

Direction du suivi de l'état de l'environnement

**Suivi de la qualité de l'eau
des rivières et petits cours d'eau**

Par

Serge Hébert
et
Stéphane Légaré

en collaboration avec

La Direction régionale de l'Estrie

Ministère de l'Environnement
Gouvernement du Québec
Octobre 2000

Référence à citer :

HÉBERT, S. et S. LÉGARÉ, 2000. *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p. et 3 annexes.

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Chargés de projet :	Serge Hébert ¹ Stéphane Légaré ²
Collaboration :	Georges Gangbazo ¹ Isabelle Giroux ¹
Révision scientifique :	Marc Simoneau ¹ Stéphane Gariépy ³
Révision linguistique :	Micheline Lampron ⁴
Soutien technique :	Yves Laporte ¹
Graphisme :	Francine Matte-Savard ¹
Traitement de texte :	Nathalie Milhomme ¹
Production :	Direction des communications Ministère de l'Environnement

¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage, Québec (Québec) G1R 5V7

² Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère de l'Environnement, Complexe scientifique, 2700, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8

³ Direction des politiques du secteur agricole, ministère de l'Environnement, édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 8^e étage, Québec (Québec) G1R 5V7

⁴ Les services linguistiques Micheline Lampron, 12055, rue John-F. Kennedy, Québec (Québec) G2A 3B9

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de travail	iii
Table des matières	v
Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vi
Liste des annexes	vi
INTRODUCTION	1
1. CONCEPTS DE BASE	1
1.1 Le cycle de l'eau.....	1
1.2 La qualité de l'eau	3
2. LA POLLUTION DE L'EAU	4
2.1 La pollution en milieu agricole	4
2.1.1 L'enrichissement des eaux par les substances nutritives.....	4
2.1.2 Les matières en suspension et la turbidité.....	5
2.1.3 L'oxygénation des cours d'eau.....	5
2.1.4 La contamination bactériologique.....	6
2.1.5 Les pesticides	6
2.2 La pollution d'origine urbaine.....	7
2.3 La pollution d'origine industrielle.....	9
3. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉCHANTILLONNAGE	9
3.1 Pourquoi échantillonner ?	9
3.2 Quels paramètres mesurer ?	10
3.3 Où échantillonner ?	13
3.4 Quand échantillonner ?	14
3.5 Comment s'assurer de la qualité des données obtenues ?.....	14
4. L'ÉCHANTILLONNAGE	15
4.1 Préparation du matériel	15
4.2 Calibrage des appareils.....	16
4.3 Prélèvement des échantillons	16
4.4 Conservation des échantillons.....	19
4.5 Mesures sur le terrain	19
4.5.1 Température	20
4.5.2 Oxygène.....	20
4.5.3 PH.....	20
5. L'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS	20
5.1 Expédition des échantillons et délai entre le prélèvement et l'analyse	20

5.2	Méthodes d'analyse et limites de détection.....	20
5.3	Laboratoires accrédités.....	21
6.	L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	21
6.1	Critères de qualité.....	21
6.2	Aide d'un spécialiste	21
6.3	Archivage des données.....	22
BIBLIOGRAPHIE	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Qualité des eaux de débordement des réseaux unitaires, des conduites pluviales et des effluents des stations d'épuration	8
Tableau 2	Sources de pollution reconnues affectant les différents paramètres de la qualité de l'eau de surface	11
Tableau 3	Quelques pesticides détectés dans les eaux de surface, selon le type de culture présente dans le bassin versant.....	12
Tableau 4	Contenants recommandés pour l'échantillonnage, selon les analyses à réaliser	15

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Le cycle de l'eau.....	2
Figure 2	Échantillonnage d'un cours d'eau à gué.....	17
Figure 3	Échantillonnage d'un cours d'eau à partir d'un pont (A) et échantillonneur utilisé (B).....	18

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Signification environnementale et méthode d'analyse des principaux paramètres de la qualité de l'eau	
Annexe 2	Cycle de l'azote	
Annexe 3	Processus de transfert du phosphore entre les écosystèmes terrestres et aquatiques	

INTRODUCTION

Le présent manuel s'adresse à tout citoyen ou organisme qui désire s'impliquer concrètement dans la surveillance de la qualité des cours d'eau de sa région. Il décrit plus spécifiquement le matériel à utiliser et la procédure d'échantillonnage à suivre dans le cadre d'un suivi de la qualité physico-chimique de l'eau. Il contient six sections distinctes. La première traite de différents concepts de base concernant le cycle de l'eau, les bassins versants et la qualité de l'eau elle-même. La deuxième section aborde les diverses problématiques de la pollution de l'eau et s'attarde aux principaux impacts environnementaux engendrés par les activités humaines. La troisième section expose des considérations générales sur le suivi de la qualité de l'eau, afin d'aider les utilisateurs du guide à bien planifier leur campagne d'échantillonnage et ainsi répondre aux objectifs de leur étude. Les trois dernières sections présentent respectivement la procédure d'échantillonnage, les précautions à prendre pour l'analyse des échantillons et quelques conseils pour l'interprétation des résultats.

1. CONCEPTS DE BASE

L'eau est le seul composé présent, à l'état naturel, sous ces trois phases : liquide, solide et gazeuse. L'eau est partout et constitue la base de la vie. En effet, les premières formes de vie se sont développées dans les océans et, encore aujourd'hui, plus de la moitié des espèces animales et végétales vivent dans l'eau. Par ailleurs, comme toutes les autres composantes de l'environnement, l'eau ne peut pas être considérée isolément. Dans le cas d'une rivière ou d'un petit cours d'eau, son état de santé dépend en grande partie de la qualité des bandes riveraines et de la plaine inondable, de même que des activités humaines ayant lieu sur le territoire environnant.

1.1 Le cycle de l'eau

La circulation continue de l'eau entre l'atmosphère et la Terre constitue le cycle de l'eau ou cycle hydrologique (figure 1). Grâce aux rayons de soleil, l'eau peut passer à l'état gazeux et s'évaporer dans l'atmosphère. Ensuite, avec l'abaissement de la température, cette vapeur d'eau se transforme en fines gouttelettes (condensation), qui se maintiennent en suspension dans l'atmosphère pour former les différents types de nuages. Les gouttelettes d'eau s'agglutineront et grossiront jusqu'à ce qu'elles atteignent le poids critique qui causera leur chute. Selon les vents et le climat, l'eau retombera sous forme de pluie, de grêle ou de neige.

En tombant au sol, une partie de l'eau s'écoule à la surface des terres jusqu'aux ruisseaux, aux rivières et aux fleuves pour finalement rejoindre la mer; c'est le ruissellement. Plus la pente du terrain est prononcée et moins le sol est poreux, plus le volume du ruissellement sera important. Le bassin hydrographique ou bassin versant d'un cours d'eau correspond en fait à l'ensemble du territoire drainé par ce dernier.

Une autre partie de l'eau tombée pénètre le sol par percolation et atteint les nappes d'eau souterraine; cette eau peut se déplacer verticalement ou horizontalement sous la surface de la terre

jusqu'à ce qu'elle rejoigne des eaux de surface. L'eau qui a pénétré dans le sol peut aussi être captée par les racines des végétaux. Une partie de celle-ci est ensuite rejetée dans l'atmosphère par l'évapotranspiration qui se réalise au niveau des feuilles. Tout au long de son parcours en surface, l'eau peut également se transformer en vapeur sous l'action du soleil et entreprendre un nouveau cycle.

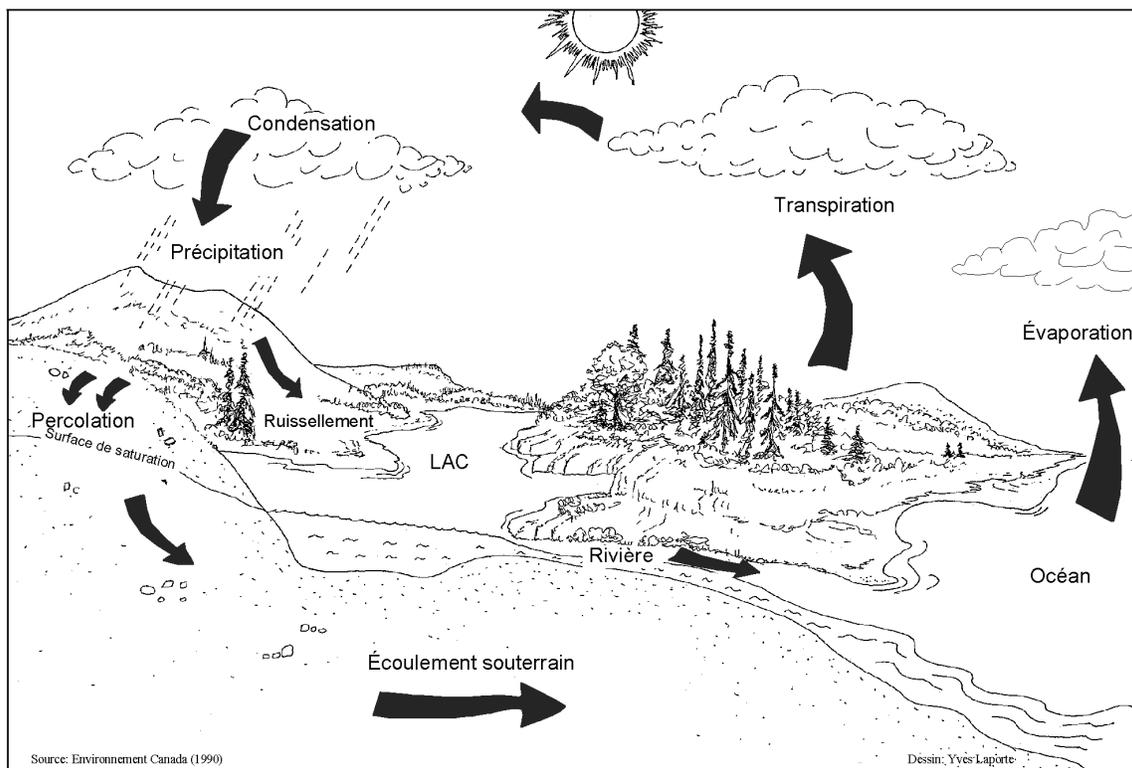


Figure 1 Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau crée évidemment un équilibre entre l'évaporation et les précipitations; l'hiver, toutefois, une partie de l'eau est immobilisée sous forme de neige et de glace. Plus tard, au moment de la fonte des neiges, d'immenses quantités d'eau sont libérées rapidement, ce qui provoque un important ruissellement, la crue printanière et éventuellement des inondations.

L'eau érode à divers degrés les terres sur son passage. Lorsque la pente du cours d'eau s'adoucit, l'eau ralentit sa course et dépose des matériaux; ce phénomène se produit généralement près de l'embouchure. Le débit d'un cours d'eau, la vitesse de l'écoulement, la pente et le type de sol présent déterminent l'importance de l'érosion dans un tronçon de rivière. Des variations importantes de débit sont observées de jour en jour, de saison en saison et d'année en année, car les précipitations, la fonte des neiges et les eaux souterraines contribuent toutes au débit. En plus de la fonte printanière, les pluies torrentielles peuvent entraîner des crues et des inondations. L'étiage de nos cours d'eau, c'est-à-dire le plus bas niveau de leurs eaux, se produit généralement à la fin de l'été, lorsque le volume des précipitations est peu élevé et que l'évapotranspiration est

importante, de même qu'au cours de l'hiver, lorsque les précipitations sont sous forme de neige et de glace et que le ruissellement est nul.

1.2 La qualité de l'eau

Nous avons tendance à juger de la qualité de l'eau en fonction d'une utilisation particulière de celle-ci. Une eau qui est bonne pour une chose ne l'est pas nécessairement pour une autre. Ainsi, on pourrait considérer l'eau d'une rivière comme suffisamment propre pour la baignade mais impropre à la consommation. C'est pourquoi le ministère de l'Environnement a défini des critères de qualité de l'eau de surface adaptés aux principaux usages de l'eau. Ces critères visent la protection de la santé humaine (que ce soit au niveau de la consommation d'eau ou d'organismes aquatiques ou encore des activités récréatives impliquant un contact avec l'eau), la protection du plan d'eau contre l'eutrophisation, la protection de la vie aquatique et la protection de la faune piscivore.

La qualité d'une eau est caractérisée par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et l'effet qu'elles ont sur l'écosystème et sur l'être humain. C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier. Même l'eau des rivières et des lacs les moins influencés par les activités humaines n'est pas pure. Elle contient de nombreuses substances, dissoutes ou en suspension, que l'on retrouve partout dans la nature (bicarbonates, sulfates, sodium, calcium, magnésium, potassium, azote, phosphore, aluminium, fer, etc.). Ces éléments proviennent du sol et du sous-sol, de la végétation et de la faune, des précipitations et des eaux de ruissellement drainant le bassin versant, ainsi que des processus biologiques, physiques et chimiques ayant lieu dans le cours d'eau lui-même. À ces substances d'origine naturelle peuvent s'ajouter des produits découlant de la simple présence humaine (phosphore, azote et micro-organismes contenus dans les eaux usées domestiques) ou des activités industrielles et agricoles (substances toxiques, métaux, pesticides).

Au cours d'une année, d'une saison et même d'une journée, la qualité de l'eau peut être très variable. Les phénomènes de ruissellement et d'érosion, de même que les précipitations et les variations du débit d'un cours d'eau influencent énormément la qualité de l'eau. En période d'étiage, les concentrations de certaines substances présentes dans l'eau peuvent être beaucoup plus élevées que pendant le reste de l'année. À l'inverse, en période de crue, certaines substances se trouvent diluées dans un plus grand volume d'eau alors que d'autres, qui atteignent le cours d'eau par ruissellement, se retrouvent en concentration plus importante. Ainsi, les concentrations des substances naturelles non dissoutes provenant d'un processus d'érosion augmentent avec le débit : c'est le cas notamment des éléments d'origine géologique (fer, aluminium, etc.) et des différentes substances (telles que les phosphates) qui y sont liées. Par ailleurs, les concentrations des divers polluants rejetés artificiellement et régulièrement dans un cours d'eau (on ne parle pas ici d'engrais ou de pesticides étendus sur les terres) diminuent lorsque le débit augmente. Une très bonne connaissance du régime hydrologique d'un cours d'eau est donc nécessaire pour interpréter correctement les données de qualité de l'eau.

2. LA POLLUTION DE L'EAU

2.1 La pollution en milieu agricole

Bien qu'il existe des sources ponctuelles de pollution, telles que les bâtiments et les structures d'entreposage des fumiers, la forme prépondérante de pollution en milieu agricole est diffuse. Ce type de pollution provient de l'ensemble du territoire et non d'un point unique identifiable. Les différents polluants d'origine agricole ne peuvent donc pas être recueillis et traités ultérieurement dans une station d'épuration. Ils atteignent les cours d'eau par le ruissellement de surface ou par l'écoulement souterrain. L'intensification des cultures et le recours à certaines pratiques culturales, combinés à une utilisation excessive d'engrais et de pesticides, ont engendré une dégradation des sols et augmenté les phénomènes d'érosion et de transport vers les cours d'eau de divers contaminants.

2.1.1 *L'enrichissement des eaux par les substances nutritives*

Les territoires agricoles sont particulièrement sujets aux activités de fertilisation du sol afin de maximiser la production des cultures. L'épandage d'engrais, qu'ils soient d'origine organique (fumier, lisier, etc.) ou minérale, occasionne une augmentation dans le sol des concentrations en éléments nutritifs essentiels au développement des végétaux. Ces éléments nutritifs, tels que le phosphore, l'azote et le potassium, ne sont cependant pas entièrement utilisés par les végétaux cultivés, et une partie est emportée vers les ruisseaux et rivières par percolation et ruissellement. Le cycle de l'azote et les processus de transfert du phosphore entre les écosystèmes terrestres et aquatiques sont illustrés aux annexes 2 et 3.

Dans un cours d'eau en santé, les éléments nutritifs sont présents à de faibles concentrations et assurent une croissance normale des plantes aquatiques (macrophytes) et des microalgues (phytoplancton). Lorsque le phosphore devient trop abondant, il cause une croissance excessive des végétaux aquatiques. Ce processus d'enrichissement du milieu aquatique s'appelle « eutrophisation ». L'accroissement des populations de macrophytes et de phytoplancton ainsi que la formation de tapis d'algues peuvent provoquer une diminution de la qualité esthétique des cours d'eau, affecter le goût et l'odeur de l'eau et modifier complètement la composition de la faune aquatique présente.

Une autre répercussion de la croissance excessive des plantes aquatiques et des algues est l'augmentation de la variation journalière de la concentration en oxygène dissous dans l'eau. Alors que la photosynthèse produit de l'oxygène durant le jour, la respiration des végétaux consomme de l'oxygène pendant la nuit. Plus le milieu est productif (c'est-à-dire plus la croissance et la densité des végétaux sont importantes), plus l'amplitude journalière de cette variation est grande et plus le risque d'atteindre de faibles concentrations en oxygène (hypoxie) pendant la nuit est élevé, ce qui peut être néfaste pour les poissons. Idéalement, l'oxygène dissous devrait être mesuré à l'aube, soit au moment où les concentrations risquent d'être le plus faibles.

La décomposition de la matière organique d'origine animale ou végétale par les bactéries consomme de l'oxygène et peut également engendrer des conditions potentiellement

dommageables pour la faune aquatique. L'existence et la sévérité de tels épisodes dépendent de l'abondance de la matière organique à décomposer. En milieu affecté par des surplus d'engrais minéraux ou des surplus de fumier et de lisier, la matière organique est, règle générale, très abondante.

2.1.2 Les matières en suspension et la turbidité

Le faible couvert végétal des terres en culture, l'absence de barrières éoliennes, le compactage excessif du sol et le dénuement fréquent des rives des cours d'eau font des territoires agricoles un milieu particulièrement propice à l'érosion. Chaque année en Amérique du Nord, des millions de tonnes de terre arable sont perdues et exportées vers les cours d'eau, si bien que l'érosion est considérée comme un agent important de dégradation du milieu aquatique aux États-Unis et au Canada (Walling, 1988). Lors d'événements de pluie et encore plus à la fonte des neiges, le transport, par ruissellement, de particules de terre vers les cours d'eau occasionne une augmentation des matières en suspension et de la turbidité. Le piétinement des berges et du fond des cours d'eau par le bétail est également une cause reconnue d'érosion.

Les matières en suspension peuvent causer une abrasion des branchies et affecter la respiration des poissons. Elles peuvent également, lorsqu'elles se déposent au fond, colmater le lit des ruisseaux et priver ainsi d'apport en oxygène les œufs des poissons. Une hausse des matières en suspension est généralement accompagnée d'une hausse de la turbidité, ce qui rend le traitement de l'eau pour fins d'approvisionnement en eau potable plus complexe et plus coûteux. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide.

2.1.3 L'oxygénation des cours d'eau

En milieu aquatique, l'oxygène est un élément essentiel pour les organismes vivants. La concentration en oxygène dans l'eau est la résultante de nombreux processus. Avant tout, la capacité de dissolution de l'oxygène est fonction de la température de l'eau. À saturation (à la suite d'un bon mélange qui permet la diffusion dans l'eau de l'oxygène présent dans l'atmosphère), une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène qu'une eau chaude.

Les concentrations en oxygène ne demeurent cependant pas nécessairement à leur point de saturation; elles subissent régulièrement des modifications occasionnées par les activités biologiques. La photosynthèse des végétaux produit de l'oxygène, si bien qu'en milieu productif (importante production primaire), les concentrations d'oxygène atteignent, pendant le jour, des valeurs bien au-dessus des taux de saturation dictés par la température.

La respiration est la principale cause de diminution de l'oxygène, qu'il s'agisse de la respiration des animaux (poissons, insectes, etc.) ou des plantes pendant la nuit, ou encore de la respiration bactérienne associée au processus de décomposition de la matière organique. Ce dernier phénomène peut devenir particulièrement dommageable en milieu productif; l'abondance de matière organique d'origine animale ou végétale, stimulée par la grande disponibilité de nutriments, occasionne alors une activité bactérienne importante.

Les processus biologiques décrits dans les paragraphes précédents sont également affectés par la température, puisque le métabolisme des organismes est plus actif à des températures élevées. Il faut finalement ajouté que dans une rivière, la variation des concentrations en oxygène causée par la photosynthèse et la respiration est principalement rencontrée en zones calmes ou profondes. En surface et en zone de rapides, le contact eau-atmosphère a tôt fait de ramener les concentrations en oxygène aux valeurs de saturation dictées par la température.

2.1.4 La contamination bactériologique

La présence de bactéries dans l'eau est un phénomène normal et constitue un aspect primordial de la décomposition de la matière organique et du recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique. Cependant, lorsque le milieu reçoit des déjections d'origine animale ou humaine, le nombre et le type de bactéries présentes peuvent rendre l'eau non appropriée pour certaines activités. Ces bactéries, appelées coliformes fécaux, proviennent du tube digestif des mammifères et sont de bons indicateurs de la présence potentielle d'organismes pathogènes pouvant causer des problèmes de santé (gastro-entérites, dermatites, etc.). Des concentrations trop élevées en coliformes fécaux peuvent compromettre la baignade et la pratique sécuritaire d'activités nautiques impliquant un léger contact avec l'eau (canotage, pêche à gué, etc.). Le rejet d'eaux usées domestiques non traitées, les débordements des réseaux d'égouts par temps de pluie, de même que l'épandage de fumier et de lisier sont les sources principales de contamination bactériologique.

2.1.5 Les pesticides

L'utilisation des pesticides est très répandue en milieu agricole; en 1992, 78 % des pesticides vendus au Québec étaient destinés au secteur agricole (MEF, 1996). À elle seule, la culture du maïs monopolise 50 % des ventes de pesticides. Il est important de noter que le type de pesticides utilisés ainsi que la période et le mode d'application sont différents d'une culture à l'autre. Dans la culture du maïs par exemple, les produits dont on fait usage sont surtout des herbicides (ex. : atrazine, métolachlore, dicamba, etc.). Pour les légumes, on a autant recours aux herbicides, aux insecticides qu'aux fongicides. Dans les vergers, les fongicides, insecticides et acaricides sont les plus employés.

Les pesticides peuvent atteindre les plans d'eau et la nappe souterraine par ruissellement et lessivage. Parce que leur usage est généralisé, notamment pour la culture du maïs, et qu'ils sont appliqués sur un sol nu au printemps, les herbicides risquent davantage d'atteindre les cours d'eau. Le risque est accru lorsqu'une pluie intense survient peu après l'épandage (MEF, 1995). Les insecticides et fongicides sont habituellement appliqués plus tard au cours de l'été, lorsque le feuillage des cultures est plus développé.

Selon leurs concentrations dans l'eau, les pesticides peuvent affecter les différentes composantes de la chaîne trophique aquatique (végétaux, insectes, poissons, etc.). Plusieurs sont détectés dans les cours d'eau en concentrations qui dépassent les critères de qualité de l'eau établis pour la protection de la vie aquatique. Les pesticides peuvent également altérer la qualité de l'eau destinée à l'approvisionnement en eau potable et constituer un risque pour la santé humaine.

2.2 La pollution d'origine urbaine

En milieu urbain, les sources de pollution sont facilement identifiables : ce sont essentiellement les effluents des usines d'épuration, les émissaires pluviaux ou encore les émissaires de débordement des réseaux d'égouts. La pollution diffuse urbaine, qui provient du ruissellement de surface, se trouve en très grande partie canalisée et rejetée au cours d'eau de façon ponctuelle.

Quatre types de réseau de collecte des eaux peuvent exister dans le sous-sol de nos municipalités : le réseau pluvial, qui ne transporte que les eaux de ruissellement de surface vers le cours d'eau, le réseau d'égouts unitaire qui transporte un mélange des eaux usées domestiques et des eaux pluviales, le réseau pseudo-séparatif, dans lequel les eaux usées domestiques se mélangent aux eaux pluviales en provenance des drains de toiture et des drains de fondation, et le réseau d'égouts sanitaire, qui ne transporte que des eaux usées domestiques. Dans nos zones urbaines, l'imperméabilisation de grandes surfaces (rues, stationnements, toitures) a augmenté considérablement le volume des eaux de ruissellement qui doit être évacué par les réseaux de collecte. Malheureusement, lors d'événements pluviaux, les réseaux de type unitaire ou pseudo-séparatif ne peuvent acheminer à la station d'épuration toutes les eaux de ruissellement et les eaux usées domestiques. C'est pourquoi des conduites de débordement sont nécessaires pour évacuer les surplus d'eau afin d'éviter tout refoulement vers les résidences et garantir un fonctionnement adéquat de la station d'épuration.

Les eaux de débordement des réseaux d'égouts unitaires et pseudo-séparatifs, quoiqu'elles puissent être de qualité très variable, sont généralement fortement contaminées. Elles le sont d'abord par les eaux usées domestiques mais aussi par les matières solides et dissoutes apportées par le ruissellement sur les surfaces urbaines. Pour certains paramètres (tels que les matières en suspension et certains métaux), elles peuvent même présenter des concentrations jusqu'à dix fois supérieures à celles rencontrées dans les eaux usées domestiques en temps sec (tableau 1). Étant donné que le volume de ces eaux est généralement considérable, les quantités de polluants rejetées au cours d'eau peuvent être importantes. Les débordements s'effectuent souvent sur de courtes périodes mais peuvent contaminer les eaux réceptrices pour plusieurs jours. Les eaux de débordement sont habituellement perceptibles visuellement lorsqu'elles sont rejetées au cours d'eau, en raison de leur turbidité et de la présence de débris sanitaires. Les eaux de débordement provenant des réseaux d'égouts contiennent aussi une flore microbienne importante et diversifiée. Cette contamination bactérienne est très variable mais, dans les cas extrêmes, elle peut atteindre plusieurs millions de coliformes fécaux par 100 ml. Les eaux pluviales peuvent également présenter une contamination bactérienne importante (tableau 1) provenant de déjections animales (qui atteignent les émissaires pluviaux par ruissellement) ou de raccordements illicites d'égouts domestiques.

Bien que la pollution d'origine agricole soit une source importante des substances nutritives (azote et phosphore) retrouvées dans les cours d'eau, la pollution d'origine urbaine est également responsable de l'enrichissement des eaux par ces substances. En effet, en plus de se retrouver dans les déjections humaines et animales, l'azote et le phosphore sont utilisés dans les fertilisants épandus sur les gazons et dans les jardins, de même que dans de nombreux produits de nettoyage. Même si les eaux usées sont traitées avant leur rejet au cours d'eau, le processus de traitement

n'élimine pas complètement le phosphore. Lors des débordements survenant par temps de pluie, les eaux de surverse peuvent être une source majeure de substances nutritives (tableau 1). Les émissaires des stations d'épuration de même que les émissaires de débordement rejettent également des quantités appréciables de matière organique et d'azote ammoniacal. La décomposition de la matière organique par les bactéries consomme de l'oxygène et peut engendrer des conditions potentiellement dommageables pour la faune aquatique. L'existence et la sévérité de tels épisodes dépendent de l'abondance de la matière organique à décomposer et du débit de l'effluent par rapport au débit du cours d'eau. En milieu affecté par des rejets urbains, la matière organique est, règle générale, plutôt abondante mais, étant donné qu'elle se décompose sous l'action bactérienne, son impact sur le cours d'eau diminue assez rapidement à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet. Les effets seront donc essentiellement perceptibles dans le panache des effluents urbains, c'est-à-dire dans la zone directement affectée par le rejet. Le même phénomène se produit pour l'azote ammoniacal : l'impact de son rejet dans un cours d'eau diminue assez rapidement à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet. Sous l'action bactérienne, ce composé, qui est toxique pour la faune aquatique à partir d'une certaine concentration, est en effet converti en nitrites et en nitrates, qui sont des composés beaucoup moins toxiques.

Tableau 1 Qualité des eaux de débordement des réseaux unitaires, des conduites pluviales et des effluents des stations d'épuration

Paramètres		Surverses de réseaux unitaires ¹⁻²	Eaux pluviales ²	Eaux usées traitées ³
Coliformes fécaux	(UFC/100 ml)	200 000 - 1 000 000	1 000 - 21 000	≥ 500
Matières en suspension	(mg/l)	270 - 550	67 - 101	15 - 30
DBO ₅	(mg/l O ₂)	60 - 220	8 - 10	15 - 30
Phosphore total	(mg/l P)	1,20 - 2,80	0,67 - 1,66	0,40 - 1,00
Cuivre	(mg/l)	0,102	0,027 - 0,033	0,032
Plomb	(mg/l)	0,140 - 0,600	0,030 - 0,144	0,046
Zinc	(mg/l)	0,348	0,135 - 0,226	0,410

¹ U.S. EPA (1983)

² Metcalf & Eddy (1991)

³ OMOE (1987)

Les réseaux d'égouts transportent aussi une grande variété de substances toxiques. Celles-ci proviennent des activités humaines quotidiennes (utilisation de peintures, teintures, diluants, produits nettoyants, etc.) et des activités des industries qui y rejettent leurs eaux de procédé. On

retrouve également, dans les réseaux d'égouts unitaires et dans les réseaux pluviaux, des métaux, des huiles et graisses, des insecticides, des herbicides et différentes substances toxiques qui proviennent du ruissellement de surface.

2.3 La pollution d'origine industrielle

Les établissements industriels ont des productions très diverses (aliments, vêtements, pâte à papier, produits chimiques, etc.) et rejettent plusieurs types d'eaux usées, dont le volume et le degré de contamination sont très variables. Règle générale, on distingue les eaux de procédé, qui sont le plus souvent contaminées puisqu'elles entrent dans le processus de fabrication même, les eaux de refroidissement, plus ou moins contaminées, les eaux sanitaires et, dans certains cas, les eaux pluviales.

Les caractéristiques des eaux de procédé sont directement fonction du type d'industrie : certaines industries n'en génèrent carrément pas ou très peu, comme les industries de confection de vêtements, alors que d'autres en produisent des volumes considérables, comme les fabriques de pâtes et papiers. La contamination des eaux de procédé varie aussi avec le type d'industrie : la fabrication d'aliments engendre des contaminants organiques, alors que la confection d'une multitude de produits de consommation génère surtout des contaminants inorganiques, tels que les métaux. Pour un même contaminant, le taux d'émission est variable selon la production industrielle : la fabrication d'une tonne de pâte à papier produit environ 50 kilogrammes de DBO₅ (effluent brut), tandis que la transformation d'une tonne de pommes de terre en génère de 10 à 20 kilogrammes. L'existence d'eaux de procédé et leur degré de contamination sont donc reliés au type de production industrielle.

La taille des entreprises est également un critère à considérer. Pour un même type d'industrie, il existe des relations entre l'importance de l'entreprise, qui peut être exprimée en termes de volume de production, de nombre d'employés, de chiffre d'affaires, etc., et la quantité de ses rejets. Même si on ne peut pas toujours établir de proportionnalité directe, cet indicateur est intéressant. Il est également utile de tenir compte du lieu de rejet des eaux usées : dans un réseau d'égouts qui aboutit à une station d'épuration municipale (rejet « en réseau ») ou encore dans l'environnement (rejet « hors réseau »). Le rejet dans l'environnement peut se faire sous deux formes, soit directement dans des eaux de surface, soit par l'entremise d'installations septiques. Cette dernière solution se rencontre seulement lorsque les volumes d'eaux usées sont très faibles; celles-ci s'infiltreront alors généralement dans le sol (Dartois et Daboval, 1999).

3. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉCHANTILLONNAGE

3.1 Pourquoi échantillonner ?

La première étape dans l'élaboration d'un programme d'échantillonnage est la détermination des objectifs du suivi envisagé. L'échantillonnage des cours d'eau peut permettre de répondre à plusieurs questions concernant :

- la connaissance de base de la qualité de l'eau;
- le respect des critères de qualité de l'eau pour les usages potentiels, tels que l'approvisionnement en eau potable, la baignade, la protection de la faune aquatique, etc.;
- l'identification de polluants ou d'une source de pollution spécifique;
- l'impact des rejets urbains et industriels sur la qualité de l'eau;
- l'impact de certaines pratiques agricoles;
- la détermination de tendances temporelles (avant et après assainissement) de la qualité de l'eau;
- la détection d'anomalies dans la qualité de l'eau comme indicateur d'un problème de pollution potentiel.

3.2 Quels paramètres mesurer ?

Après avoir cerné le but de la campagne d'échantillonnage, il faut sélectionner les paramètres à mesurer. Cette décision devrait être prise en collaboration avec des experts, et être basée principalement sur les facteurs suivants :

- qualité de l'eau observée dans les études antérieures;
- problèmes de qualité de l'eau et de pollution appréhendés;
- précision et sensibilité des instruments et techniques d'analyse disponibles;
- expertise des responsables (volontaires ou professionnels);
- coût de l'échantillonnage (équipement et analyses).

Les paramètres les plus souvent mesurés incluent la température, le pH, la turbidité, l'oxygène dissous, la demande biochimique en oxygène (DBO₅), le phosphore dissous, le phosphore en suspension, les différentes formes de l'azote (nitrites-nitrates, azote ammoniacal, azote total), la chlorophylle *a*, le carbone organique dissous (COD), les matières en suspension (MES), la conductivité et les coliformes fécaux. Selon le type de pollution rencontrée, les paramètres de la qualité de l'eau qui sont affectés peuvent varier. C'est pourquoi il peut être très utile de consulter un spécialiste de la qualité de l'eau à cette étape du projet. Le tableau 2 présente un résumé des paramètres touchés par certains types de pollution. Dans le cas des pesticides, le nombre élevé de produits utilisés, qui varient en fonction des cultures, rend plus complexe la sélection des paramètres à analyser (tableau 3). Un inventaire des produits utilisés par les agriculteurs du bassin versant peut être une source précieuse d'information. Il est important également de s'informer des périodes d'épandage afin d'être en mesure d'échantillonner le cours d'eau à un moment opportun. La consultation d'un expert de la Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE) demeure la meilleure assurance pour la réussite d'un suivi des pesticides.

Tableau 2 Sources de pollution reconnues affectant les différents paramètres de la qualité de l'eau de surface (adapté de U.S. EPA, 1997)

Paramètres	Sources de pollution
Azote	Épandage d'engrais, rejets municipaux, fosses septiques
Carbone organique dissous	Rejets municipaux, rejets industriels
Chlorophylle <i>a</i>	Rejets municipaux, rejets domestiques, activités agricoles, ruissellement urbain
Coliformes fécaux	Rejets municipaux, épandage de fumier et lisier, fosses septiques, fosses à purin défectueuses, ruissellement urbain
Conductivité	Rejets industriels, rejets miniers, rejets municipaux, ruissellement urbain
DBO ₅	Rejets municipaux, rejets industriels, activités agricoles
Matières en suspension	Activités agricoles, activités forestières, rejets industriels, rejets municipaux, ruissellement urbain
Oxygène dissous	Rejets municipaux, rejets industriels, activités agricoles
Pesticides	Activités agricoles, ruissellement urbain
pH	Rejets industriels, rejets municipaux
Phosphore	Rejets municipaux, activités agricoles, fosses septiques, ruissellement urbain
Turbidité	Activités agricoles, activités forestières, rejets municipaux, rejets industriels, ruissellement urbain

Tableau 3 Quelques pesticides détectés dans les eaux de surface, selon le type de culture présente dans le bassin versant

Culture	Pesticides détectés	Type d'analyse requise ¹
Maïs	Atrazine	Balayage OPS ³ ou CPROP ⁴
	Métolachlore	
	Diméthénamide	
	Simazine	
	Cyanazine	Phénoxyacides ⁵
	Bentazone	
	Dicamba 2, 4-D	
Vergers	Simazine	CPROP ⁴
	Diméthoate	
	Azinphos-méthyl	
	Carbaryl	
	Phosalone	
	Myclobutanil	
	Captane	
Pommes de terre ²	Métribuzine	Balayage OPS ³ ou CPROP ⁴
	Linuron	
	Diuron	
	Carbofuran	Aldicarbe Imidacloprid
	Azinphos-méthyl	
	Chlorpyrifos	
	Malathion	
	Aldicarbe	
	Imidacloprid ⁶	

¹ Type d'analyse effectuée par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ).

² Les pesticides listés ont été détectés dans l'eau souterraine.

³ Couvre une trentaine de pesticides de type triazines, organophosphorés et autres.

⁴ Couvre une quarantaine de pesticides de type triazines, organophosphorés, pyrèthri-noïdes et autres.

⁵ Couvre une quinzaine d'herbicides de type phénoxyacides.

⁶ L'imidacloprid n'a pas été détecté dans l'eau au Québec, mais l'a déjà été ailleurs au Canada.

Dans le cas des polluants d'origine industrielle, la sélection des paramètres à analyser peut aussi être complexe. Un inventaire des industries présentes en amont, de même que la connaissance des procédés de fabrication et des produits potentiellement rejetés sont essentiels. Il est également important de connaître les cycles de production de ces industries, afin de pouvoir échantillonner les eaux de surface lorsque le rejet des eaux de procédé est représentatif du niveau de production. De plus, certaines substances toxiques (HAP, dioxines et furanes, BPC, etc.) ne peuvent être échantillonnées à l'aide des techniques habituelles, parce qu'elles se retrouvent dans les eaux de surface à des concentrations trop faibles. On doit, dans ces cas, utiliser une technique d'échantillonnage à grand volume qui exige une expertise particulière. Dans le cas des métaux, à cause des risques de contamination des échantillons lors de l'échantillonnage, du transport ou de l'analyse, des méthodes répondant à des critères de propreté très élevés doivent être utilisées à chaque étape. De façon générale, il est fortement recommandé de faire appel à un spécialiste lorsqu'il s'agit de pollution par les substances toxiques et par les métaux.

3.3 Où échantillonner ?

La localisation des stations est une étape du plan d'échantillonnage qui est déterminante pour la réussite et la validité du suivi. Le nombre et le positionnement des stations dépendent des objectifs de l'étude, de l'accessibilité des sites et des ressources financières disponibles.

L'utilisation de plusieurs stations d'échantillonnage sur le cours d'une rivière permet une caractérisation générale et l'identification des secteurs où la qualité de l'eau est plus problématique. Lorsqu'il s'agit de déterminer l'impact d'une source ponctuelle de pollution ou des activités agricoles dans un secteur donné, il est tout indiqué de positionner une station témoin en amont du rejet polluant (qui pourrait être un affluent) ou du secteur à étudier, et une station en aval de celui-ci. Il faut toutefois s'assurer qu'aucune source de pollution autre que celle ciblée par le suivi n'est présente entre les deux sites d'échantillonnage. Dans le cas où l'on veut évaluer l'impact d'un certain type de culture ou l'impact de l'utilisation du territoire (par exemple l'épandage de fumier) sur la qualité de l'eau, il faut que le secteur à l'étude soit homogène, c'est-à-dire que l'on doit y retrouver un seul type de culture ou d'utilisation du territoire, sinon l'interprétation des résultats devient difficile.

Dans le cas de l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau pour la baignade, l'échantillonnage devrait se faire sur des sites offrant un bon potentiel (accessibilité, attrait des lieux, profondeur, type de fond, etc.), selon le protocole d'Environnement-Plage du Ministère.

Selon les objectifs de la campagne d'échantillonnage, lorsque des données de qualité d'eau sont déjà disponibles pour le secteur à l'étude, il peut être avantageux de se positionner aux mêmes endroits afin de pouvoir comparer les données nouvellement recueillies avec les données historiques. Une fois que les stations ont été positionnées, il devient primordial de toujours échantillonner exactement aux mêmes endroits pendant toute la durée de l'étude.

3.4 Quand échantillonner ?

Il n'existe aucune règle générale dictant la période et la fréquence d'échantillonnage. En fait, le plan d'échantillonnage doit permettre de répondre aux questions initialement soulevées et d'atteindre les objectifs visés par le suivi. Dans le cadre d'un suivi à long terme visant à tracer l'évolution temporelle de la qualité de l'eau, un échantillonnage mensuel d'une durée minimale de quatre ans est statistiquement requis. Dans les cas où l'on cherche à mesurer l'impact d'une source de pollution, il faut tenir compte des conditions hydrologiques (débit, période de crue et d'étiage), des conditions météorologiques (importance et intensité des précipitations) et des événements pouvant influencer la charge polluante (période d'épandage et d'arrosage, débordements d'eaux usées, etc.).

À titre d'exemple, si l'on veut évaluer de façon assez précise la quantité de phosphore, d'azote ou de matières en suspension transportée annuellement par un cours d'eau, on doit disposer de données journalières de débit et prélever deux échantillons par semaine pendant la crue printanière et automnale, et un échantillon toutes les deux semaines le reste de l'année. Dans le cas du suivi des pesticides, étant donné que le type de produit, la période et le mode d'application diffèrent d'une culture à l'autre, le choix des substances à analyser et du moment de l'échantillonnage doit être fait en fonction des cultures présentes dans le secteur à l'étude. Les concentrations les plus élevées de pesticides, notamment d'herbicides, surviennent souvent après la première averse suivant l'épandage du produit. Il en est de même pour les éléments nutritifs (phosphore et azote) après l'épandage de lisier ou d'engrais minéraux. Encore une fois, il est fortement recommandé de consulter un spécialiste du suivi de la qualité des cours d'eau avant d'établir la fréquence d'échantillonnage et de fixer les dates.

3.5 Comment s'assurer de la qualité des données obtenues ?

Prélever un échantillon d'eau semble *a priori* très simple. Il faut cependant s'assurer qu'il soit représentatif (c'est-à-dire qu'il reflète fidèlement l'état du cours d'eau à l'endroit et au moment où il a été prélevé), qu'il ne subisse aucune contamination et qu'il conserve son intégrité jusqu'au moment de l'analyse. Le programme d'assurance et de contrôle de qualité constitue un outil essentiel afin d'obtenir des données fiables.

Le contrôle de qualité requiert l'utilisation d'échantillons témoins (appelés « blancs ») pour vérifier l'absence de contamination des bouteilles ou pour détecter une contamination qui serait apparue entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse. Il suffit de remplir une bouteille de chaque type avec de l'eau déminéralisée ultra-propre (fournie par un laboratoire accrédité) sur le terrain, au début de l'échantillonnage, et d'expédier ces « blancs » au laboratoire avec les autres échantillons. Un contrôle de qualité adéquat requiert également l'utilisation de duplicata. Ceux-ci sont obtenus en fractionnant en deux un échantillon prélevé en une seule fois dans un contenant propre de fort volume; ils sont aussi expédiés au laboratoire avec les autres échantillons. Cela permet d'évaluer la variabilité et la précision des résultats d'analyse. Il est recommandé de réaliser un blanc et une série de duplicata à tous les 10 ou 20 échantillons. Il est fortement conseillé de définir les différentes composantes du contrôle de qualité avec un spécialiste de la Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE).

4. L'ÉCHANTILLONNAGE

4.1 Préparation du matériel

La préparation du matériel est une étape qui doit être planifiée plusieurs jours à l'avance, afin de pouvoir obtenir du laboratoire les bouteilles adéquates pour les analyses désirées et de s'assurer du bon état des instruments. Règle générale, le matériel de terrain consiste en une série de bouteilles d'échantillonnage, une glacière, de la glace, un échantillonneur (lorsque l'accessibilité au site et/ou la profondeur du cours d'eau l'exige) et des instruments de mesure, tels qu'un thermomètre, un oxymètre et un pH-mètre.

Le type et la grosseur des bouteilles à utiliser ainsi que le volume d'eau à prélever dépendent des paramètres qui doivent être analysés. Selon les analyses désirées, le laboratoire accrédité choisi fournira le nombre adéquat de bouteilles, du type et de la grosseur nécessaires. Le tableau 4 présente les différents contenants utilisés au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ).

Tableau 4 Contenants recommandés pour l'échantillonnage, selon les analyses à réaliser

Analyses à réaliser	Réipients utilisés	Remarques
Coliformes fécaux et streptocoques fécaux	250 ml en propylène Contenant stérilisé	Remplir la bouteille jusqu'à l'épaule
Chlorophylle a et phéophytine	250 ml en propylène Bouteille opaque	Remplir la bouteille à ras bord
DBO ₅	500 ml en propylène	Remplir la bouteille à ras bord
Matières en suspension	500 ml en propylène	Remplir la bouteille à ras bord
Couleur, pH, turbidité, conductivité, nutriments	500 ml en propylène	Remplir la bouteille à ras bord
Pesticides	1 000 ml en verre	Le dessous du bouchon est couvert d'un papier d'aluminium

4.2 Calibrage des appareils

Lorsque des instruments de mesure sont utilisés sur le terrain, leur calibrage est une étape essentielle à l'obtention de données exactes et précises. Les trois appareils les plus communément utilisés sont le thermomètre, l'oxymètre et le pH-mètre. Dans le cas d'un thermomètre digital un calibrage doit être effectué à quelques reprises au cours de l'année, mais cet exercice n'est pas nécessaire avant chaque campagne d'échantillonnage. Par contre, l'oxymètre et le pH-mètre doivent être calibrés avant chaque sortie sur le terrain. Cette opération s'effectue au moyen de solutions standard de pH pour le pH-mètre, et par immersion dans de l'eau saturée en oxygène et à température connue pour l'oxymètre. Comme la concentration en oxygène dans l'eau est fonction de la température, la mesure de ce paramètre permet de calculer la concentration en oxygène dans l'eau saturée (bien brassée) et de calibrer l'appareil en conséquence. Il existe actuellement plusieurs types d'appareils de mesure sur le marché. Il est fortement recommandé de consulter le manuel d'instruction de l'appareil avant son utilisation.

4.3 Prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons d'eau peut s'effectuer de plusieurs façons, selon la taille du cours d'eau et l'accessibilité au site. Dans les ruisseaux et rivières de faible profondeur, l'idéal est de se placer au centre du cours d'eau et de remplir les bouteilles à la main, au milieu de la colonne d'eau, en faisant face au courant (figure 2). Lorsque la profondeur ou le débit élevé empêche le prélèvement à la main, l'utilisation d'un pont est la façon la plus facile d'avoir accès au centre du cours d'eau.

La Direction du suivi de l'état de l'environnement utilise un système de porte-bouteilles (échantillonneur) installé sur un socle lesté de plomb qui permet de prélever, même à de forts débits, des échantillons à partir des ponts (figure 3). Lorsque la profondeur du cours d'eau est importante, il est recommandé de prendre un échantillon intégré des 5 premiers mètres de la colonne d'eau. Cet échantillonnage consiste à descendre l'échantillonneur jusqu'à une profondeur de 5 m, en prenant bien soin de ne pas toucher le fond, et à le remonter rapidement jusqu'à la surface afin d'obtenir un échantillon représentatif de la colonne d'eau.

L'intégrité des échantillons envoyés au laboratoire détermine en grande partie la qualité des résultats d'analyse. Des précautions doivent donc être prises pour protéger les échantillons de toute contamination ou altération. Voici quelques-unes de ces précautions :

- Les mesures sur le terrain (oxygène dissous, température, etc.) ne doivent jamais être faites à partir d'un échantillon qui sera expédié au laboratoire. Il faut prendre ces mesures directement dans le cours d'eau ou à partir d'un échantillon que l'on jettera une fois l'opération terminée;
- La partie intérieure des bouteilles et des bouchons ne doit jamais être touchée. Pendant l'échantillonnage, il est recommandé de garder les bouchons dans un sac de plastique propre. Une fois l'échantillon prélevé, il faut bien prendre soin de visser hermétiquement le bouchon;

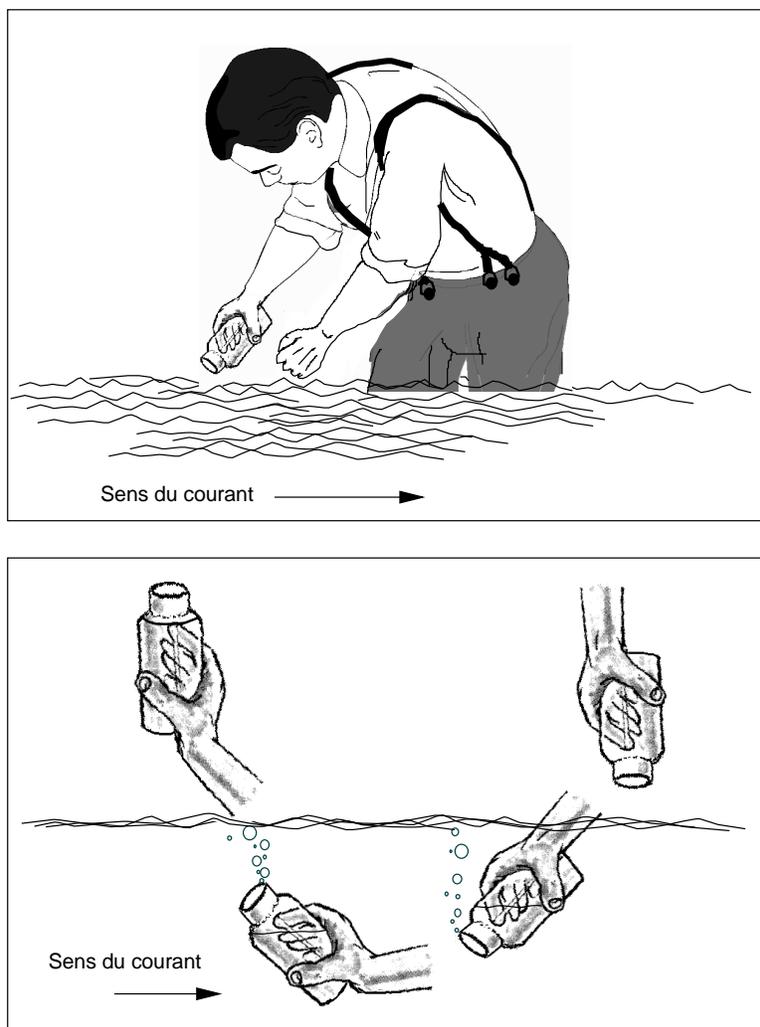


Figure 2 Échantillonnage d'un cours d'eau à gué

- Les bouteilles doivent être conservées dans un endroit propre, à l'abri de la poussière. La propreté du véhicule est également nécessaire, afin d'éviter les problèmes de contamination;
- Il faut éviter de prélever avec l'échantillon de grosses particules, comme les feuilles ou débris (au besoin, reprendre un autre échantillon);
- Il ne faut pas toucher le fond du cours d'eau avec l'échantillonneur ou les bouteilles, afin d'éviter de mettre en suspension des particules de sédiments qui risquent de contaminer l'échantillon;
- Il faut toujours immerger les bouteilles sous la surface de l'eau et éviter de prélever la couche superficielle;

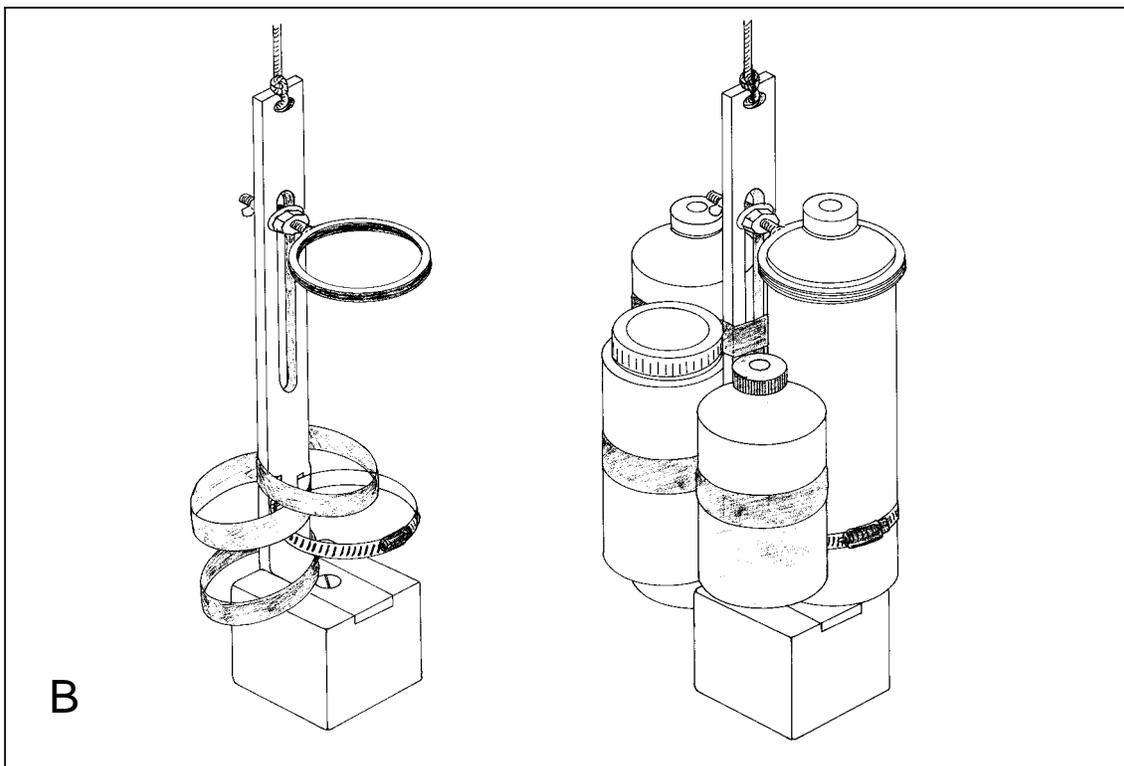
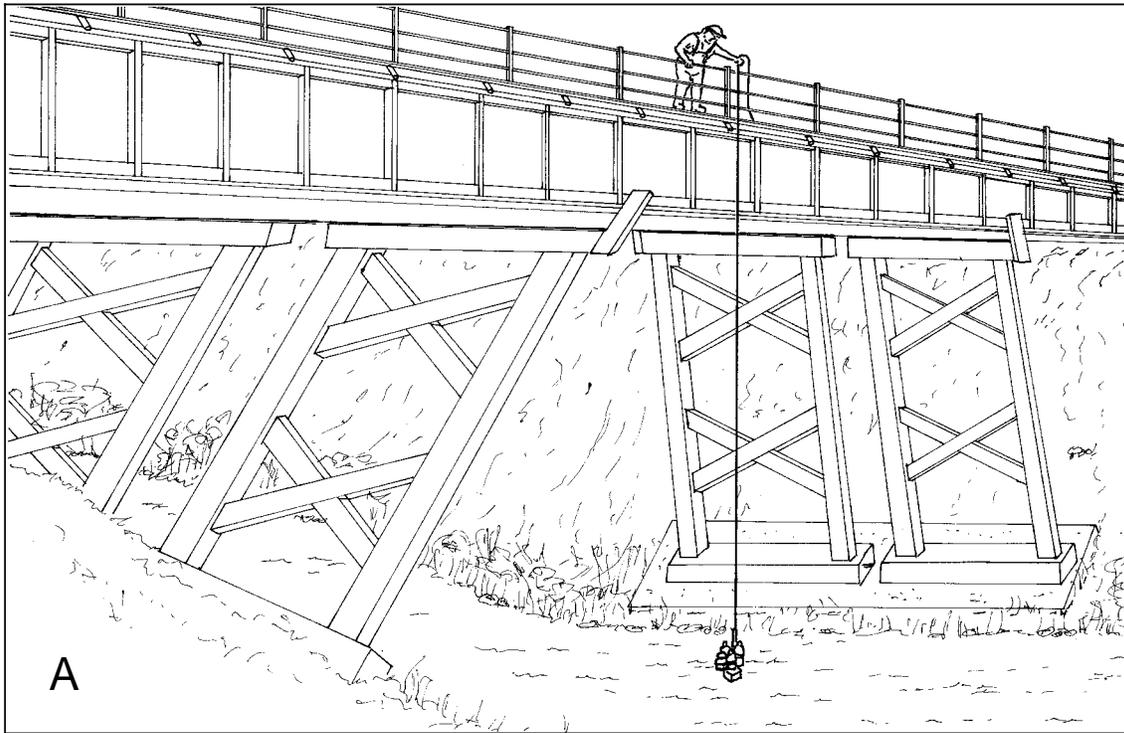


Figure 3 Échantillonnage d'un cours d'eau à partir d'un pont (A) et échantillonneur utilisé (B)

- Lorsqu'on échantillonne à partir d'un pont, selon la direction du vent et du courant, il faut se placer en amont ou en aval de celui-ci, de façon à réduire au minimum les risques de contamination des échantillons par la poussière et les débris. Il faut particulièrement s'assurer que la corde de l'échantillonneur ne frotte pas sur le rebord du pont;
- Les produits pétroliers (essence, huiles, fumées d'échappement) sont des sources potentielles de contamination. Lorsqu'on échantillonne à partir d'une embarcation, il est préférable d'arrêter le moteur. Il faut éviter toute trace d'huile ou d'essence présente à la surface de l'eau au moment d'immerger l'échantillonneur;
- Il ne faut jamais laisser les échantillons exposés au soleil, mais les mettre le plus rapidement possible dans des glacières.

Le CEAEQ recommande de ne pas rincer les bouteilles en provenance du laboratoire du Ministère avant d'échantillonner puisque, dans certains cas, elles contiennent des agents de conservation chimiques. Lorsque les bouteilles d'échantillonnage proviennent d'un autre laboratoire, qu'elles ne contiennent pas d'agent de conservation chimique et qu'aucune indication de ne pas rincer n'est émise, il est recommandé de les rincer trois fois avec l'eau de la rivière avant de prélever l'échantillon, afin d'éliminer toute trace éventuelle de contaminant.

4.4 Conservation des échantillons

Le processus de conservation permet de préserver l'intégrité des échantillons prélevés entre le moment de l'échantillonnage et celui de l'analyse en laboratoire. Cette étape est nécessaire puisque plusieurs paramètres peuvent subir des modifications physiques ou des réactions chimiques dans le récipient, ce qui altère la qualité originale de l'échantillon. Afin d'obtenir des analyses qui représentent le plus fidèlement possible les conditions du cours d'eau, une conservation physique ou chimique des échantillons doit être effectuée.

Il est recommandé de conserver les échantillons à l'obscurité et à une température de 4 °C dans une glacière contenant de la glace. Cette méthode est couramment utilisée lorsque les analyses sont effectuées dans les 24 heures suivant l'échantillonnage. Si l'analyse ne peut être réalisée dans un délai de 24 heures, informez-vous auprès du laboratoire; les échantillons d'eau devront dans certains cas être stabilisés à l'aide d'agents de conservation chimiques.

4.5 Mesures sur le terrain

La mesure *in situ* permet de prendre plusieurs données rapidement et évite l'introduction de biais lorsque les paramètres mesurés présentent des risques élevés de contamination ou de variation entre l'échantillonnage et l'analyse. Les trois paramètres les plus fréquemment mesurés sur le terrain sont la température, l'oxygène et le pH. Dans tous ces cas, il est fortement recommandé d'utiliser le guide accompagnant l'appareil afin d'obtenir des mesures valables.

4.5.1 Température

La température est un paramètre qu'on doit absolument mesurer sur le terrain, parce qu'elle tend à s'ajuster rapidement à la température ambiante. La température doit donc être obtenue par le biais d'une sonde ou d'un thermomètre à l'alcool, qu'on immerge dans le cours d'eau jusqu'à l'obtention d'une lecture stable. Il est préférable de garder le thermomètre, ou la sonde, immergé pendant la lecture afin d'éviter l'influence de la température ambiante.

4.5.2 Oxygène

La concentration de l'oxygène dissous dans l'eau est un paramètre qui peut facilement subir une modification au cours de la période de conservation. C'est pourquoi la mesure de ce descripteur s'effectue généralement directement dans le cours d'eau au moyen d'un oxymètre. Plusieurs modèles d'oxymètre sont actuellement sur le marché, avec ou sans agitateur. Les modèles avec agitateur, grâce à une petite hélice, permettent la création d'un léger courant d'eau à l'interface de la membrane semi-perméable de la sonde. Cette circulation d'eau permet d'obtenir un équilibre entre le soluté électrolytique de la sonde et l'eau, une étape nécessaire à l'obtention de données valables. Lorsqu'on utilise un modèle dépourvu d'agitateur, il faut absolument remuer légèrement la sonde dans l'eau pour créer une circulation du liquide sur la membrane. Il ne faut jamais utiliser une bouteille contenant un échantillon que l'on va expédier au laboratoire pour mesurer l'oxygène dissous; la mesure doit être prise directement dans la rivière ou dans une bouteille dont on jettera le contenu par la suite.

4.5.3 pH

Il est possible de mesurer le pH sur le terrain, directement dans le cours d'eau ou dans une bouteille dont on jettera ensuite le contenu. Après avoir introduit l'électrode dans l'eau, il est important d'attendre que la mesure se stabilise. L'appareil doit être calibré avant chaque lecture sur le terrain au moyen des solutions tampons appropriées, selon les directives du manuel accompagnant l'appareil.

5. L'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

5.1 Expédition des échantillons et délai entre le prélèvement et l'analyse

La validité des analyses de certains paramètres instables dépend du délai entre le prélèvement et l'analyse au laboratoire. Pour cette raison, les échantillons doivent être apportés au laboratoire ou expédiés par messagerie le plus rapidement possible. Le CEAEQ recommande d'effectuer les analyses dans les 24 heures suivant le prélèvement pour les paramètres sans agent de conservation chimique.

5.2 Méthodes d'analyse et limites de détection

L'annexe 1 présente les méthodes d'analyse des principaux paramètres de la qualité de l'eau utilisées par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Les méthodes

d'analyse et les seuils de détection peuvent varier selon les laboratoires. D'ailleurs, la limite de détection des méthodes d'analyse est une information trop souvent négligée dans l'élaboration des projets d'échantillonnage. Les méthodes d'analyse habituellement utilisées pour caractériser les effluents d'usines, les eaux de lixiviat de sites contaminés ou les rejets municipaux ne sont généralement d'aucune utilité pour un suivi du milieu naturel, en raison de leurs seuils de détection trop élevés.

Par exemple, une méthode possédant une limite de détection de 2,0 mg/l pour le phosphore total peut être utile pour un suivi des eaux usées non traitées (où les concentrations en phosphore risquent d'être très élevées), mais elle est beaucoup trop grossière pour l'analyse du phosphore dans les cours d'eau. Ceux-ci présentent en effet des concentrations généralement dix fois inférieures à ce seuil de détection.

Il est donc fortement recommandé de consulter un spécialiste du CEAEQ ou de la DSEE avant de s'entendre avec un laboratoire sur une méthode d'analyse. Cette seule précaution peut sauver une saison d'échantillonnage qui pourrait autrement être vouée à l'échec par l'utilisation de limites de détection inadéquates.

5.3 Laboratoires accrédités

Il est fortement recommandé de faire analyser les échantillons dans un laboratoire accrédité par le Ministère. Le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec procède à l'accréditation des laboratoires privés, municipaux et institutionnels aux fins de l'application réglementaire. Le programme d'accréditation est constitué d'un ensemble de normes et d'exigences régissant le processus de qualité pour les laboratoires. Il a été mis sur pied afin de s'assurer de la qualité des analyses réalisées. La liste des laboratoires accrédités peut être obtenue en visitant le site Internet du Ministère : www.menv.gouv.qc.ca.

6. L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

6.1 Critères de qualité

Que ce soit pour des fins d'approvisionnement en eau potable, d'activités récréatives ou encore pour assurer la protection de la vie aquatique, l'eau des rivières doit respecter des critères établis quant à la concentration de certains paramètres. Les critères de qualité de l'eau applicables au Québec sont répertoriés dans le document « Critères de qualité de l'eau de surface au Québec », du ministère de l'Environnement et de la Faune (1998). Ils sont également présentés sur le site Internet du ministère de l'Environnement (www.menv.gouv.qc.ca), dans la section EAU.

6.2 Aide d'un spécialiste

Le suivi de la qualité de l'eau exige une expertise pour l'identification des différentes problématiques liées à l'eau et aux activités potentiellement polluantes, une expertise pour l'élaboration de plans d'échantillonnage bien adaptés aux différentes problématiques et,

finaleme nt, une expérience dans l'interprétation de données de qualité d'eau. Au ministère de l'Environnement du Québec, cette expertise est regroupée au sein de la Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE). Il est recommandé d'en consulter les spécialistes.

Direction du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de l'Environnement
Édif ice Marie-Guyart
675, boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage
Québec, Qc G1R 5V7
Téléphone : (418) 521-3820
Télécopieur : (418) 646-8483

6.3 Archivage des données

Les données relatives à la qualité de l'eau des rivières du Québec, obtenues dans le cadre des études réalisées à la DSEE, sont archivées dans la Banque de la qualité du milieu aquatique (BQMA).

Il serait grandement souhaitable que les données provenant d'études menées par les directions régionales du Ministère ou par d'autres intervenants soient également archivées. Pour ce faire, il est essentiel qu'elles soient issues d'un programme d'échantillonnage approuvé par la DSEE et que les analyses aient été réalisées dans des laboratoires accrédités, selon les méthodes d'analyse approuvées et avec les seuils de détection adéquats. Il faut communiquer avec la DSEE afin de faire évaluer le programme d'échantillonnage et obtenir un numéro de station pour chacun des sites d'échantillonnage prévus au projet. L'archivage des données permet de s'assurer de la qualité de l'information recueillie et la rend plus facilement accessible au public et aux différents organismes.

BIBLIOGRAPHIE

DARTOIS, J. et B. DABOVAL, 1999. *25 ans d'assainissement des eaux usées industrielles au Québec : un bilan*, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des politiques du secteur industriel, 81 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1983. *Échantillonnage pour la qualité de l'eau*, Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, 67 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1990. *Le cycle hydrologique*, Fiche d'information sur l'eau n^o 5, Conservation et protection, Ottawa.

METCALF & EDDY, 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, Third Edition, Irwin McGraw-Hill, 1334 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC (MEF), 1994. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 1 : généralités*, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des laboratoires, 63 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC (MEF), 1994. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 2 : échantillonnage des rejets liquides*, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des laboratoires, 19 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC (MEF), 1995. *Qualité de l'eau en milieu agricole : la culture du maïs et les pesticides*, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, 8 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC (MEF), 1996. *Pour une eau de qualité en milieu rural, comprendre et agir collectivement*, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Saint-Laurent Vision 2000, 35 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC (MEF), 1998. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, 387 p.

ONTARIO MINISTRY OF ENVIRONMENT (OMOE), 1987. *Study of Hazardous Contaminants in Municipal raw Sewage. Report to the Ministry of the Environment, Upper Great Lake Connecting Channel Studies (UGLCCS)*, McLaren, Lavalin, Octobre 1987.

MURDOCH, T., M. CHEO et K. O'LAUGHLIN, 1996. *Streamkeeper's Field Guide, watershed inventory and stream monitoring methods*, The Adopt-A-Stream Foundation, 296 p.

SMITH, L.S., 1980. *Ecology and field biology*, Third edition, New York, Harper & Row Publishers, 835 p.

SHARPLEY, A.N., HEDLEY, M.J., SIBBESON, E., HILLBRICHT-ILKOWSKA, A., HOUSE, A. et L. RYSZKOWSKI, 1995. Phosphorus transfers from terrestrial to aquatic ecosystems, pp. 171-199 (section 11) dans Holm Tiessen (éd.), *Phosphorus in the global environment, Transfers, Cycles and Management*, Saskatoon, Canada, John Wiley & Sons.

UNESCO/WHO, 1978. *Water Quality Surveys. A Guide for the Collection and Interpretation of Water Quality Data*, Studies and Reports in Hydrology 23, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 350 p.

UNESCO/WHO/UNEP, 1996. *Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*, 2^e éd., United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 626 p.

U.S. EPA, 1983. *Results of the Nationwide Urban Runoff Program*, United States Environmental Protection Agency, Décembre 1983.

U.S. EPA, 1997. *Volunteer stream monitoring : A methods manual*, United States Environmental Protection Agency, Office of Water, 210 p.

WALLING, D.E., 1988. Erosion and sediment yield research - Some recent perspectives, *Journal of Hydrology*, 100: 113-141.

ANNEXE 1

SIGNIFICATION ENVIRONNEMENTALE ET MÉTHODE D'ANALYSE DES PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Nom du paramètre : **AZOTE AMMONIACAL**

Signification environnementale :	L'azote ammoniacal est toxique pour la vie aquatique. Le critère de toxicité n'est pas fixe mais variable selon le pH et la température. Dans les eaux naturelles, l'azote ammoniacal provient principalement du lessivage des terres agricoles ainsi que des eaux usées d'origine municipale et industrielle.
Plage de variation habituelle ¹ :	0,02 à 0,36 mg/l (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Filtration sur membrane GF/C 1,2 µm. Dosage colorimétrique automatisé avec le phénate de sodium.
Limite de détection :	0,02 mg/l N

¹ Valeurs observées dans les rivières du Québec (réseau-rivières, 1979-1995)

Nom du paramètre : **AZOTE TOTAL**

Signification environnementale :	L'azote total représente la somme de l'azote présent sous toutes ses formes. L'azote et ses composés sont très communs dans la biosphère. La plupart des végétaux et des animaux, ainsi que les matières organiques en décomposition, contiennent des composés azotés. L'azote peut se présenter sous un certain nombre de formes chimiques importantes telles que : l'azote organique, l'azote ammoniacal, les nitrates et les nitrites. Toutes ces formes se retrouvent en quantité plus ou moins importante dans les effluents industriels et municipaux ainsi que dans les eaux de ruissellement des terres agricoles. Même s'il n'existe pas de critère de toxicité pour l'azote total, une concentration plus élevée que 1,0 mg/l dans les eaux de surface est considérée comme étant indicatrice d'une problématique de surfertilisation dans le milieu.
Plage de variation habituelle :	0,19 à 2,4 mg/l (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Filtration sur membrane GF/C 1,2 µm. Digestion U.V. suivie d'un dosage colorimétrique automatisé avec le sulfate d'hydrazine.
Limite de détection :	0,03 mg/l N

Nom du paramètre : **CARBONE ORGANIQUE DISSOUS**

Signification environnementale :	La plus grande partie du carbone organique des eaux naturelles est composée de substances humiques et de matériaux végétaux et animaux partiellement dégradés ainsi que de substances organiques provenant de divers effluents municipaux et industriels, en particulier les usines de pâtes et papiers. Cette mesure permet donc de suivre l'évolution d'une pollution organique dans les milieux aquatiques.
Plage de variation habituelle :	2,3 à 11,2 mg/l (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Prétraitement à l'acide sulfurique pour éliminer le carbone inorganique puis filtration sur membrane GF/C 1,2µm. Dosage conductivimétrique automatisé.
Limite de détection :	0,08 mg/l C

Nom du paramètre : **CHLOROPHYLLE *a***

Signification environnementale :	La mesure de la chlorophylle <i>a</i> est utilisée comme indicateur de la biomasse phytoplanctonique dans les eaux naturelles. La chlorophylle <i>a</i> représente le plus important pigment chez les organismes photosynthétiques aérobies (en excluant les cyanobactéries) et toutes les algues en contiennent. Le contenu cellulaire en chlorophylle <i>a</i> est de 1 % à 2 % en poids sec.
Plage de variation habituelle :	0,25 à 6,43 mg/m ³ (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Filtration sur membrane millipore 0,8 µm puis extraction des pigments à l'acétone 90 %. Dosage des pigments par fluorométrie (mesure de la fluorescence émise à 664 nm à la suite d'une excitation de l'échantillon à 430 nm) avant et après acidification pour tenir compte de l'interférence due à la phéophitine. La chlorophylle <i>a</i> totale est obtenue en additionnant la chlorophylle <i>a</i> et la phéophitine .
Limite de détection :	0,01 mg/m ³ pour un volume filtré de 250 ml

Nom du paramètre : **COLIFORMES FÉCAUX**

Signification environnementale :	En raison des difficultés que pose la détection des bactéries et virus pathogènes, on détermine qu'une eau est exempte de micro-organismes pathogènes par des méthodes indirectes. On utilise des bactéries intestinales non pathogènes, soit les coliformes fécaux, comme indicateurs de pollution fécale, donc de la présence potentielle de bactéries et virus pathogènes. Les coliformes fécaux proviennent des matières fécales produites par les humains et les animaux à sang chaud et ils peuvent être facilement identifiés et comptés .
Plage de variation habituelle :	0 à plus de 6 000 UFC/100 ml
Méthode d'analyse :	Filtration sur membrane stérile de 0,45 µm. Incubation sur milieu de culture m-Fc à 44,5 °C pour 24 heures.
Limite de détection :	1 UFC/100 ml

Nom du paramètre : **CONDUCTIVITÉ**

Signification environnementale	C'est la capacité d'une eau à conduire l'électricité. La conductivité des eaux dépend de leur concentration ionique et de leur température. Elle donne une bonne indication des changements de la composition des eaux, et spécialement de leur concentration en minéraux. La conductivité augmente avec la teneur en solides dissous. Cette mesure permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire la quantité de substances dissoutes ionisées présentes.
Plage de variation habituelle :	20,0 à 339,0 µS/cm (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Mesure à l'aide d'un conductivimètre et d'une électrode, la température de l'échantillon étant maintenue à 25 °C.
Limite de détection :	0,2 µS/cm

Nom du paramètre : **DBO₅**

Signification environnementale :	La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène utilisée, pendant une période de 5 jours, par les micro-organismes pour décomposer la matière organique (végétale, animale, etc.) et oxyder la matière inorganique (sulfures, sels ferreux, etc.) présente dans l'eau. La demande biochimique en oxygène n'est pas elle-même un polluant, c'est une mesure de la pollution par la matière organique.
Plage de variation habituelle :	2,0 à 4,5 mg/l de O ₂ (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Dosage électrométrique de la quantité d'oxygène consommée par la matière oxydée par des bactéries pendant une période de 5 jours d'incubation à 20 °C.
Limite de détection :	2,0 mg/l de O ₂

Nom du paramètre : **MATIÈRES EN SUSPENSION**

Signification environnementale :	Les matières en suspension sont constituées par les solides en suspension dans l'eau. Ils proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du ruissellement des terres agricoles et des retombées de matières atmosphériques en suspension.
Plage de variation habituelle :	< 2 à 53 mg/l (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Pesée du filtre vierge. Filtration sur membrane GF/C 1,2 µm. Séchage du filtre à 105 °C puis nouvelle pesée. Le poids des matières en suspension est obtenu par différence des poids.
Limite de détection :	2 mg/l

Nom du paramètre : **NITRITES-NITRATES**

Signification environnementale :	L'ion nitrate (NO ₃ ⁻) est la principale forme d'azote inorganique trouvée dans les eaux naturelles. Il constitue le stade final de l'oxydation de l'azote. L'ion nitrite (NO ₂ ⁻) s'oxyde facilement en ion nitrate et, pour cette raison, se retrouve rarement en concentration importante dans les eaux naturelles. Les principales sources de nitrates sont les effluents industriels et municipaux et le lessivage des terres agricoles. Des concentrations trop élevées de nitrites-nitrates peuvent être toxiques pour la faune aquatique et provoquer une maladie infantile (méthémoglobinémie).
Plage de variation habituelle :	< 0,02 à 1,09 mg/l N (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Filtration sur membrane GF/C 1,2µm. Réduction des nitrates en nitrites à l'aide du sulfate d'hydrazine. Dosage colorimétrique automatisé.
Limite de détection :	0,02 mg/l N

Nom du paramètre : **pH**

Signification environnementale :	Le pH indique l'équilibre entre les acides et les bases d'un plan d'eau et est une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Le pH se mesure sur une échelle de 0 à 14. Un pH de 7 indique une eau neutre; les valeurs inférieures à 7 indiquent des conditions acides, et les valeurs supérieures à 7 sont caractéristiques de conditions alcalines. Le pH influence la toxicité de plusieurs éléments en régissant un grand nombre de réactions chimiques. Dans les eaux naturelles peu soumises aux activités humaines, le pH dépend de l'origine de ces eaux et de la nature géologique du sous-sol.
Plage de variation habituelle :	6,3 à 8,3 unités de pH (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Le pH est mesuré par électrométrie à l'aide d'une électrode de verre.
Limite de détection :	Ne s'applique pas

Nom du paramètre : **PHOSPHORE DISSOUS**

Signification environnementale :	Le phosphore peut se présenter sous de nombreuses formes organiques ou inorganiques et être présent dans l'eau sous forme dissoute ou en suspension. Le phosphore dissous est directement assimilable par les algues et les plantes aquatiques. Parce qu'il constitue une substance nutritive essentielle pour les végétaux, c'est généralement en limitant les quantités de phosphore atteignant les cours d'eau qu'on peut contrôler la croissance des algues et des plantes aquatiques.
Plage de variation habituelle :	< 0,010 à 0,160 mg/l P (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Filtration sur membrane GF/C 1,2 µm Digestion U.V. Méthode colorimétrique automatisée avec le molybdate d'ammonium
Limite de détection :	0,010 mg/l P

Nom du paramètre : **PHOSPHORE EN SUSPENSION**

Signification environnementale :	Dans le milieu aquatique, le phosphore en suspension se retrouve dans les organismes vivants comme le phytoplancton, dans les phases minérales des particules de roches et de sols, et à l'état adsorbé sur des matières particulaires minérales ou organiques.
Plage de variation habituelle :	0,004 à 0,114 mg/l P (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Filtration sur membrane GF/C 1,2 µm Méthode colorimétrique automatisée avec le molybdate d'ammonium
Limite de détection :	0,001 mg/l P

Nom du paramètre : **PHOSPHORE TOTAL**

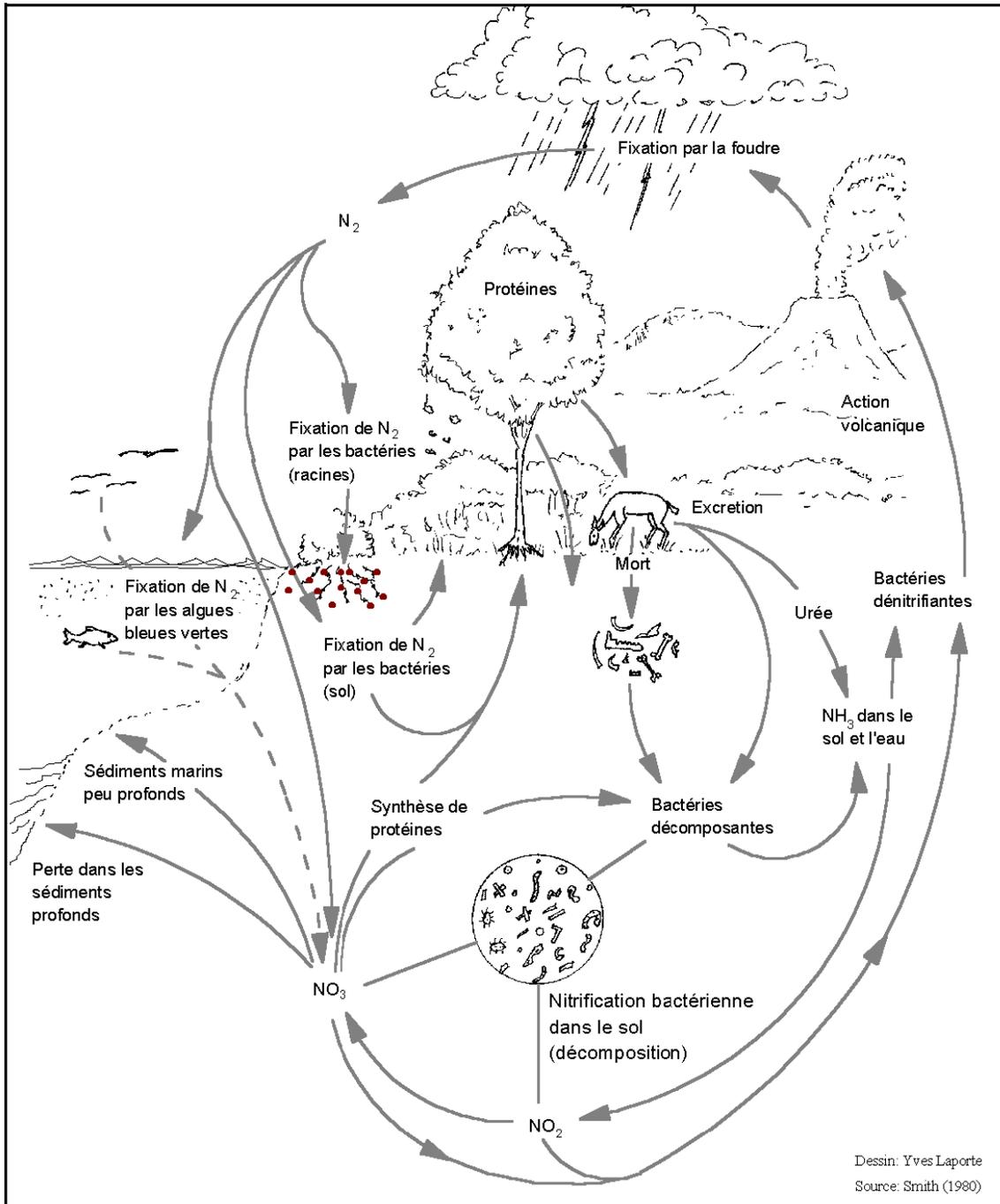
Signification environnementale :	Tant dans les eaux de surface que dans les eaux usées, le phosphore se retrouve principalement sous la forme de phosphates. Il est dissous ou associé à des particules. Le phosphore présent dans les eaux de surface provient principalement des effluents municipaux, du lessivage et du ruissellement des terres agricoles fertilisées et des effluents de certaines industries (ex. : agro-alimentaires et papetières). Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des plantes. Toutefois, au-dessus d'une certaine concentration et lorsque les conditions sont favorables (faible courant, transparence adéquate, etc.), il peut provoquer une croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques.
Plage de variation :	< 0,014 à 0,274 mg/l P (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Valeur calculée : addition du phosphore dissous et du phosphore en suspension
Valeur minimale possible :	0,011 mg/l P

Nom du paramètre : **TURBIDITÉ**

Signification environnementale :	La turbidité est la mesure du caractère trouble de l'eau. Elle est causée par les matières en suspension, telles que l'argile, le limon, les particules organiques, le plancton et les autres organismes microscopiques. Une turbidité trop élevée empêche la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et peut ainsi diminuer la croissance des algues et des plantes aquatiques.
Plage de variation :	0,6 à 26,0 UNT (5 ^e et 95 ^e centiles)
Méthode d'analyse :	Mesure par néphélométrie de la lumière dispersée par les particules en suspension de l'échantillon par rapport à l'intensité de la lumière dispersée dans les mêmes conditions par des suspensions standard de formazine.
Limite de détection :	0,03 UNT

ANNEXE 2

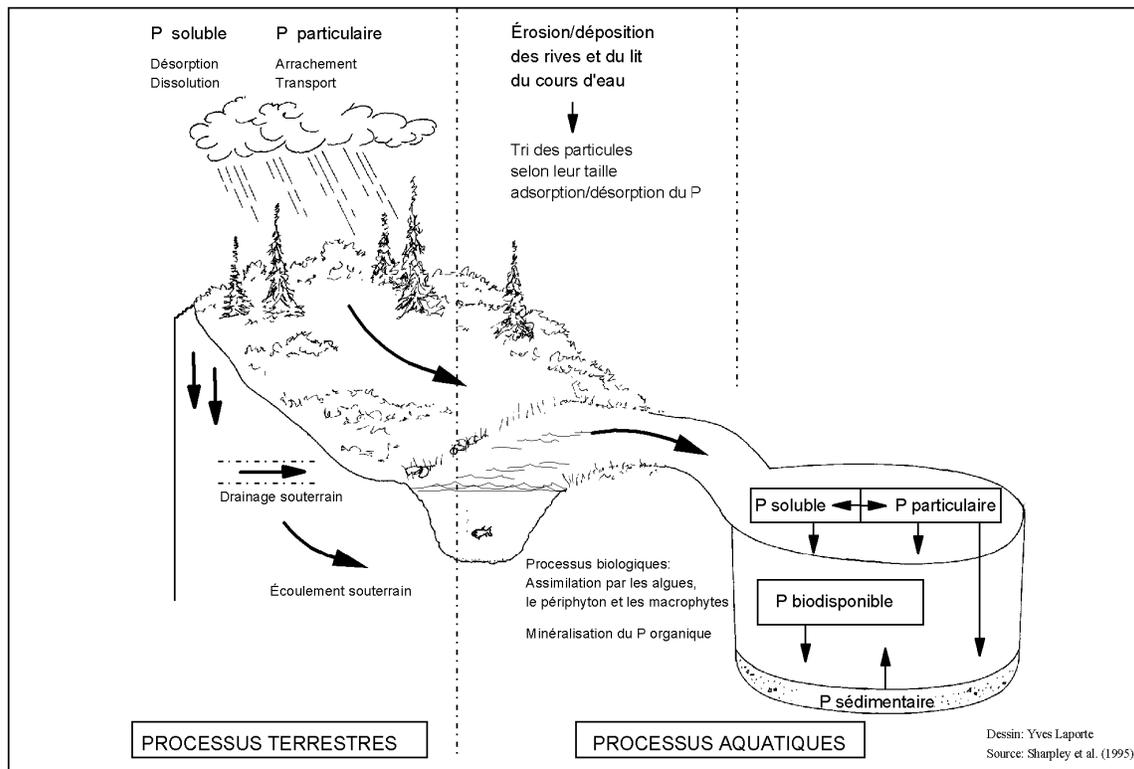
CYCLE DE L'AZOTE



Cycle de l'azote

ANNEXE 3

PROCESSUS DE TRANSFERT DU PHOSPHORE ENTRE LES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES ET AQUATIQUES



Processus de transfert du phosphore entre les écosystèmes terrestres et aquatiques

