 246	0,39	5 190	0,72	0,2	13,3	21,1	32 790	18,93	79,56	0,47	0,00	0,04	1,00
NR11	Riv. Red Deer près de Bindloss (Alb.)	71 338	6,14	1 408 712	19,75	2,2	24,1	31,9	2 473 645	28,10	69,30	0,04	0,26	0,67	1,64
NR12	Riv. Rouge à Emerson (Man.)	22		405	18,83	2,8	77,0	89,6	746	34,47	63,06	0,00	0,00	1,58	0,88
NR13	Riv. Saskatchewan en amont de la riv. Carrot	387 592	25,76	3 416 036	8,81	1,4	24,6	35,2	8 165 742	30,84	65,09	0,47	0,19	0,33	3,09
NR14*	Riv. Souris près de Sherwood (D.N.)														
NR15*	Riv. Souris près de Westhope	3	0,00	0	0	1,7	40,3	59,5	45	13,92	32,43	0,00	0,00	0,00	53,64
NR16	Riv. Saskatchewan Sud à l'autoroute 41	39 734	2,78	244 034	6,14	2,0	30,1	38,7	1 746 401	39,15	59,14	0,27	0,00	0,27	1,17
NR17	Riv. Winnipeg à Pointe du Bois	110 244	21,04	59 327	0,54	0,0	0,1	0,1	6 647	0,11	82,93	0,70	0,00	0,01	16,25
PA01*	Riv. Alsek en amont de la riv. Bates														
PA02	Riv. Beaver près de la barrière est du parc	479	0,60	2	0	0,0	0,0	0,0	0	0,00	83,87	0,00	15,83	0,00	0,30

		Eau		Population[3]		Agriculture[4]				Couverture terrestre[6]					
Identificateur de la station	Description de la station	Bassin versant (km^2)[1]	Apport d'eau (km^3/an)[2]	Total (pers.)	Densité (pers./ km^2)	Surface enrichie de fumier (%)	Surface enrichie d'engrais (%)	Surface cultivée (%)	Unités animales (kg)[5]	Agriculture (%)	Non perturbée (%)	Perturbée (%)	Neige et glace (%)	Urbaine (%)	Eau (%)
PA03	Ruiss. Callaghan au lac Callaghan	167	0,38	0	0	0,0	0,0	0,1	44	0,00	78,78	0,00	20,29	0,00	0,94
PA04	Ruiss. Callaghan à l'autoroute 99	205	0,47	1	0	0,0	0,0	0,1	54	0,00	82,67	0,00	16,56	0,00	0,76
PA05*	Riv. Cheakamus à Cheakamus Lake Road														
PA06	Riv. Cheakamus en aval de l'UTEU de Whistler	352	0,84	1 888	5,36	0,0	0,0	0,1	93	0,00	76,73	0,00	21,30	0,34	1,63
PA07	Fl. Columbia à Birchbank	76 564	63,59	124 624	1,63	0,0	0,2	0,4	47 390	0,25	91,67	0,74	4,44	0,06	2,83
PA08	Fl. Columbia à Waneta	77 170	63,93	142 337	1,84	0,0	0,2	0,4	47 581	0,25	91,72	0,73	4,41	0,08	2,82
PA09*	Riv. Cowichan en aval du ruiss. Somenos														
PA10	Riv. Dezadeash à Haines Junction	8 361	2,86	442	0,05					0,00	94,64	0,40	0,22	0,00	4,74
PA11	Riv. Elk à l'autoroute 93 près d'Elko	4 307	1,96	12 400	2,88	0,1	0,2	0,3	2 195	0,00	98,46	0,22	0,43	0,13	0,76
PA12	Riv. Englishman à l'autoroute 19														
PA13	Fl. Fraser à Hope	169 399	83,97	290 863	1,72	0,2	0,4	0,8	429 328	0,32	94,89	0,57	2,07	0,06	2,09
PA14	Fl. Fraser à Marguerite	67 046	37,38	72 009	1,07	0,1	0,4	0,7	71 499	0,35	95,48	0,19	2,09	0,04	1,85
PA15	Fl. Fraser à Red Pass	1 711	1,41	28	0,02	0,1	0,3	0,4	1 041	0,16	88,66	2,96	6,19	0,00	2,02
PA16	Riv. Illecillewaet à l'entrée du parc	217	0,31	1	0	0,0	0,1	0,1	68	0,00	83,66	0,00	16,08	0,00	0,26
PA17	Riv. Iskut en aval de la riv. Johnson	9 477	15,51	357	0,04	0,0	0,0	0,0	0	0,03	78,76	0,00	19,61	0,00	1,59
PA18	Riv. Kettle au pont de Carson Road	5 425	1,96	4 882	0,9	0,1	0,5	0,9	9 986	0,06	99,71	0,06	0,00	0,05	0,13
PA19	Riv. Kettle à Midway	4 760	1,72	2 411	0,51	0,1	0,5	0,9	8 734	0,04	99,77	0,07	0,00	0,01	0,11
PA20	Riv. Kicking Horse en amont de Field	303	0,23	49	0,16	0,0	0,3	0,5	237	0,00	74,88	0,19	24,23	0,00	0,70
PA21*	Riv. Koksilah à l'autoroute 1														
PA22	Riv. Kootenay à Creston	23 032	10,79	52 290	2,27	0,1	0,3	0,5	24 749	0,22	97,32	1,08	0,55	0,09	0,74

		Eau		Population[3]		Agriculture[4]				Couverture terrestre[6]					
Identificateur de la station	Description de la station	Bassin versant (km^2)[1]	Apport d'eau (km^3/an)[2]	Total (pers.)	Densité (pers./ km^2)	Surface enrichie de fumier (%)	Surface enrichie d'engrais (%)	Surface cultivée (%)	Unités animales (kg)[5]	Agriculture (%)	Non perturbée (%)	Perturbée (%)	Neige et glace (%)	Urbaine (%)	Eau (%)
PA23	Riv. Kootenay à Kootenay Crossing	421	0,20	7	0,02	0,0	0,0	0,0	0	0,00	96,90	0,32	2,60	0,00	0,18
PA24	Riv. Kootenay près de Fenwick Station	11 753	5,81	31 538	2,68	0,0	0,2	0,5	12 593	0,13	96,80	1,60	0,91	0,12	0,44
PA25	Riv. Nechako à Prince George	47 242	15,74	60 822	1,29	0,1	0,8	1,1	70 311	0,51	90,80	0,52	0,43	0,04	7,69
PA26*	Riv. North Alouette à la 132nd Ave														
PA27	Riv. Okanagan à Oliver	7 517	1,67	287 544	38,25	0,5	2,0	3,4	50 718	0,81	90,12	2,08	0,00	1,18	5,81
PA28	Riv. Pend-d'Oreille à Waneta	3 052	0,99	2,500	0,82	0,0	0,1%	0,2	1,311	0,03	98,97	0,60	0,00	0,04	0,36
PA29	Riv. Quinsam près de l'embouchure	278	0,46	201	0,72	0,1	0,1	0,2	139	0,00	97,78	0,00	0,00	0,00	2,22
PA30	Riv. Salmon au pont de l'autoroute 1	1 545	0,28	3 962	2,57	0,4	0,9	1,9	10 113	2,26	95,99	1,36	0,00	0,00	0,40
PA31	Riv. San Juan à Island Rd	577	1,24	5	0,01	0,5	0,8	1,1	1 997	0,00	99,97	0,02	0,00	0,00	0,01
PA32	Riv. Similkameen à Princeton	1 258	0,59	647	0,51	0,2	0,4	0,8	3 781	0,00	97,22	2,31	0,00	0,07	0,40
PA33	Riv. Similkameen près de la frontière internationale	7 347	2,37	9,757	1,33	0,2	0,4	0,8	22 076	0,26	98,49	0,90	0,00	0,05	0,30
PA34	Riv. Skeena à Usk	37 885	26,28	23 164	0,61	0,1	0,2	0,4	23 118	0,00	96,41	0,01	1,25	0,02	2,31
PA35	Riv. Sumas à la frontière internationale	0	0,00	6	12,42	4,4	4,4	6,7	23	69,31	0,77	0,00	0,00	0,00	29,92
PA36	Riv. Thompson à Spences Bridge	55 153	29,35	179 030	3,25	0,2	0,5	1,0	193 216	0,52	94,29	0,71	1,65	0,10	2,73
PA37	R. Elk en aval de Sparwood	2 849	1,29	6 537	2,29	0,1	0,2	0,3	1 452	0,00	97,99	0,19	0,64	0,07	1,11
SL01	Fort Erie														
SL02	Baie Georgienne														
SL03	Bassin occidental du lac Érié														
SL04	Bassin central du lac Érié														
SL05	Bassin oriental du lac Érié														

		Eau		Population[3]		Agriculture[4]				Couverture terrestre[6]					
Identificateur de la station	Description de la station	Bassin versant (km^2)[1]	Apport d'eau (km^3/an)[2]	Total (pers.)	Densité (pers./ km^2)	Surface enrichie de fumier (%)	Surface enrichie d'engrais (%)	Surface cultivée (%)	Unités animales (kg)[5]	Agriculture (%)	Non perturbée (%)	Perturbée (%)	Neige et glace (%)	Urbaine (%)	Eau (%)
SL06	Lac Huron														
SL07	Lac Ontario	216 741	133,10	19 000 000						14,40	69,10		0,00	4,00	12,50
SL08	Lac Supérieur														
SL09	Niagara-on-the-Lake														
SL10	Riv. des Outaouais														
SL11	POINT EDWARD														
SL12	PORT LAMBTON														
SL13	Fl. Saint-Laurent														
SL14	Île Wolfe														
YR01*	Riv. Klondike Nord à l'autoroute Klondike														
YR02*	Riv. McQuesten Sud en aval du ruiss. Flat														
YR03*	Fl. Yukon au barrage du lac Marsh														
YR04*	Fl. Yukon en aval de Whitehorse														

[1] Henry *et al.,* 2009; [2] Bemrose *et al.,* 2010; [3] Statistique Canada, 2007a; [4] Statistique Canada, 2007b; [5] Beaulieu et Bédard, 2003; [6] Ressources naturelles Canada, 2008.
* Non disponible.

8 RÉFÉRENCES

Alberta Environment. 2006. Cold Lake – Beaver River Basin Surface Water Quality State of the Basin Report. 65 p. http://www.assembly.ab.ca/lao/library/egovdocs/2006/alen/161291.pdf

Arnott, D.L., et M.J. Vanni. 1996. « Nitrogen and phosphorus recycling by the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the western basin of Lake Erie », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53 : 646-659.

Beaulieu, M.S., et F. Bédard. 2003. Profil géographique des animaux de ferme au Canada, 1991 à 2001. Statistique Canada, no de catalogue 21-601-MIF2003062.

Bemrose, R., P. Meszaros, B. Quenneville, M. Henry, L. Kemp et F. Soulard. 2010. *L'utilisation de tendance-cycle pour estimer les changements de l'apport en eau dans le Sud du Canada de 1971 à 2004*. Série de documents analytiques et techniques sur les comptes et la statistique de l'environnement, Statistique Canada, n° de catalogue 16-001-MWF.

Benke, A.C., et C.E. Cushing (éd.). 2005. *Rivers of North America*. Academic/Elsevier, Amsterdam/Boston. 1168 p.

Bennett, E.B. 1986. « The nitrifying of Lake Superior », *Ambio*, 15 : 272-275.

Brabets, T.P., B. Wang et R.H. Meade. 2000. *Environmental and Hydrologic Overview of the Yukon River Basin, Alaska and Canada*. United States Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 99-4204. 114 p. http://ak.water.usgs.gov/Publications/pdf.reps/wrir99.4204.pdf

Brabets, T.P., et P.F. Schuster. 2008. *Transport of Water, Carbon, and Sediment Through the Yukon River Basin*. United States Geological Survey, Fact Sheet 2008–3005. http://pubs.usgs.gov/fs/2008/3005/pdf/fs20083005.pdf

Bricker, S., B. Longstaff, W. Dennison, A. Jones, K. Boicourt, D. Wicks et J. Woerner. 2007. *Effects of Nutrient Enrichment In the Nation's Estuaries: A Decade of Change*. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series No. 26, National Centers for Coastal Ocean Science, Silver Spring (Maryland). 328 p. http://ccma.nos.noaa.gov/publications/eutroupdate/

Carew, T.J. and D.J. Williams. 1975. Surveillance Methodology 1974. Inland Waters Directorate, Department of the Environment, Technical Bulletin No. 29, 28p.

Chambers, P.A., A.R. Dale, G.J. Scrimgeour et M.L. Bothwell. 2000. « Nutrient enrichment of northern rivers in response to pulp mill and municipal discharges », Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery, 8(1) : 53-66.

Chambers, P.A., M. Guy, E.S. Roberts, M.N. Charlton, R. Kent, C. Gagnon, G. Grove et N. Foster. 2001a. *Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada*. Environnement Canada, En21-205/2001F, Ottawa (Ontario). 217 p.

Chambers, P.A., M. Guy, E. Roberts, M.N. Charlton, R. Kent, C. Gagnon, G. Grove, N. Foster, C. DeKimpe et M. Giddings. 2001b. « Éléments nutritifs – Azote et phosphore », dans *Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes*

aquatiques au Canada. Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ontario), Rapport n°1, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE. 87 p.

Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). 2004. *Cadre d'orientation canadien pour le phosphore dans les réseaux d'eau douce.* Santé des écosystèmes : solutions fondées sur la science, rapport n° 1-8. Bureau national des recommandations et des normes, Direction générale de la coordination et des politiques relatives à l'eau, Environnement Canada. 149 p.

Cook, R.H., et A.W. Hoos. 1971. *Base metal mine water pollution on the Nepisiguit River, New Brunswick.* Canada, Fisheries Service, Resource Development Branch, Manuscript report no. 71-2, collection AQUAMIN, Study no. 735.

Dawe, P. 2003. *Water Quality Trends in Selected Water Bodies of Newfoundland and Labrador*. Canada-Newfoundland Water Quality Monitoring Agreement, Water Resources Management Division, Department of Environment. www.env.gov.nl.ca/env/waterres/quality/background/water_quality_trend_analysis_report_2003.pdf

Dawe, P. 2006. « A statistical evaluation of water quality trends in selected water bodies of Newfoundland and Labrador », *Journal of Environmental Engineering and Science*, 5 : 59-73. http://article.pubs.nrc-cnrc.gc.ca/ppv/RPViewDoc?issn=1496-256X&volume=5&issue=1&startPage=59

Dillon, P.J. 1975. *The application of the phosphorus-loading concept to eutrophication research.* Centre canadien des eaux intérieures, Scientific Series No. 46, Burlington (Ontario). 14 p.

Dove, A. 2009. Long-term trends in major ions and nutrients in Lake Ontario, *Aquatic Ecosystem Health & Management,* 12(3): 281-295.

Environnement Canada. 2001. *Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada*. Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ontario), Rapport n°1, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE. http://www.ec.gc.ca/INRE-NWRI/default.asp?lang=Fr&n=235D11EB-1

Environnement Canada, Statistique Canada et Santé Canada. 2007. Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement 2007. http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/2102636F-9078-409F-8133-8775E51400BE/featureweb_fr.pdf

Environnement Canada. 2010. Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement. http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/ (accédé le 4 avril, 2010)

Finlay, J.C., R.W. Sterner et S. Kumar. 2007. « Isotopic evidence for in-lake production of accumulating nitrate in Lake Superior », *Ecological Applications*, 17(8): 2323-2332. doi: 10.1890/07-0245.1

Frey, K.E., et J.W. McClelland. 2008. « Impacts of permafrost degradation on arctic river biogeochemistry », *Hydrological Processes*, 23(1) : 169-182.

Glozier N.E., R.W. Crosley, L.A. Mottle et D.B. Donald. 2004. *Water Quality Characteristics and Trends for Banff and Jasper National Parks 1973-2002*. Environnement Canada.

Glozier N.E., D.B. Donald, R.W. Crosley et D. Halliwell. 2009. *Wood Buffalo National Park Water Quality: Status and Trends from 1989-2006 in three Major Rivers: Athabasca, Peace and Slave*. Environnement Canada.

Hartman, B., et G. Wendler. 2005. « The significance of the 1976 Pacific climate shift in the climatology of Alaska »**,** *Journal of Climate*, 18 : 4824-4839.

Henry, M., F. Soulard et H. Larocque. 2009. *Canadian Environmental Sustainabilitity Indicators. Water Quality Index Representivity Report*. Division des comptes et de la statistique de l'environnement, Statistique Canada. http://www.geobase.ca/doc/specs/pdf/GeoBase_NHN_UseCase_StatCan.pdf.

Hinzman, L.D.; Bettez, N.D.; Bolton, W.R.; Chapin, F.S.; Dyurgerov, M.B.; Fastie, C.L.; Griffith, B.; Hollister, R.D.; Hope, A.; Huntington, H.P.; Jensen, A.M.; Jia, G.J.; Jorgenson, T.; Kane, D.L.; Klein, D.R.; Kofinas, G.; Lynch, A.H.; Lloyd, A.H.; McGuire, A. D.; Nelson, F.E.; Oechel, W.C.; Osterkamp, T.E.; Racine, C.H.; Romanovsky, V.E.; Stone, R.S.; Stow, D.A.; Sturm, M.; Tweedie, C.E.; Vourlitis, G.L.; Walker, M.D.; Walker, D.A.; Webber, P.J.; Welker, J.M.; Winker, K.S.; Yoshikawa, K. 2005. Evidence and implications of recent climate change in northern Alaska and other arctic regions.. Climatic Change. 72: 251-298.

Jeffries, D.S. 1995. *Freshwater Acidification in Canada Caused by Atmospheric Deposition of Nitrogen Pollutants: A Preliminary Assessment of Existing Information*. Contribution de l'INRE n° 95-116, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington Ontario).

Jefferies, R.L., et J.L. Maron. 1997. « The embarrassment of riches: atmospheric deposition of nitrogen and community and ecosystem processes », *Trends in Ecology & Evolution*, 12(2) : 74-78.

Kangasniemi, B.J. 1989. *Campbell River Area: Middle Quinsam Lake Sub-Basin: Water Quality Assessment and Objectives: Technical Appendix*. British Columbia Water Management Branch, Victoria (Colombie-britannique) Call#;628.161/B862CR/1989/TECH.APP.

L'Italien, S., and L. A. Fay. 1993. Great Lakes Surveillance Program - Field Methods Manual. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Ontario Region, Burlington, Ontario, Report No. WQB/IWD-OR/93-01/I.

Meeuwig, J.J. 1998. *Eutrophication of the Mill River Estuary: Quantifying the Contributions of Watershed Activities to Phosphorous Loading*. µ Cyber Consult, étude commandée par le PEI Department of Technology and Environment and the Mill River Watershed Improvement Committee.

Ostrom, N.E., D.T. Long, E.M. Bell et T. Beals. 1998. « The origin and cycling of particulate and sedimentary organic matter and nitrate in Lake Superior », *Chemical Geology*, 152(1-2) : 13-28.

Prince Edward Island Department of Environment, Energy & Forestry (PEI DEEF). 2000. *Land Resource Model, Corporate Resource Inventory 2000*. www.gov.pe.ca/gis

Prince Edward Island Department of Fisheries, Aquaculture and Environment (PEI DFAE). 2003. *State of the Environment*. www.gov.pe.ca/photos/original/fae_soe_report.pdf

Prince Edward Island Department of Technology and Environment (PEI DTE) et Environnement Canada (EC). 1999. P.E.I. Water Quality Interpretive Report. Préparé pour le Canada–Prince Edward Island Water Annex to the Federal/Provincial Framework Agreement for Environmental Cooperation in Atlantic Canada par G. Somers, B. Raymond et W. Uhlman.

Ressources naturelles Canada. 2008. Couverture terrestre du Canada. Centre canadien de télédétection. Secteur des sciences de la terre. Programme SST : Comprendre le Canada de l'espace. http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/optical/nlcc_e.php (Accédé mars 2009)

Schindler, D.W. 1977. « Evolution of phosphorus limitation in lakes », *Science*, 195(4275) : 260-262.

Schindler, D.W., et R.E. Hecky. 2009. « Eutrophication: more nitrogen data needed », *Science*, 324(5928) : 721-722.

Schindler, D.W., R.E. Hecky, D.L. Findlay, M.P. Stainton, B.R. Parker, M.J. Paterson, K.G. Beaty, M. Lyng et S.E.M. Kaisan. 2008. « Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(32) : 11254-11258.

Scrimgeour, G.J., et P.A. Chambers. 2000. « Cumulative effects of pulp mill and municipal effluents on epilithic biomass and nutrient limitation in a large northern river ecosystem », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57 : 1342-1354.

Smith, V.H. 1983. « Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton », *Science*, 221(4611) : 669-671.

Somers, G., et M.M. Savard. 2008. *Dynamics of nitrate transfer from agricultural soils to aquifers inferred from stable isotopes*. American Water Works Association (AWWA) Inorganic Contaminants Workshop Proceedings.

Statistique Canada. 2009. *L'activité humaine et l'environnement : statistiques annuelles*. Ottawa (Ontario), n° de catalogue 16-201-X.

Statistique Canada. 2007a. Chiffres de population et des logements, pour le Canada, les provinces, les territoires et les subdivisions de recensement (municipalités), recensements de 2006 et de 2001 : données intégrales (tableau), Chiffres de population et des logements. Produit no 97-550-XWF2006002 au catalogue de Statistique Canada. Ottawa. 13 Mars. http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2006/dp-pd/hlt/97-550/Index.cfm?Page=INDX&LANG=Fra (accédé mars 2009).

Statistique Canada. 2007b. Données sur les exploitations et les exploitants agricoles. Produit no 95-629-XWF au catalogue de Statistique Canada. Ottawa. 16 Mai.

http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=95-629-X&lang=Fra (Accédé Mars 2009).

Sterner, R.W., E. Anagnostou, S. Brovold, G.S. Bullerjahn, J.C. Finlay, S. Kumar, R.M.L. McKay et R.M. Sherrell. 2007. « Increasing stoichiometric imbalance in North America's largest lake: Nitrification in Lake Superior », *Geophysical Research Letters*, 34(10), L10406.

United States Geological Survey (USGS). 2008. *Eutrophication*. Toxic Substances Hydrology Program. http://toxics.usgs.gov/definitions/eutrophication.html

Vollenweider, R.A. 1968. *Water Management Research, Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with particular reference to Nitrogen and Phosphorus as factors in Eutrophication*. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), Paris, rapport technique DAS/CS1/68.

Walvoord, M.A., et R.G. Striegl. 2007. « Increased groundwater to stream discharge from permafrost thawing in the Yukon River basin: Potential impacts on lateral export of carbon and nitrogen », *Geophysical Research Letters*, 34, L12402, doi:10.1029/2007GL030216

Watson, S.B., M. Charlton, Y.R. Rao, T. Howell, J. Ridal, B. Brownlee, C. Marvin et S. Millard. 2007. « Off flavours in large waterbodies: physics, chemistry and biology in synchrony », *Water Science & Technology,* 55(5) : 1-8.

Watson, S.B., J. Ridal et G.L. Boyer. 2008. « Taste and odour and cyanobacterial toxins: impairment, prediction, and management in the Great Lakes », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(8) : 1779-1796.

Williams, D.J. 1971. Manual of Methods for Limnological Observations of the Great Lakes. Unpublished manuscript, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, ON.