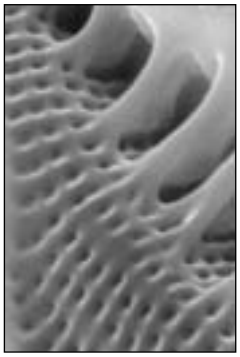
Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC)

Suivi biologique des cours d'eau de la zone du Chêne à l'aide de l'indice IDEC (2009-2010)



Rapport déposé à l'Organisme de bassins versants de la zone du Chêne (OBV du Chêne)

Stéphane Campeau Ph.D.
Isabelle Lavoie Ph.D.
Richard Dubuc M.Sc.
Thomas Rousseau Beaumier B.Sc.

Mars 2011

Université du Québec à Trois-Rivières

Équipe de réalisation

- Analyse et rédaction :
  Stéphane Campeau (UQTR)

- Laboratoire :
  Isabelle Lavoie (INRS)
  Richard Dubuc (UQTR)

- Cartographie :
  Thomas Rousseau Beaumier (UQTR)

- Échantillonnage :
  Sandrine Desaulniers (OBV du Chêne)

Citation :

Campeau, S., Lavoie, I., Dubuc, R. et Rousseau Beaumier, T. (2011). **Suivi biologique des cours d'eau de la zone du Chêne à l'aide de l'indice IDEC (2009-2010)**. *Rapport déposé à l'Organisme de bassins versants de la zone du Chêne (OBV du Chêne).* Université du Québec à Trois-Rivières, mars 2011, 33 p.

Contact :

Stéphane Campeau Ph.D.
Section de géographie
Centre de Recherche sur les Interactions bassins Versants - Ecosystèmes aquatiques (RIVE)
Université du Québec à Trois-Rivières
3351, boul. des Forges
C.P. 500, Trois-Rivières
Québec, Canada, G9A 5H7
Tel: (819) 376-5011, poste 3685
stephane.campeau@uqtr.ca

Table des matières

- Résumé……2
- Introduction……..4
- Méthodologie……...4
- Résultats……..9
- Les sources de pollution……..…24
- La variabilité saisonnière et interannuelle de l'IDEC……25
- L'objectif de restauration proposé……...25
- La restauration des bassins versants……..27
- Références……29
- Annexe I……..32
- Annexe II……33

Résumé

L'Indice Diatomées de l'Est du Canada (**IDEC**) permet d'évaluer la qualité de l'eau et le statut trophique des cours d'eau à partir de la structure des communautés d'algues (diatomées) vivant dans les rivières. L'indice mesure la différence entre les communautés d'algues des cours d'eau à l'état naturel, sans aucune pollution, et les communautés des cours d'eau pollués. Les valeurs de l'indice varient entre **0** et **100**, une valeur élevée reflétant un niveau d'intégrité biologique élevé et une bonne qualité de l'eau

En 2009, l'Organisme de bassins versants de la zone du Chêne a mandaté le Laboratoire de recherche sur les bassins versants de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour effectuer le **suivi biologique de 32 stations** dans les cours d'eau de la zone du Chêne à l'aide de l'Indice IDEC. Le suivi fut réalisé à nouveau en **2010**, en ajoutant toutefois sept nouvelles stations, pour un total de **39 stations**.

Les résultats des analyses effectuées en 2009 et 2010 démontrent que la majorité des cours d'eau échantillonnées (20 stations sur 39) ont une mauvaise qualité de l'eau (cote D). Il s'agit de **cours d'eau eutrophes** qui ont connu, au cours des semaines précédant l'échantillonnage des diatomées, des épisodes où les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient élevées.

Les 10 stations les plus dégradées sont dans le bassin de la rivière **Bois Clair**, en aval des rivières **Aulneuse**, **aux Ormes** et **Huron**, ainsi qu'en aval des municipalités de **Saint-Apollinaire**, de **Notre-Dame-du-Sacré-Cœur-d'Issoudun** et de **Laurier-Station**. Les communautés de diatomées de ces **cours eutrophes** sont parmi les plus dégradées des rivières de l'Est du Canada. Elles sont très affectées par les activités humaines et sont composées d'espèces tolérantes à la pollution. Ces communautés indiquent que les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient constamment élevées au cours des semaines précédant l'échantillonnage.

Seulement sept stations d'échantillonnage affichent des valeurs entre 40 et 60. Ces stations ont la cote C qui est associée à une qualité de l'eau moyenne. Elles sont situées en amont des rivières **Bourret**, **Henri**, **aux Frênes**, **Gaspard** et du **Bras d'Edmond**, ainsi qu'en aval de la rivière **aux Chevreuils** et d'un petit affluent de la rivière Huron.

Il n'y a que deux stations qui affichent une valeur supérieure à 60 sur 100, reflétant une bonne qualité de l'eau (cote B). Il s'agit de la station située en amont de la municipalité de Dosquet, sur la rivière **Henri**, et d'une station située dans un petit affluent forestier de la rivière du Chêne.

Aucun des cours d'eau échantillonnés ne fait partie de la classe A, associée à un état de référence sans aucune source de pollution.

La qualité de l'eau de la portion amont de la **rivière du Chêne** est de mauvaise qualité (cote D), à l'exception de la rivière aux Chevreuils et de la portion amont du Bras d'Edmond, où la qualité de l'eau est moyenne (cote C). Entre Val-Alain et la confluence de la rivière du Bois Clair, la rivière du Chêne traverse un secteur boisé sur près de 40 km, où elle reçoit les eaux des rivières Henri, aux Frênes, aux Cèdres et Huron. Malgré ce long corridor boisé, la qualité de l'eau demeure sensiblement identique à celle observée à Val-Alain. La mauvaise qualité de l'eau des tributaires freine sans doute la récupération de la rivière du Chêne. De plus, le secteur boisé est en fait largement soumis à des coupes forestières. En aval de la confluence avec la rivière du Bois Clair, la qualité de l'eau de la rivière du Chêne se dégrade rapidement, l'IDEC diminuant de 16 points. Les eaux de la rivière du Bois Clair et les terres agricoles

en aval de la rivière du Chêne contribuent à cette dégradation.

D'amont en aval de la **rivière Henri**, la valeur de l'IDEC diminue de 27 points, passant de la cote B à la cote D. Dans le cas de la **rivière Huron,** la qualité de l'eau en amont de Laurier-Station est déjà très dégradée (cote D). Cette dégradation se poursuit en aval où la valeur de l'IDEC diminue d'une classe (cote E).

La qualité de l'eau des **petits tributaires** agricoles du Saint-Laurent est de mauvaise qualité, la rivière Aulneuse ayant la qualité de l'eau la plus médiocre.

Les activités agricoles sont la principale source de dégradation de la qualité de l'eau. Ce n'est cependant pas la seule. On constate, de façon systématique, **une diminution de l'IDEC de l'amont vers l'aval de toutes les municipalités** de la zone du Chêne, mis à part à Saint-Édouard, où la valeur de l'IDEC était déjà près de zéro avant d'atteindre la municipalité. Enfin, les **coupes forestières** peuvent également réduire les valeurs de l'IDEC. Cette perturbation est cependant moindre que les deux précédentes, puisqu'elle engendre moins de ruissellement que les surfaces agricoles et les surfaces imperméables et parce que les forêts se régénèrent après quelques années.

L'objectif de restauration proposé est **d'augmenter d'une classe la cote de l'IDEC** de chaque cours d'eau d'ici 10 ans. Le fait qu'aucune station de référence n'ait atteint la cote A semble indiquer qu'il est peu probable que l'on puisse obtenir cette cote dans le bassin versant de la rivière du Chêne. Toutefois, les stations 22 et 36, qui ont une cote B associée à une bonne qualité de l'eau, démontre qu'il est possible d'atteindre cette cote en milieu forestier. En milieu agricole, les sept stations affichant la cote C représentent des références plus appropriées et démontrent qu'il est possible d'atteindre à tout le moins une qualité de l'eau moyenne dans les secteurs influencés par les activités agricoles. **À long terme, l'objectif proposé est donc d'atteindre au moins la cote C pour l'ensemble des cours d'eau du bassin.**

Il faut cependant être conscient que la restauration d'une rivière est un **processus à long terme** qui exige des efforts soutenus. On peut considérer en général que le passage d'une classe inférieure à une classe supérieure de l'IDEC est en soit un objectif ambitieux. Le passage à une classe supérieure ne se produira que si la qualité de l'eau s'est améliorée de façon substantielle. Au Québec, en milieu urbain ou de villégiature, le changement de classe nécessitera en général que des améliorations soient apportées aux systèmes de traitement des eaux usées (domestiques, municipales et industrielles), à la gestion des eaux pluviales et à la gestion des engrais domestiques. En milieu agricole, une meilleure gestion des intrants agricoles et un meilleur contrôle du ruissellement et de l'érosion des sols seront incontournables.

Introduction

Les **diatomées** sont les algues d'une teinte généralement brunâtre qui tapissent le fond des cours d'eau. De part leur sensibilité aux nutriments (surtout le phosphore et l'azote) et à la matière organique, les diatomées sont un indicateur de la qualité de l'eau et du niveau d'**eutrophisation**[1] des cours d'eau.

L'Indice Diatomées de l'Est du Canada (**IDEC**) permet d'évaluer la qualité de l'eau et le statut trophique des cours d'eau à partir de la structure des communautés de diatomées. L'indice mesure la différence entre les communautés de diatomées des cours d'eau à l'état naturel, sans aucune pollution, et les communautés des cours d'eau pollués. Les valeurs de l'indice varient entre **0** et **100**, une valeur élevée reflétant un niveau d'intégrité biologique élevé et une bonne qualité de l'eau.

En **2009**, l'Organisme de bassins versants de la zone du Chêne *(OBV du Chêne)* a mandaté le Laboratoire de recherche sur les bassins versants de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour effectuer le **suivi biologique de 32 stations** dans les cours d'eau de la zone du Chêne à l'aide de l'Indice IDEC. Le suivi fut réalisé à nouveau en **2010**, en ajoutant toutefois sept nouvelles stations, pour un total de **39 stations**.

[1] L'**eutrophisation** est le résultat de l'enrichissement excessif de l'eau par les éléments nutritifs (phosphore et azote), ce qui peut provoquer une croissance accélérée des algues et des plantes aquatiques. Cette production accrue s'accompagne d'une plus grande accumulation de sédiments et de matière organique, d'une réduction de l'oxygène dissous dans l'eau et le remplacement d'organismes par des espèces mieux adaptées aux nouvelles conditions. Dans certains cas, l'épuisement de la quantité d'oxygène peut entraîner la mort des poissons et d'autres espèces. Les activités humaines ayant pour résultat l'enrichissement en nutriments incluent les apports par **sources ponctuelles** (par exemple les stations d'épuration de l'eau et les industries) et par **sources diffuses** (par exemple l'agriculture et les ménages non reliés au système d'égouts).

Méthodologie

La localisation des stations d'échantillonnage (Figure 1 et Tableau 1) fut déterminée par l'OBV du Chêne en collaboration avec l'UQTR. Afin de mesurer la **variabilité saisonnière**, **32 stations** furent échantillonnées à deux reprises entre **août et octobre 2009**. Afin de mesurer la **variabilité interannuelle** et de compléter le plan d'échantillonnage, le suivi fut réalisé à nouveau en **août 2010**, en ajoutant toutefois sept nouvelles stations, pour un total de **39 stations**.

Les échantillons furent prélevés de préférence sur un **substrat rocheux**. Un **échantillon composite** de 5 roches fut prélevé en grattant, à l'aide d'une brosse à dent, le tapis d'algue accumulé sur la surface des roches. La profondeur d'échantillonnage variait entre 20 et 60 cm, selon la turbidité (transparence) de l'eau et le niveau de l'eau. Les 5 roches furent prélevées sur une distance d'environ 50 m. De nombreuses études ont démontré qu'il n'est pas utile de prélever un grand nombre de substrats sur des zones plus vastes (quelques centaines de mètres). Les indices donnent en effet des résultats similaires puisque les communautés répondent d'abord à la physico-chimie de l'eau (Prygiel *et al*., 2002).

Le matériel prélevé fut déposé dans un contenant avec un peu d'eau de la rivière. Les échantillons furent préservés avec du Lugol et gardés au frais (4ºC) et dans l'obscurité jusqu'au moment du traitement en laboratoire. Les échantillons furent traités au Laboratoire de recherche sur les bassins versants de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Ils furent d'abord digérés au peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à 30 %. La suspension contenant les diatomées fut ensuite montée sur lamelle pour l'analyse au microscope. **L'identification et le comptage** des valves de diatomées furent réalisés à un grossissement de 1000x (ou plus) avec un microscope muni d'un

système de contraste interférentiel différentiel (DIC). Environ 400 valves furent identifiées pour chaque échantillon par balayage systématique de la lamelle. L'identification fut réalisée à l'aide du *Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada* de Lavoie *et al.* (2008).

Échantillonnage du tapis d'algues accumulé sur la surface des roches.

La température, le pH et la turbidité furent mesurés sur le terrain par l'OBV du Chêne entre août et septembre 2009. Ces mesures furent répétées entre juillet et août 2010, en y ajoutant cette fois la conductivité. Dans le cas des nouvelles stations de référence échantillonnées en 2010, l'azote ammoniacal, les nitrites-nitrates, le carbone organique dissous et le phosphore total trace furent également mesurés à deux reprises en juillet 2010. Les moyennes des mesures physico-chimiques sont présentées à l'Annexe I.

Les diatomées benthiques (vivant sur le fond des cours d'eau) **sont peu influencées par la taille d'un cours d'eau** et par l'habitat. En uniformisant le type de substrats échantillonnés (substrats rocheux), on peut ainsi retrouver sensiblement la même communauté sur les cailloux d'un petit ruisseau que sur les roches d'une grande rivière ayant la même qualité de l'eau.

Les diatomées sont par contre très sensibles aux variations de pH. Pour une même qualité de l'eau, les communautés de diatomées des rivières ayant un pH neutre ou légèrement acide seront différentes des communautés des rivières alcalines. À titre d'exemple, les communautés des rivières non polluées s'écoulant sur les roches précambriennes et les tills légèrement acides du Bouclier canadien ne seront pas les mêmes que les communautés des rivières non polluées s'écoulant sur les roches sédimentaires et les argiles marines de la plaine du Saint-Laurent. Deux sous-indices furent donc développés afin de tenir compte du pH des rivières, soit l'**IDEC-neutre** et l'**IDEC-alcalin**.

Lors de l'application de l'indice dans un programme de suivi, il faut donc choisir entre les deux sous-indices en fonction du **pH naturel** d'un cours d'eau, c'est-à-dire non pas son pH actuel, mais son pH en condition non polluée (le pH qu'un cours d'eau aurait en l'absence de toute altération). La distinction entre les indices est fondamentale, puisqu'elle assure que toute rivière a le potentiel d'atteindre des valeurs élevées, advenant la restauration de son écosystème.

Selon les recommandations de Lavoie *et al*. (2006) et de Grenier *et al*. (2006, 2009a, b), l'**IDEC alcalin** fut utilisé pour l'ensemble des cours d'eau de la zone du Chêne étant donné que la géologie y est dominée par des roches sédimentaires (schistes, shales, grès, calcaires et dolomies) (Figure 2). Le pH mesuré sur le terrain aux stations les moins polluées indique également que l'IDEC alcalin est l'indice le plus approprié.

Les **comptages de diatomées** furent saisis dans un fichier *MS Excel* permettant le calcul de l'IDEC. L'écologie des communautés de diatomées fut documentée à partir du programme **OMNIDIA**, version 5.3 (Lecointe *et al*., 1993).

Tableau 1. Description des 39 stations d'échantillonnage et de leur bassin versant. L'occupation du territoire* en amont est exprimée en pourcentage.

Station	Cours d'eau	Position	Latitude (NAD83)	Longitude (NAD83)	Aire (km^2)	Cultures annuelles	Cultures pérennes	Urbain et sol nu	Forêts	Milieux humides
0	Aulneuse	Amont	46,60037	71,44237	3.7	0.2	13.1	5.1	68.2	13.4
1	Huron	Amont - Laurier-Station	46,53810	71,62319	10.7	29.8	37.7	1.5	20.0	11.1
2	Henri	Aval - Dosquet et étangs aérés	46,46101	71,56489	90.7	1.2	5.0	1.7	40.4	51.7
3	Aulneuse	Aval	46,70606	71,38121	83.2	4.7	20.1	5.9	57.5	11.8
4	Bourret	Aval	46,64791	71,61794	89.6	10.1	39.8	4.9	33.2	12.0
5	Bois-Franc-Pierriche	Aval	46,55840	71,64500	19.1	28.5	33.3	5.3	29.9	3.0
6	Huron	Aval - Laurier-Station	46,55507	71,65102	21.9	28.2	30.4	11.0	22.0	8.4
7	Bois-Clair	Aval - Saint-Edouard	46,56646	71,84623	42.1	38.2	39.1	3.0	14.6	5.0
8	Bois-Clair	Amont - Saint-Edouard	46,57322	71,83216	21.5	42.7	47.9	1.6	5.0	2.8
9	Bras-des-Boucher	Amont confluence Bois-Clair	46,57087	71,82979	18.9	32.0	30.6	3.0	26.5	7.9
10	du Chêne	Aval - Seigneurie	46,54013	71,85413	692.1	8.7	15.7	2.4	44.8	28.3
11	du Chêne	Aval - Val-Alain	46,43195	71,78207	266.1	7.5	17.2	2.4	41.5	31.3
12	Henri	Aval	46,45801	71,74417	153.7	6.8	13.6	1.9	41.7	36.0
13	aux Cèdres	Aval - Joly et étangs aérés	46,48784	71,69698	18.6	18.7	27.5	2.9	40.0	10.8
14	du Chêne	Aval - Pont du Moulin	46,55474	71,96884	793.4	11.8	17.6	2.4	42.4	25.7
15	Petit-Sault	Aval	46,62224	71,71606	31.2	42.4	35.0	1.7	12.4	8.5
16	Gaspard	Référence - shale - grès	46,61356	71,66972	6.2	0.0	3.8	1.3	47.6	47.2
17	des Revend	Référence - shale - grès	46,55407	71,82857	4.3	12.7	6.3	1.1	46.2	33.6
18	Bois-Franc	Aval - Issoudun	46,58313	71,62939	1.6	25.0	64.5	4.9	0.7	4.9
19	affluent Bourret	Aval - Étangs aérés St-Apollinaire	46,63007	71,53068	4.3	9.5	46.0	14.6	19.8	10.2
20	Bourret	Référence - shale rouge	46,59548	71,51715	11.5	3.0	24.8	2.9	49.2	20.1
21	Bourret	Aval - Saint-Apollinaire	46,61840	71,53412	29.2	3.2	21.6	7.6	47.3	20.3
22	Henri	Référence - shale rouge	46,46440	71,50837	57.6	0.9	1.5	1.1	40.9	55.6
23	Saint-Georges	Aval étangs aérés Ste-Agathe	46,39838	71,44074	8.6	21.4	63.7	6.0	8.5	0.5
24	du Chêne	Amont du Chêne	46,39721	71,35759	4.8	2.9	29.5	0.6	65.8	1.3
25	aux Chevreuils	Aval	46,40940	71,65723	53.4	10.0	25.1	2.2	47.6	15.2
26	aux Cèdres	Amont - Joly	46,48146	71,66006	15.0	21.8	29.1	0.8	38.3	10.0
27	aux Frênes	Référence - Calcaire	46,46625	71,69456	2.5	3.6	11.9	1.4	68.1	15.0
29	du Chêne	Amont - Val-Alain	46,41249	71,74424	197.0	9.5	20.0	2.0	42.3	26.2
30	Saint-Jean-Baptiste	Aval	46,62371	71,90762	18.8	44.0	26.4	0.8	19.4	9.4
31	du Chêne	Aval Val-Alain	46,41378	71,76603	200.0	9.4	20.1	2.2	42.4	25.9
32	Huron	Aval étangs aérés Laurier-Station	46,56347	71,66329	44.7	27.0	32.3	7.8	26.4	6.5
33	affluent Huron	Référence - coupes forestières	46,524313	71,737785	8.4	0.0	0.0	0.1	20.0	79.9
34	affluent Bourret	Affluent rivière Bourret	46,597759	71,510686	9.4	0.7	10.7	7.1	49.5	32.0
35	Bras d'Édmond	Amont - Référence	46,370908	71,767599	12.8	0.0	0.5	1.7	35.9	61.8
36	affluent du Chêne	Référence – coupes forestières	46,481767	71,834881	5.0	0.0	0.0	0.6	87.4	12.0
37	Henri	Aval	46,486086	71,781391	208.0	7.4	14.7	2.1	44.0	31.8
38	Huron	Aval	46,501672	71,772880	139.6	17.1	22.0	3.9	38.5	18.5
39	aux Ormes	Aval	46,516481	71,742607	42.5	19.4	23.4	3.2	41.3	12.7

*Occupation du territoire : Direction du patrimoine écologique et des parcs, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (Québec).

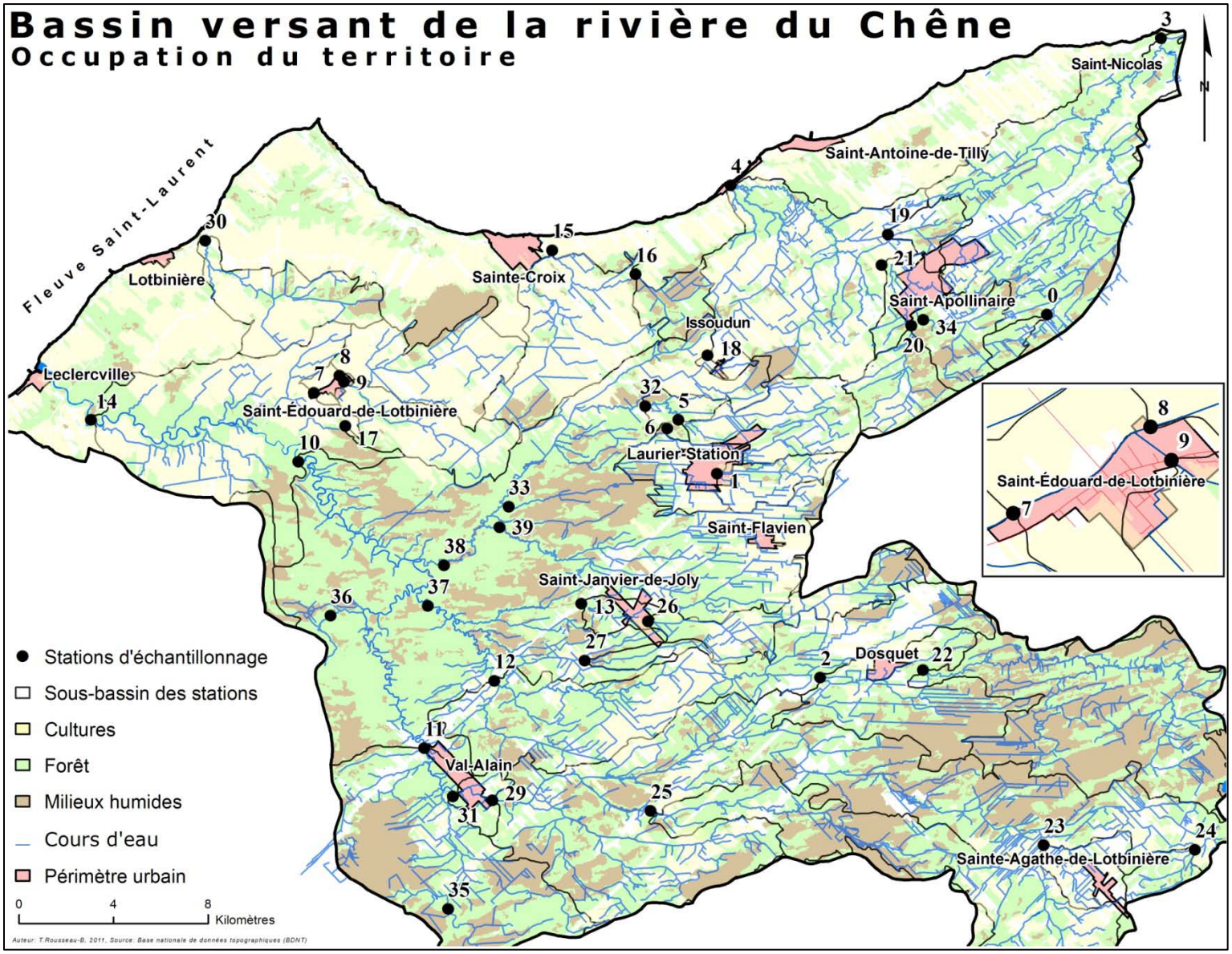


Figure 1. Localisation des 39 stations échantillonnées en 2009 et 2010 dans la zone du Chêne.

Figure 2. Géologie de la zone du Chêne.

Résultats

La valeur et la cote de l'indice IDEC pour chacune des 39 stations sont présentées au Tableau 2 et à la Figure 3. Le Tableau 2 présente les résultats des trois échantillonnages réalisés entre 2009 et 2010 ainsi que la valeur moyenne et l'écart type. La majorité des cours d'eau échantillonnées (20 stations sur 39) ont une mauvaise qualité de l'eau (cote D). Il s'agit de **cours d'eau eutrophes** qui ont connu, au cours des semaines précédant l'échantillonnage des diatomées, des épisodes où les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient élevées.

Les 10 stations les plus dégradées sont dans le bassin de la rivière **Bois Clair**, en aval des rivières **Aulneuse**, **aux Ormes** et **Huron**, ainsi qu'en aval des municipalités de **Saint-Apollinaire**, de **Notre-Dame-du-Sacré-Cœur-d'Issoudun** et de **Laurier-Station**. Les communautés de diatomées de ces **cours eutrophes** sont parmi les plus dégradées des rivières de l'Est du Canada. Elles sont très affectées par les activités humaines et sont composées d'espèces tolérantes à la pollution. Ces communautés indiquent que les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient constamment élevées au cours des semaines précédant l'échantillonnage.

Seulement sept stations d'échantillonnage affichent des valeurs entre 40 et 60. Ces stations ont la cote C qui est associée à une qualité de l'eau moyenne. Elles sont situées en amont des rivières **Bourret**, **Henri**, **aux Frênes**, **Gaspard** et du **Bras d'Edmond**, ainsi qu'en aval de la rivière **aux Chevreuils** et d'un petit affluent de la rivière Huron. Il n'y a que deux stations qui affichent une valeur supérieure à 60 sur 100, reflétant une bonne qualité de l'eau (cote B). Il s'agit de la station située en amont de la municipalité de Dosquet, sur la rivière **Henri**, et d'une station située dans un petit affluent forestier de la rivière du Chêne.

Aucun des cours d'eau échantillonnés ne fait partie de la classe A, associée à un état de référence sans aucune source de pollution.

L'interprétation des classes de l'IDEC est présentée au Tableau 3. Une description plus complète de l'indice diatomées et de son interprétation est fournie dans le Guide d'utilisation de l'IDEC (Campeau *et al*., 2009).

L'écologie des communautés de diatomées, selon Van Dam *et al.* (1994), est présentée au Tableau 4. La plupart des échantillons sont composés de diatomées **alcaliphiles** (pH>7) et pouvant tolérer des **eaux douces à légèrement saumâtres** (<500 mg/L Cl^-). Près de la moitié des stations (17 sur 39) ont des communautés indicatrices de conditions **bêta-mésosaprobes**[2] où le pourcentage minimal moyen de saturation en oxygène peut varier de 70 à 85% et les concentrations maximales moyennes en DBO5[3] de 2 à 4 mg/L. Une quinzaine de stations ont des communautés indicatrices de conditions **alpha-mésosaprobes** où le

[2] La **saprobie** est reliée à la quantité de **matière organique** et à la concentration en **oxygène dissous**. Selon Cyrus et Sladecek (1961), la saprobie est l'ensemble des propriétés physiologiques d'un organisme conditionnant sa capacité à se développer dans un système pollué par la matière organique. Certaines espèces sont particulièrement connues pour leur sensibilité à une forte concentration en matière organique. La classification de saprobité de Van Dam *et al.* (1994) combine les propriétés indicatrices des diatomées pour la présence de matière organique biodégradable et les concentrations en oxygène.

[3] La **demande biochimique en oxygène** (DBO) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques par voie biologique (oxydation des matières organiques biodégradables par des bactéries). Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante des eaux usées. Elle est en général calculée au bout de 5 jours à 20°C et dans le noir. On parle alors de DBO5.

pourcentage minimal moyen de saturation en oxygène peut varier de 25 à 70% et les concentrations maximales moyennes en DBO5 de 4 à 13 mg/L. Il y a finalement sept stations où les concentrations en matières organiques semblent très élevées. Ces stations ont des communautés indicatrices de conditions **alpha-méso-polysaprobes** où le pourcentage minimal moyen de saturation en oxygène peut varier de 10 à 25% et les concentrations maximales moyennes en DBO5 de 13 à 22 mg/L.

Selon la classification de Van Dam *et al.* (1994), les communautés de diatomées sont pour la plupart adaptées à des conditions **eutrophes**.

L'amont de la rivière du Chêne, de Sainte-Agathe à Val-Alain

La station 24 est située à l'Est de Sainte-Agathe. Bien qu'étant la station la plus en amont du bassin versant, la qualité de l'eau y est déjà dégradée, l'IDEC affichant une valeur moyenne de 38 sur 100 (cote D) associée à un mauvais état écologique. Cette station est toutefois à la limite de la cote C, cote qu'elle obtenue en 2010. Plus du tiers de la superficie en amont de cette station est occupé par des terres agricoles.

La station d'échantillonnage suivante (23) est située en aval des étangs aérés de **Sainte-Agathe**, sur le **cours d'eau Saint-Georges**, juste avant la confluence avec la rivière du Chêne. La qualité de l'eau y est mauvaise, la valeur moyenne de l'IDEC étant de 26 sur 100 (cote D). La charge organique de ce cours d'eau semble élevée, puisque sa communauté de diatomées est indicatrice de conditions **alpha-méso-polysaprobes** où le pourcentage minimal moyen de saturation en oxygène peut varier de 10 à 25% et les concentrations moyennes en DBO5 de 13 à 22 mg/L (Tableau 4). Près de 85% des superficies en amont de cette station sont occupées par des terres agricoles. Selon le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT, 2010), il n'y eut que deux débordements des ouvrages de surverse de Sainte-Agathe en 2009 et les exigences de rejet furent respectées. Les données de 2010 n'étaient pas encore disponibles lors de la rédaction de ce rapport.

La station 25 est en aval de la **rivière aux Chevreuils**, à environ 3 km de la confluence avec la rivière du Chêne. La qualité de l'eau y est moyenne, l'indice IDEC affichant une valeur moyenne de 56 sur 100 (cote C). Les terres agricoles occupent 35% du bassin de cette station.

Après la confluence de la rivière aux Chevreuils et du Bras-de-Marie avec la rivière du Chêne, celle-ci atteint la municipalité de **Val-Alain**. Les stations 29 et 31 sont respectivement en amont et en aval de Val-Alain. Les deux stations ont une mauvaise qualité de l'eau (cote D), l'IDEC ayant une valeur moyenne de 39 sur 100 dans les deux cas. Ces deux stations sont toutefois à la limite de la cote C, cote qu'elles ont toutes deux atteinte en 2010. Le bassin de la station 29 est composé à 30% de terres agricoles. La qualité de l'eau est donc déjà dégradée avant d'atteindre Val-Alain. La mise en opération des étangs aérés de cette municipalité est prévue pour 2012. Quelques kilomètres en aval de Val-Alain (station 11), l'IDEC a une valeur moyenne de 37 sur 100.

Le **Bras d'Edmond** est un tributaire dont la confluence avec la rivière du Chêne se situe entre les stations 31 et 11. La station 35, qui ne fut échantillonnée qu'en 2010, est située en amont du Bras d'Edmond. Cette station fut sélectionnée à l'origine en tant que station de référence. La qualité de l'eau y est cependant moyenne, la valeur de l'IDEC étant de 48 sur 100 (cote C). La concentration en phosphore était d'ailleurs relativement élevée en juillet 2010 (46 µg/L). Ce bassin comporte des milieux humides et n'est pas exempt d'activités humaines. Il fut l'objet de coupes forestières et les cours d'eau y furent en partie rectifiés. Enfin, une cannebergière est située en amont de ce

bassin, à la limite avec celui de la rivière Bécancour.

La qualité de l'eau de la portion amont de la rivière du Chêne est donc en général de mauvaise qualité (cote D), à l'exception de la rivière aux Chevreuils et de la portion amont du Bras d'Edmond, où la qualité de l'eau est moyenne (cote C).

Les rivières Henri, aux Frênes et aux Cèdres

La station 22 est en amont de la **rivière Henri**. Parmi les 39 stations échantillonnées, il s'agit de la station affichant la meilleure qualité de l'eau. La valeur moyenne de l'IDEC y est de 67 sur 100 (classe B), ce qui indique tout de même une légère dégradation. La concentration moyenne en phosphore (31 µg/L), mesurée en juillet 2010, est d'ailleurs légèrement au-dessus du critère de qualité de l'eau. Le bassin de cette station ne comporte aucune terre agricole ni d'agglomération urbaine. La forêt (41%) et les milieux humides (56%) occupent l'essentiel de son bassin. On constate toutefois que la majeure partie de ce bassin fut soumise à des coupes forestières (Figure 4).

La station suivante (2) est située en aval de la municipalité de **Dosquet**. D'amont en aval de la municipalité, la valeur de l'IDEC diminue de 20 points et passe de la cote B à la cote C. La charge organique semble également augmenter, puisque la saprobie passe d'une classe à l'autre (Tableau 4). Le ruissellement des eaux pluviales et les eaux usées de la municipalité sont probablement en partie responsables de cette diminution. En 2009, les étangs aérés de Dosquet n'ont pas toujours respecté les exigences d'exploitation qui leurs ont été attribuées (note de 95%; MAMROT, 2010). Ces exigences furent toutefois respectées en 2010, et aucun débordement des ouvrages de surverse ne fut observé (MAMROT, 2011). Il faut mentionner que les superficies agricoles augmentent légèrement entre les stations 22 et 2.

De Dosquet à l'autoroute 20 (station 12), la dégradation de la rivière Henri se poursuit, l'IDEC diminuant de 14 points et passant de la cote C à la Cote D. Les terres agricoles occupent plus de 20% du bassin de la station 12, qui comporte également une cannebergière (Figure 5). On note, au Tableau 4, que la communauté de diatomées de cette station tolère des eaux moyennement saumâtres (500 - 1000 mg/L Cl^-).

La qualité de l'eau en amont de la **rivière aux Frênes** (station 27) est moyenne, la valeur de l'IDEC étant de 43 sur 100 (cote C). La qualité de l'eau de cette station semble cependant variable, puisque l'IDEC a fluctué d'une classe entre 2009 et 2010 (Tableau 2). Les terres agricoles occupent près de 16% de la superficie de ce bassin.

La station 26 est située en amont de **Saint-Janvier-de-Joly**, sur la **rivière aux Cèdres** (Figure 7). La qualité de l'eau y est mauvaise, la valeur moyenne de l'IDEC étant de 39 sur 100 (cote D, à la limite de la cote C). Les terres agricoles occupent 50% de ce bassin. La dégradation de la qualité de l'eau se poursuit en traversant la municipalité de Saint-Janvier-de-Joly, la valeur de l'IDEC passant de 39 à 29 sur 100 (station 13). La charge organique semble également augmenter d'amont en aval, puisque la communauté de diatomées de la station 13 est indicatrice de conditions **alpha-mésosaprobes**, où le pourcentage minimal moyen de saturation en oxygène peut varier de 25 à 70% et les concentrations moyennes en DBO5 de 4 à 13 mg/L (Tableau 4). Selon le MAMROT (2010, 2011), il n'y eut aucun débordement des ouvrages de surverse en 2009 et un seul débordement en 2010. De plus, les exigences de rejet furent respectées.

Tableau 2. Valeur et cote de l'**IDEC alcalin** et état écologique des 39 stations échantillonnées en 2009 et 2010 dans la zone du Chêne. L'objectif de restauration proposé est d'augmenter d'une classe la cote de l'IDEC de chaque cours d'eau d'ici 10 ans. À long terme, l'objectif visé devrait être d'atteindre au moins la classe C pour l'ensemble des cours d'eau. Cette version de l'IDEC est la première version publiée en 2006 (Lavoie *et al*., 2006) et est conforme à celle utilisée précédemment dans le bassin de la rivière du Chêne.

		2009 août		**2009** septembre		**2010** août						
Stations	**Cours d'eau**	**IDEC**	**Cote**	**IDEC**	**Cote**	**IDEC**	**Cote**	**IDEC moyen**	**Écart type**	**Cote moy.**	**État écologique**	**Objectif de restauration**
0	Aulneuse	35	**D**	31	**D**	32	**D**	33	2	**D**	Mauvais état	**C**
1	Huron	35	**D**	30	**D**	24	**D**	30	6	**D**	Mauvais état	**C**
2	Henri	56	**C**	42	**C**	42	**C**	47	8	**C**	État moyen	**B**
3	Aulneuse	8	**E**	17	**E**	22	**D**	16	7	**E**	Très mauvais état	**D**
4	Bourret	18	**E**	29	**D**	26	**D**	24	6	**D**	Mauvais état	**C**
5	Bois-Franc-Pierriche	19	**E**	29	**D**	23	**D**	24	5	**D**	Mauvais état	**C**
6	Huron	19	**E**	20	**E**	16	**E**	18	2	**E**	Très mauvais état	**D**
7	Bois-Clair	7	**E**	1	**E**	10	**E**	6	5	**E**	Très mauvais état	**D**
8	Bois-Clair	0	**E**	5	**E**	0	**E**	2	3	**E**	Très mauvais état	**D**
9	Bras-des-Boucher	14	**E**	13	**E**	11	**E**	13	1	**E**	Très mauvais état	**D**
10	du Chêne	33	**D**	37	**D**	42	**C**	37	4	**D**	Mauvais état	**C**
11	du Chêne	36	**D**	32	**D**	43	**C**	37	6	**D**	Mauvais état	**C**
12	Henri	34	**D**	30	**D**	36	**D**	33	3	**D**	Mauvais état	**C**
13	aux Cèdres	28	**D**	27	**D**	32	**D**	29	3	**D**	Mauvais état	**C**
14	du Chêne	16	**E**	21	**D**	26	**D**	21	5	**D**	Mauvais état	**C**
15	Petit-Sault	-		25	**D**	17	**E**	21	5	**D**	Mauvais état	**C**
16	Gaspard	48	**C**	47	**C**	27	**D**	41	12	**C**	État moyen	**B**
17	des Revend	21	**D**	20	**E**	17	**E**	19	2	**E**	Très mauvais état	**D**
18	Bois-Franc	16	**E**	21	**D**	8	**E**	15	7	**E**	Très mauvais état	**D**
19	affluent Bourret	2	**E**	5	**E**	2	**E**	3	2	**E**	Très mauvais état	**D**
20	Bourret	46	**C**	36	**D**	40	**D**	41	5	**C**	État moyen	**B**

Tableau 2 (suite). Valeur et cote de l'**IDEC alcalin** et état écologique des 39 stations échantillonnées en 2009 et 2010 dans la zone du Chêne. L'objectif de restauration proposé est d'augmenter d'une classe la cote de l'IDEC de chaque cours d'eau d'ici 10 ans. À long terme, l'objectif visé devrait être d'atteindre au moins la classe C pour l'ensemble des cours d'eau. Cette version de l'IDEC est la première version publiée en 2006 (Lavoie *et al*., 2006) et est conforme à celle utilisée précédemment dans le bassin de la rivière du Chêne.

		2009		2009		2010						
Stations	**Cours d'eau**	**IDEC**	**Cote**	**IDEC**	**Cote**	**IDEC**	**Cote**	**IDEC moyen**	**Écart type**	**Cote moy.**	**État écologique**	**Objectif de restauration**
21	Bourret	35	**D**	34	**D**	42	**C**	37	5	**D**	Mauvais état	**C**
22	Henri	60	**B**	74	**B**	68	**B**	67	7	**B**	Bon état	
23	Saint-Georges	28	**D**	24	**D**	15	**E**	22	7	**D**	Mauvais état	**C**
24	du Chêne	36	**D**	31	**D**	46	**C**	38	7	**D**	Mauvais état	**C**
25	aux Chevreuils	57	**C**	50	**C**	60	**C**	56	5	**C**	État moyen	**B**
26	aux Cèdres	36	**D**	32	**D**	48	**C**	39	8	**D**	Mauvais état	**C**
27	aux Frênes	49	**C**	-	**-**	36	**D**	43	9	**C**	État moyen	**B**
29	du Chêne	40	**D**	34	**D**	42	**C**	39	4	**D**	Mauvais état	**C**
30	Saint-Jean-Baptiste	21	**D**	26	**D**	39	**D**	29	9	**D**	Mauvais état	**C**
31	du Chêne	-	**-**	31	**D**	47	**C**	39	11	**D**	Mauvais état	**C**
32	Huron	22	**D**	31	**D**	14	**E**	22	8	**D**	Mauvais état	**C**
33	sans nom	-	-	-	-	54	**C**	54	-	**C**	État moyen	**B**
34	sans nom	-	-	-	-	34	**D**	34	-	**D**	Mauvais état	**C**
35	Bras d'Émond	-	-	-	-	48	**C**	48	-	**C**	État moyen	**B**
36	sans nom	-	-	-	-	62	**B**	62	-	**B**	Bon état	
37	Henri	-	-	-	-	40	**D**	40	-	**D**	Mauvais état	**C**
38	Huron	-	-	-	-	18	**E**	18	-	**E**	Très mauvais état	**D**
39	aux Ormes	-	-	-	-	18	**E**	18	-	**E**	Très mauvais état	**D**

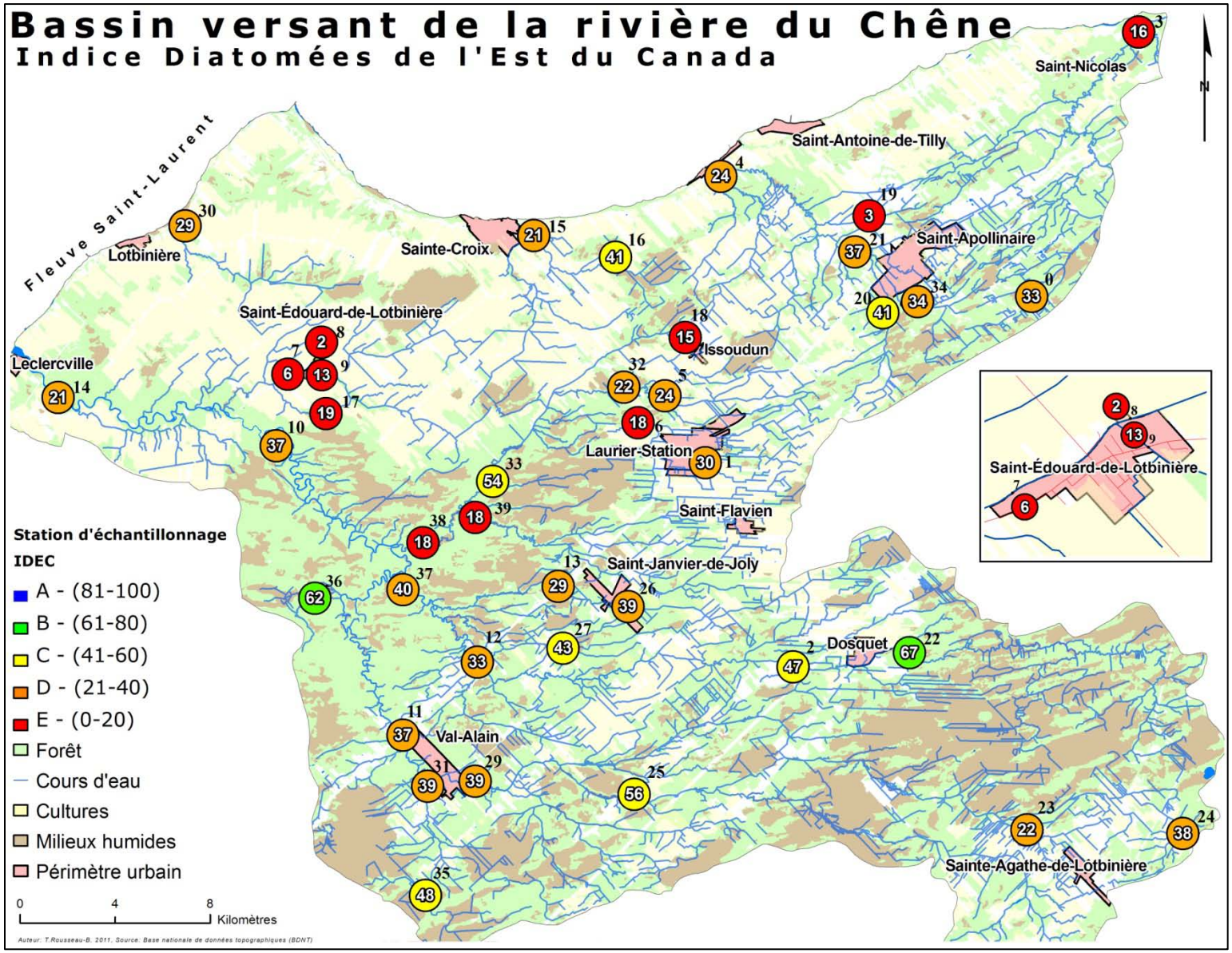


Figure 3. Valeurs moyennes et classes de l'indice IDEC des 39 stations échantillonnées dans la zone du Chêne en 2009 et 2010.

Tableau 3. Interprétation des classes de **l'IDEC alcalin**.

État écologique	IDEC	Cote	Interprétation	Les classes de quelques cours d'eau au Québec entre 2002 et 2003 am (amont) – av (aval)
État de référence	**81-100**	**A**	La communauté de diatomées correspond aux conditions de référence (non perturbées). Il s'agit de la communauté type spécifique aux conditions alcalines. Il n'y a pas ou très peu d'altérations d'origine humaines. Les concentrations en phosphore total étaient inférieures à 0,03 mg/l et les charges organiques et minérales étaient très faibles au cours des semaines précédentes. Il s'agit d'un cours d'eau **oligotrophe**.	Chaudière (am) Yamaska sud-est (am) Trout River (am)
Bon état	**61-80**	**B**	Il y a de légères modifications dans la composition et l'abondance des espèces de diatomées par rapport aux communautés de référence. Ces changements indiquent de faibles niveaux de distorsion résultant de l'activité humaine. Les concentrations en nutriments et les charges organiques et minérales étaient faibles au cours des semaines précédentes.	Magog (av) Massawippi (av) Yamaska (am)
État moyen	**41-60**	**C**	La composition de la communauté de diatomées diffère modérément de la communauté de référence et est sensiblement plus perturbée que dans le bon état. Les valeurs montrent des signes modérés de distorsion résultant de l'activité humaine. Il y eut, au cours des semaines précédentes, des épisodes où les concentrations en nutriments et/ou les charges organiques et minérales étaient élevées. Il s'agit d'un cours d'eau **mésotrophe**.	Coaticook (av) Des Anglais (am) Chaudière (av)
Mauvais état	**21-40**	**D**	La communauté de diatomées est sérieusement altérée par l'activité humaine. Les espèces sensibles à la pollution sont absentes. Il y eut, au cours des semaines précédentes, des épisodes fréquents où les concentrations en nutriments et/ou les charges organiques et minérales étaient élevées. Il s'agit d'un cours d'eau **eutrophe**.	Chateauguay (av) Richelieu (av) Yamaska Sud-Est (av)
Très mauvais état	**0-20**	**E**	La communauté est parmi les communautés de diatomées les plus dégradées des rivières de l'Est du Canada. Elle est très affectée par les activités humaines. Elle est exclusivement composée d'espèces très tolérantes à la pollution. Les concentrations en nutriments et/ou les charges organiques et minérales étaient constamment élevées au cours des semaines précédentes. Il s'agit d'un cours d'eau **hypereutrophe**.	Bayonne (av) Yamaska (av) Des Hurons (av)

Lavoie *et al*. (2006) et Grenier *et al*. (2006)

Tableau 4. Écologie des communautés de diatomées des 39 cours d'eau de la Zone du Chêne échantillonnés en 2010, selon Van Dam *et al*. (1994). Une description des classes utilisées est présentée à l'Annexe II.

No	Cours d'eau	pH	Aérophilie	Salinité	Saprobie (charge organique)	Statut trophique
0	Aulneuse	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
1	Huron	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-méso-polysaprobe (10-25% Oxygène) (13-22 mg/L BDO5)	Eutrophe
2	Henri	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
3	Aulneuse	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
4	Bourret	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
5	Bois-Franc-Pierriche	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
6	Huron	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	**Moyennement saumâtre (500 - 1000 mg/L Cl^-)**	Alpha-méso-polysaprobe (10-25% Oxygène) (13-22 mg/L BDO5)	Eutrophe
7	Bois-Clair	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
8	Bois-Clair	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
9	Bras-des-Boucher	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
10	du Chêne	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
11	du Chêne	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
12	Henri	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	**Moyennement saumâtre (500 - 1000 mg/L Cl^-)**	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe

Tableau 4 (suite). Écologie des communautés de diatomées des 39 cours d'eau de la Zone du Chêne échantillonnés en 2010, selon Van Dam *et al.* (1994). Une description des classes utilisées est présentée à l'Annexe II.

No	Cours d'eau	pH	Aérophilie	Salinité	Saprobie (charge organique)	Statut trophique
13	aux Cèdres	Alcaliphile (>7)	Aquatique strict	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
14	du Chêne	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
15	Petit-Sault	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
16	Gaspard	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
17	des Revend	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
18	Bois-Franc	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
19	affluent Bourret	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-méso-polysaprobe (10-25% Oxygène) (13-22 mg/L BDO5)	Eutrophe
20	Bourret	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
21	Bourret	**Neutrophile (~7)**	Aquatique strict	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Méso-eutrophe
22	Henri	**Neutrophile (~7)**	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
23	Saint-Georges	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-méso-polysaprobe (10-25% Oxygène) (13-22 mg/L BDO5)	Eutrophe
24	du Chêne	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe

* Les diatomées de cette communauté sont en général indifférentes à la pollution, ont peut les retrouver à la fois en milieux oligotrophes et eutrophes.

Tableau 4 (suite). Écologie des communautés de diatomées des 39 cours d'eau de la Zone du Chêne échantillonnés en 2010, selon Van Dam *et al.* (1994). Une description des classes utilisées est présentée à l'Annexe II.

No	Cours d'eau	pH	Aérophilie	Salinité	Saprobie (charge organique)	Statut trophique
25	aux Chevreuils	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
26	aux Cèdres	**Neutrophile (~7)**	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Indifférent*
27	aux Frênes	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
29	du Chêne	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
30	Saint-Jean-Baptiste	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Indifférent*
31	du Chêne	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
32	Huron	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	**Moyennement saumâtre (500 - 1000 mg/L Cl^-)**	Alpha-méso-polysaprobe (10-25% Oxygène) (13-22 mg/L BDO5)	Eutrophe
33	sans nom	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Méso-eutrophe
34	sans nom	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-méso-polysaprobe (10-25% Oxygène) (13-22 mg/L BDO5)	Eutrophe
35	Bras d'Émond	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Eutrophe
36	sans nom	Alcaliphile (>7)	Subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Bêta-mésosaprobe (70-85% Oxygène) (2-4 mg/L BDO5)	Méso-eutrophe
37	Henri	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe
38	Huron	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	**Moyennement saumâtre (500 - 1000 mg/L Cl^-)**	Alpha-méso-polysaprobe (10-25% Oxygène) (13-22 mg/L BDO5)	Eutrophe
39	aux Ormes	Alcaliphile (>7)	Aquatique ou subaérien	Douce à légèrement saumâtre (<500 mg/L Cl^-)	Alpha-mésosaprobe (25-70% Oxygène) (4-13 mg/L BDO5)	Eutrophe

* Les diatomées de cette communauté sont en général indifférentes à la pollution, ont peut les retrouver à la fois en milieux oligotrophes et eutrophes.

Une nouvelle station fut ajoutée en 2010 sur la **rivière Henri** (station 37), en aval de la confluence avec les rivières aux Frênes et aux Cèdres. La qualité de l'eau y est mauvaise, la valeur de l'IDEC étant de 40 sur 100, à la limite entre les cotes D et C. Il s'agit toutefois d'une légère récupération par rapport à la qualité de l'eau que l'on observe un peu plus en amont, à la station 12, et dans la rivière aux Cèdres, à la station 13. Cette récupération partielle peut être attribuable à l'effet bénéfique de la rivière aux Frênes, où la qualité de l'eau est légèrement meilleure, et au secteur boisé que traverse la rivière Henri avant d'atteindre la station 37. Il y eut toutefois quelques coupes forestières et de nouveaux chemins forestiers furent construits dans la Seigneurie de Joly en amont de la station 37.

Ainsi, d'amont en aval de la rivière Henri, la valeur de l'IDEC diminue de 27 points, passant de la cote B à la cote D.

La rivière Huron

Les stations 1 et 6 sont respectivement en amont et en aval de **Laurier-Station (**Figure 6). La qualité de l'eau en amont de la municipalité est déjà très dégradée, la valeur moyenne de l'IDEC étant de 30 sur 100 (cote D) à la station 1. La charge organique est également très élevée en amont de la municipalité, puisque la communauté de diatomées est indicatrice de conditions **alpha-méso-polysaprobes**, où le pourcentage minimal moyen de saturation en oxygène peut varier de 10 à 25% et les concentrations maximales moyennes en DBO5 de 13 à 22 mg/L (Tableau 4). Les terres agricoles occupent 68% du bassin de cette station. Lors de l'échantillonnage, une nappe de matières organiques flottant à la surface de l'eau fut d'ailleurs observée.

L'IDEC diminue de 12 points en aval de Laurier-Station (station 6), la valeur moyenne de l'IDEC n'étant plus que de 18 sur 100, soit une cote E associée à une très mauvaise qualité de l'eau. La charge organique semble aussi élevée qu'en amont de la municipalité. De plus, la communauté de diatomées est indicatrice de conditions moyennement saumâtres (500-1000 mg/L Cl^-). La conductivité la plus élevée du bassin fut d'ailleurs mesurée à la station 6 (1122 µS/cm). Le ruissellement des eaux pluviales de la municipalité, de l'autoroute et des terres agricoles adjacentes, les eaux de procédés industriels et les débordements des ouvrages de surverse sont probablement responsables de cette dégradation de la qualité de l'eau. Les surfaces imperméables (asphalte, béton, toitures, etc.) et les sols à nu couvrent 11% de ce bassin. De plus, il y eut 24 débordements d'eaux usées par année dans le réseau de Laurier-Station entre 2009 et 2010 (MAMROT, 2010; 2011). Les ouvrages de surverse n'ont d'ailleurs pas toujours respecté les exigences de rejet, puisque la note attribuée par le MAMROT fut de 28% en 2010.

Avant d'atteindre les étangs aérés de la municipalité, la rivière Huron reçoit les eaux du **ruisseau Bois-Franc-Pierriche** (station 5) dont la qualité de l'eau est équivalente, bien que légèrement moins dégradée, à celle de la rivière Huron (24 sur 100, cote D). La station 32 est en aval des **étangs aérés de Laurier-Station**. La qualité de l'eau y est en fait légèrement supérieure à celle que l'on observe à la station 6, à la sortie de la ville. La valeur moyenne de l'IDEC y est de 22 sur 100 (cote D). La qualité de l'eau y était toutefois très mauvaise en 2010 (cote E). La charge organique et la salinité semblent aussi élevées qu'à la station 6 (Tableau 4). En 2009 et 2010, mis à part les problèmes associés aux ouvrages de surverse déjà mentionnés, les étangs aérés ont respecté les exigences d'exploitation qui leurs ont été attribuées (MAMROT, 2010; 2011).

Avant sa confluence avec la rivière du Chêne, la rivière Huron reçoit les eaux de deux tributaires. La station 33 est située sur le premier tributaire, dont le bassin est

essentiellement forestier. La tête de ce bassin est un ravage de cerfs de Virginie et plusieurs parcelles ont été coupées pour l'exploitation forestière au cours des cinq dernières années (Figure 7). En 2010, la qualité de l'eau y était moyenne, la valeur de l'IDEC étant de 54 sur 100 (cote C). Lors de l'échantillonnage, une grande quantité de sédiments fut observée dans ce cours d'eau. De plus, la turbidité (10 UTN) et le phosphore (73 µg/L) étaient élevés pour un cours d'eau de référence.

La station 39 est située sur la **rivière aux Ormes**, avant sa confluence avec la rivière Huron. En 2010, la qualité de l'eau y était très mauvaise, la valeur de l'IDEC étant de 18 sur 100 (cote E). La charge organique y est également assez élevée (Tableau 4). Les causes de cette piètre qualité de l'eau restent à préciser. L'agriculture occupe une portion importante de l'amont de ce bassin. De plus, il est possible que les milieux humides, en aval du bassin, contribuent aux charges en nutriments et en matières organiques. Il y eut également quelques coupes forestières et de nouveaux chemins forestiers furent construits dans la Seigneurie de Joly, en amont de la station 39. Il serait utile d'ajouter une station à l'entrée du milieu forestier afin de départager les influences respectives du milieu agricole et du secteur forestier.

La station 38 est située en aval de la **rivière Huron**, avant sa confluence avec la rivière du Chêne. En 2010, la qualité de l'eau y était très mauvaise, la valeur de l'IDEC étant de 18 sur 100 (cote E). La charge organique y est également très élevée (Tableau 4). De plus, la communauté de diatomées est indicatrice de conditions moyennement saumâtres (500-1000 mg/L Cl^-). On observe donc une dégradation de la qualité de l'eau de l'amont à l'aval de la rivière Huron. Les causes de cette piètre qualité de l'eau en aval restent à préciser. La mauvaise qualité de l'eau de la rivière aux Ormes peut jouer un rôle. De plus, il est possible que les milieux humides, en aval du bassin, contribuent aux charges en nutriments et en matières organiques (Figure 7). Il y eut également quelques coupes forestières et de nouveaux chemins forestiers furent construits dans la Seigneurie de Joly en amont de la station 38. Enfin, la géologie de ce bassin, constituée en partie de roches calcaires, pourrait expliquer la conductivité relativement élevée (445 µS/cm).

Rivière du Bois Clair

La **rivière du Bois Clair** fait partie des cours d'eau ayant la pire qualité de l'eau de la zone du Chêne. Les terres agricoles occupent 80% de la superficie de ce bassin. Les stations 8 et 7 sont respectivement en amont et en aval de **Saint-Édouard-de-Lotbinière**. La qualité de l'eau est déjà très dégradée avant d'atteindre la municipalité. La valeur moyenne de l'IDEC varie de 2 à 6 sur 100 (cote E) d'amont en aval de la municipalité. La turbidité et la conductivité de ce cours d'eau sont également très élevées (Annexe I). Selon le MAMROT (2010; 2011), les étangs aérés n'ont pas toujours respecté les exigences de rejet en 2009 et 2010 (note de 88% et 92% respectivement). Il y eut de plus 4 débordements des ouvrages de surverse en 2010.

Le **Bras-des-Boucher** se déverse dans la rivière du Bois Clair, à quelques mètres en aval du système de traitement des eaux usées (station 9). Ce bassin est également largement occupé par l'agriculture (63%) et la qualité de l'eau y est très mauvaise (13 sur 100, cote E).

Le **ruisseau des Revend** est également un tributaire de la rivière du Bois Clair. La station 17, qui est à mi-parcours du ruisseau, était *a priori* considérée comme une référence. Il s'avère toutefois que ce n'est pas le cas, puisque les terres agricoles occupent 19% de son bassin et que la qualité de l'eau y est très mauvaise (19 sur 100, à la limite entre les cotes E et D).

L'aval de la rivière du Chêne

Entre Val-Alain et la confluence de la rivière du Bois Clair, la rivière du Chêne traverse un secteur boisé sur près de 40 km, où elle reçoit les eaux des rivières Henri, aux Frênes, aux Cèdres et Huron. Malgré ce long corridor boisé, la qualité de l'eau demeure sensiblement identique à celle observée à Val-Alain, les stations 11 et 10 ayant les mêmes valeurs (37 sur 100, cote D). La mauvaise qualité de l'eau des tributaires freine sans doute la récupération de la rivière du Chêne. De plus, le secteur boisé est en fait largement soumis à des coupes forestières (Figure 7).

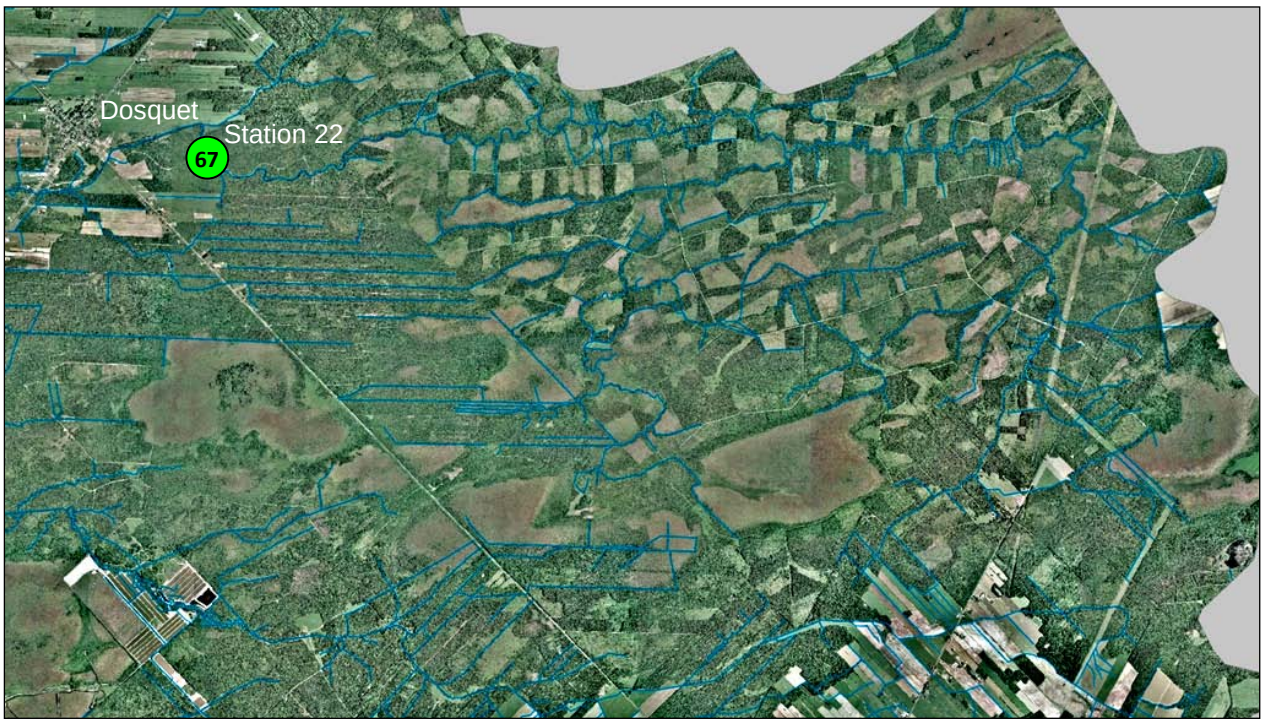


Figure 4. Coupes forestières dans le bassin de la station 22, en amont de la rivière Henri (2007).

Figure 5. Cannebergière en amont de la station 12 (rivière Henri, 2007).

Figure 6. Les stations d'échantillonnage en amont et en aval de Laurier-Station (rivière Huron, 2007).

Figure 7. Coupes forestières au centre du bassin de la rivière du Chêne (2007).

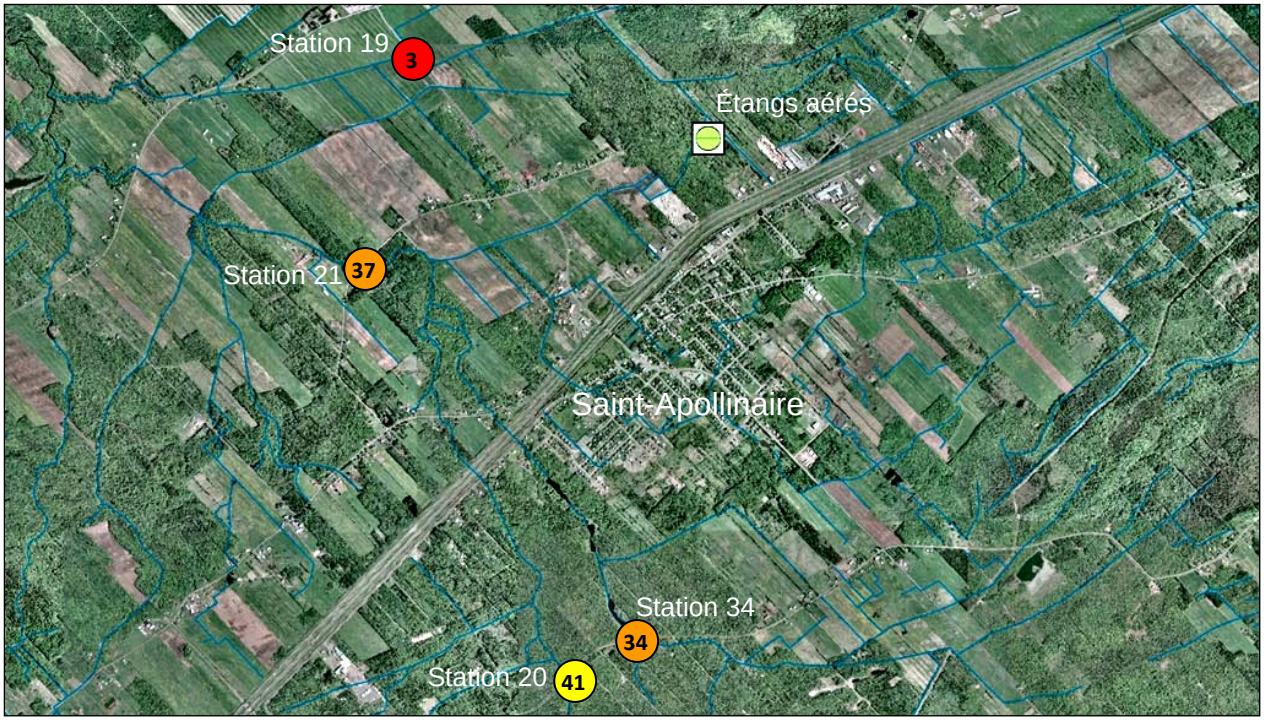


Figure 8. Les stations d'échantillonnage en amont et en aval de Saint-Apollinaire (2007).

La station 36 fut ajoutée en 2010 sur un petit tributaire forestier de la du Chêne. La majorité du bassin de cette station a subit des coupes forestières (Figure 7). Il s'agit de la deuxième station affichant la meilleure qualité de l'eau. La valeur de l'IDEC y est de 62 sur 100 (cote B).

En aval de la confluence avec la rivière du Bois Clair, la qualité de l'eau de la rivière du Chêne se dégrade rapidement, l'IDEC diminuant de 16 points pour atteindre une valeur de 21 sur 100 (cote D) en amont de **Leclercville** (station 14). Les eaux de la rivière du Bois Clair et les terres agricoles en aval de la rivière du Chêne contribuent sans doute à cette dégradation.

Ainsi, de Sainte-Agathe à Leclercville, la qualité de l'eau de la rivière du Chêne est de mauvaise qualité (cote D) sur l'ensemble de son parcours.

Les petits tributaires du Saint-Laurent

De Lotbinière à Saint-Nicolas, cinq petits affluents du Saint-Laurent furent échantillonnés. Le **ruisseau Saint-Jean-Baptiste** (station 30) et le **ruisseau Petit-Sault** (station 15) ont une mauvaise qualité de l'eau, la valeur moyenne de l'IDEC étant respectivement de 29 et 21 sur 100 (cote D). Les terres agricoles occupent plus du deux tiers de ces bassins.

La station 16, qui est à mi-parcours du **ruisseau Gaspard**, était *a priori* considérée comme une référence. Il s'avère toutefois que la qualité de l'eau y est moyenne, l'IDEC ayant une valeur de 41 (cote C), bien que seulement 4% des superficies de ce bassin soient dédiées à l'agriculture. La concentration moyenne en phosphore total, mesurée en juillet 2010, était élevée 71 (µg/L). Les causes possibles des faibles valeurs d'IDEC dans les stations de référence seront abordées plus loin.

Les stations 20 et 34 sont en amont de **Saint-Apollinaire** (Figure 8). La station 34 est sur un affluent de la rivière Bourret. La qualité de l'eau y est mauvaise (34 sur 100, cote D) et la charge organique très élevée (Tableau 4). Le bassin de cette station est en partie agricole et comporte également des milieux humides.

La station 20 est sur la **rivière Bourret** en amont de Saint-Apollinaire. Cette station était à l'origine considérée comme une station de référence. Cependant, plus du quart de ce bassin est occupé par l'agriculture. On y trouve entre autre une porcherie et une pisciculture. La qualité de l'eau y est moyenne, la valeur de l'IDEC étant de 41 sur 100 (à la limite entre les cotes C et D).

La valeur de l'IDEC diminue légèrement et passe à la cote D (37 sur 100) à la station 21, qui est en aval de **Saint-Apollinaire**. Cette station reçoit les eaux pluviales de la municipalité, une partie des débordements des ouvrages de surverse et le ruissellement en provenance des terres agricoles adjacentes. La station 19 est sur un affluent de la rivière Bourret qui reçoit les rejets des étangs aérés de Saint-Apollinaire. La qualité de l'eau y est très mauvaise, la valeur moyenne de l'IDEC étant de 3 sur 100 (cote E). La charge organique y est également très élevée (Tableau 4). Les surfaces imperméables (asphalte, béton, toitures, etc.) et les sols à nu couvrent près de 15% de ce bassin. Selon le MAMROT (2010), les exigences de rejet des étangs aérés ne furent pas toujours respectées (note de 88%). De plus, il y eut au total 41 débordements d'eaux usées dans le réseau de Saint-Apollinaire en 2009.

La station 18 est sur la **rivière Bois-Franc**, en aval de **Notre-Dame-du-Sacré-Cœur-d'Issoudun**. La qualité de l'eau y est très mauvaise (15 sur 100, cote E). Les terres agricoles occupent 90% de ce bassin. La mise en opération des étangs aérés de cette municipalité est prévue pour 2012.

La station 4 est en aval de la confluence des rivières Bourret et Bois-Franc, près du fleuve Saint-Laurent. La qualité de l'eau y

est mauvaise, la valeur de l'IDEC étant de 24 sur 100 (cote D). Près de 50% de ce bassin est composé de terres agricoles.

La station 0 est en amont de la **rivière Aulneuse**. La qualité de l'eau y est mauvaise, l'IDEC ayant une valeur de 33 sur 100 (cote D). Les activités agricoles occupent 13% de ce bassin. D'amont en aval de la rivière Aulneuse, l'IDEC diminue de 17 points. La qualité de l'eau près de l'embouchure de la rivière (station 3) est très mauvaise, l'IDEC ayant une valeur de 16 sur 100 (cote E). Il est à noter qu'un dépôt de neige usée d'envergure est situé tout juste en amont de cette station.

En somme, la qualité de l'eau des petits tributaires agricoles du Saint-Laurent est de mauvaise qualité, la rivière Aulneuse ayant la qualité de l'eau la plus médiocre.

Les sources de pollution

La Figure 9 illustre la relation entre les superficies agricoles et la valeur de l'IDEC dans la zone du Chêne. On constate que la valeur de l'IDEC diminue avec l'augmentation des superficies agricoles. Il a été démontré à plusieurs reprises que les valeurs les plus faibles de l'indice IDEC ont été mesurées dans les bassins versants où les activités agricoles sont intensives (Boissonneault, 2005, 2006a, b, 2008; Campeau, 2010; Campeau et Grenier, 2010; Campeau *et al*., 2010; Lavoie *et al*., 2006a, b; Rodrigue et al., 2010a, b; Tellier *et al*., 2007). **Les activités agricoles sont donc la principale source de dégradation** de la qualité de l'eau.

Ce n'est cependant pas la seule. On constate sur la figure 9 que la station 19 s'écarte particulièrement de la relation. Il s'agit de la station d'échantillonnage en aval des étangs aérés de Saint-Apollinaire. Cette situation n'est pas unique puisque l'on constate, de façon systématique, **une diminution de l'IDEC de l'amont vers l'aval de toutes les municipalités** de la zone du Chêne, mis à part à Saint-Édouard, où la valeur de l'IDEC était déjà près de zéro avant d'atteindre la municipalité. D'autres études réalisées dans certaines municipalités du Québec et de l'Ontario suggèrent que le ruissellement des eaux pluviales en milieu urbain, les eaux de procédés industriels, les débordements des ouvrages de surverse et le non respect des exigences de rejet des étangs aérés peuvent réduire de façon significative la qualité de l'eau et les valeurs de l'IDEC (e.g. Campeau, 2010; Tellier *et al*., 2007).

Enfin, les **coupes forestières** peuvent également réduire les valeurs de l'IDEC. Cette perturbation est cependant moindre que les deux précédentes, puisqu'elle engendre moins de ruissellement que les surfaces agricoles et les surfaces imperméables et parce que les forêts se régénèrent après quelques années.

La variabilité saisonnière et interannuelle de l'IDEC

Les résultats présentés au Tableau 2 et à la Figure 10 permettent d'évaluer quelle est la variabilité des valeurs de l'IDEC. **L'écart moyen saisonnier**, mesuré entre le mois d'août et les mois de septembre-octobre 2009, fut de 5 points (±4). **L'écart moyen interannuel**, qui est l'écart entre les valeurs moyennes de 2009 et la valeur mesurée en 2010, fut de 7 points (±5). Cette variabilité est similaire à l'écart moyen interannuel de 8 points mesuré par Campeau (2010) dans le bassin versant de la rivière Yamaska entre 2009 et 2010. Cet écart est essentiellement relié à la variabilité des conditions météorologiques et hydrologiques au cours de la saison ou d'une année à l'autre. Les épisodes de précipitations, qui provoquent le ruissellement des sols et des polluants vers les cours d'eau, sont en effet variables d'une année à l'autre. L'écart observé dans les valeurs de l'IDEC peut également être relié, bien que dans une moindre mesure, à la variabilité naturelle qui peut exister sur les

substrats d'un même tronçon de rivière et à la variabilité induite par l'échantillonnage, les manipulations en laboratoire et les erreurs d'identification.

Dans le cadre d'un programme de restauration d'une rivière et de son bassin versant, le calcul de l'IDEC avant et après les interventions permet de mesurer l'impact réel du programme de restauration sur la qualité de l'eau en général et sur le niveau d'eutrophisation en particulier. Le suivi effectué dans la zone du Chêne en 2009 et 2010 a permis d'évaluer l'état des cours d'eau ainsi que leur variabilité. L'opération pourra être répétée dans quelques années afin de mesurer les progrès réalisés.

L'objectif de restauration proposé

L'objectif de restauration proposé est **d'augmenter d'une classe la cote de l'IDEC** de chaque cours d'eau d'ici 10 ans (Tableau 2). Des **stations de référence** furent échantillonnées dans la zone du Chêne afin de vérifier s'il est réaliste que les cours d'eau puissent atteindre une valeur élevée de l'IDEC dans le cadre d'un programme de restauration. Il a été mentionné précédemment que certaines stations, qui étaient considérées *a priori* comme des références, avaient en fait une valeur plus faible que prévue. On a vu que dans certains cas les valeurs faibles pouvaient être expliquées par une proportion plus importante que prévue des terres agricoles dans le bassin et par la présence de coupes forestières. Ces facteurs ne peuvent cependant pas expliquer les valeurs faibles de certaines stations de référence. Ces valeurs faibles peuvent être expliquées par les facteurs suivants :

- une **productivité élevée des milieux naturels**, dont les milieux humides. Les concentrations en phosphore total, mesurées en juillet 2010 dans les stations de référence, étaient d'ailleurs pour la plupart près ou au-dessus du critère de 30 ug/L;
- une contamination des eaux souterraines;
- une minéralisation naturelle des eaux de surface (conductivité élevée).

Le fait qu'aucune station de référence n'ait atteint la cote A semble indiquer qu'il est peu probable que l'on puisse obtenir cette cote dans le bassin versant de la rivière du Chêne. Toutefois, les stations 22 et 36, qui ont une cote B associée à une bonne qualité de l'eau, démontre qu'il est possible d'atteindre cette cote en milieu forestier. En milieu agricole, les sept stations affichant la cote C représentent des références plus appropriées et démontrent qu'il est possible d'atteindre à tout le moins une qualité de l'eau moyenne dans les secteurs influencés par les activités agricoles. **À long terme, l'objectif proposé est donc d'atteindre au moins la cote C pour l'ensemble des cours d'eau du bassin.**

Il faut cependant être conscient que la restauration d'une rivière est un **processus à long terme** qui exige des efforts soutenus. On peut considérer en général que le passage d'une classe inférieure à une classe supérieure de l'IDEC est en soit un objectif ambitieux. Le passage à une classe supérieure ne se produira que si la qualité de l'eau s'est améliorée de façon substantielle. Au Québec, en milieu urbain ou de villégiature, le changement de classe nécessitera en général que des améliorations soient apportées aux systèmes de traitement des eaux usées (domestiques, municipales et industrielles), à la gestion des eaux pluviales et à la gestion des engrais domestiques. En milieu agricole, une meilleure gestion des intrants agricoles et un meilleur contrôle du ruissellement et de l'érosion des sols seront incontournables.

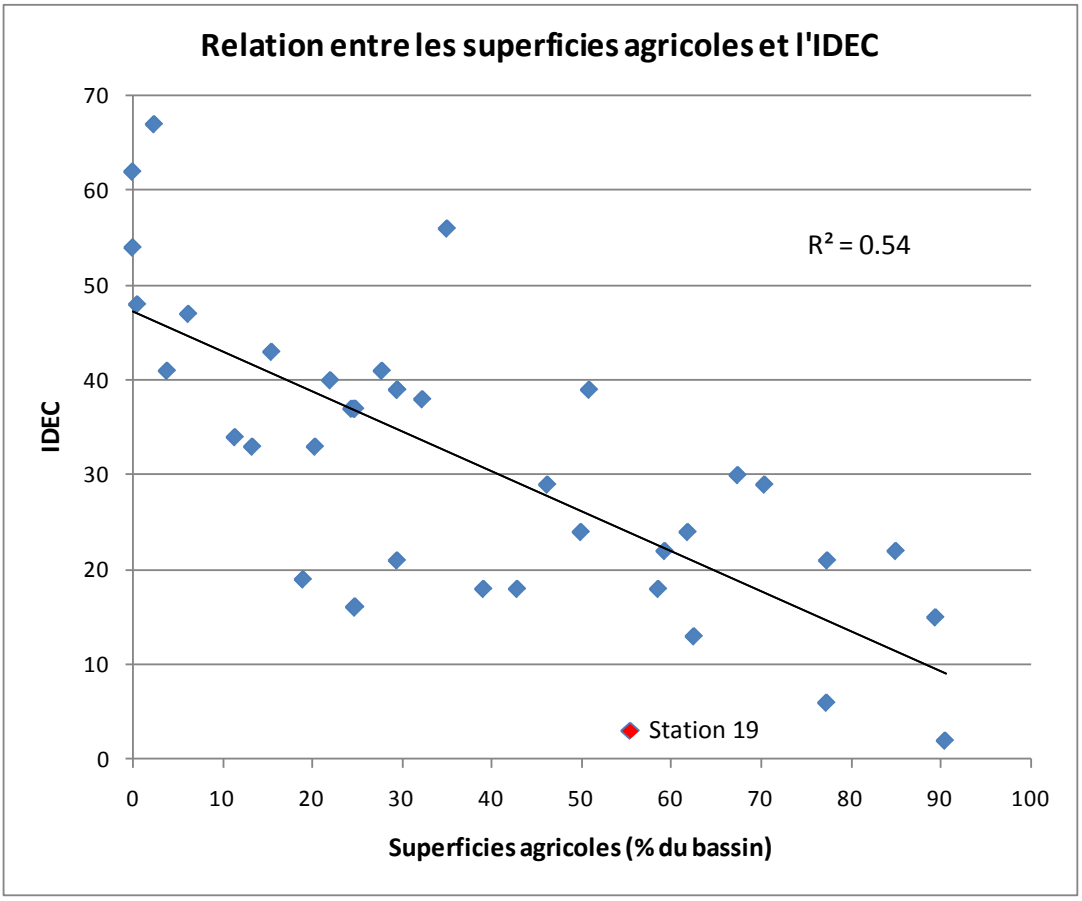


Figure 9. Relation entre les superficies agricoles et les valeurs moyennes de l'IDEC en 2009-2010 dans les bassins versants de la zone du Chêne. La station 19 est en aval des étangs aérés de Saint-Apollinaire.

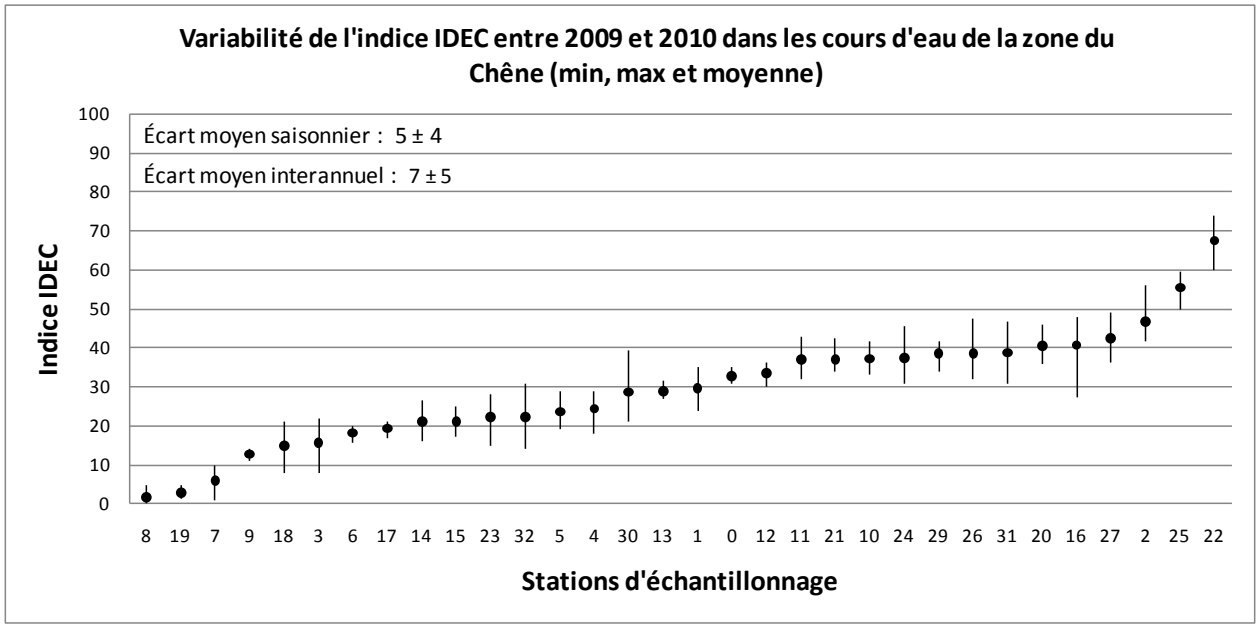


Figure 10. Variabilité de l'indice IDEC entre 2009 et 2010 dans les cours d'eau de la zone du Chêne.

La restauration des bassins versants

Le passage d'une classe à l'autre de l'IDEC implique un changement important de la communauté de diatomées. Ce changement ne peut s'opérer que si les concentrations en phosphore, en azote et en matières organiques sont réduites de façon significative. **Les actions à prioriser pour atteindre cet objectif en milieu agricole sont, entre autres, les suivantes** :

- **Une gestion appropriée des intrants agricoles** est l'action à prioriser afin de réduire la pollution diffuse vers les rivières et les plans d'eau. Depuis le 15 juin 2002, le *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA) poursuit l'atteinte d'un équilibre entre la capacité de support en phosphore des sols et la quantité épandue de matières fertilisantes. Pour les établissements existants, cet objectif de sols en équilibre devait être atteint en 2010. L'exploitant d'un lieu d'élevage qui procède par épandage de déjections animales doit donc disposer de parcelles en culture qui correspondent à la superficie totale requise pour y épandre ces déjections. Le *plan agroenvironnemental de fertilisation* (PAEF) détermine, pour chaque parcelle, la culture pratiquée et la limitation de l'épandage des matières fertilisantes.

- La deuxième action à adopter en vue de réduire la pollution diffuse est **une meilleure gestion du ruissellement**. Les labours d'automne, les cultures à grands interlignes et l'épandage de lisier sont les activités contribuant le plus à la dégradation de la qualité de l'eau en milieu agricole. Il a été démontré à plusieurs reprises que les valeurs les plus faibles de l'indice IDEC ont été mesurées dans les bassins versants où les activités agricoles sont intensives (Boissonneault, 2005, 2006a, b, 2008; Campeau, 2010; Campeau et Grenier, 2010; Campeau *et al*., 2010; Lavoie *et al*., 2006a, b; Rodrigue et al., 2010a, b; Tellier *et al*., 2007). Les labours d'automne avec épandage de lisier sont particulièrement dommageables puisqu'ils laissent les sols à nue pendant l'hiver ce qui favorise l'érosion des sols et le transport des nutriments vers les cours d'eau lors de la fonte des neiges. Il est recommandé de restreindre les labours d'automne au profit du **travail réduit ou du semis direct** afin de réduire l'érosion des sols et le transport des polluants vers les cours d'eau. Étant donné que **la topographie est souvent en pente à proximité des cours d'eau** et des lacs, il serait avisé de restreindre les labours, les cultures à grands interlignes et l'épandage de lisier à ces endroits et de convertir ces parcelles vers des cultures moins dommageables.

- Les **zones ravinées** (coulées), bien qu'elles soient peu productives d'un point de vue agricole, contribuent grandement à l'érosion des sols et des berges et à la dégradation de la qualité de l'eau (Vallé, 2009; Campeau et Bordeleau, 2007; Brien, 2006). Il est recommandé d'y cesser toutes activités agricoles (y compris le pâturage) et de **laisser la végétation naturelle recoloniser les zones ravinées**.

- Les **bandes riveraines** représentent la dernière ligne de défense contre la pollution diffuse. Selon le REA, l'épandage de matières fertilisantes est interdit dans un cours ou un plan d'eau ainsi qu'à l'intérieur de la bande riveraine dont les limites sont

définies par règlement municipal. En l'absence d'une bande riveraine définie par règlement municipal, l'épandage de matières fertilisantes est interdit dans un cours d'eau ou un lac ainsi qu'à l'intérieur d'une bande de **3 m** de ceux-ci. Afin de délimiter la bande riveraine, la mesure doit être prise à partir de la ligne des hautes eaux. De plus, s'il y a un talus, la bande riveraine doit inclure une largeur d'au moins un mètre sur le haut de ce talus. L'épandage de matières fertilisantes est de plus interdit dans un **fossé agricole** et à l'intérieur d'une bande de 1 m de ce fossé.

- Toute activité agricole (y compris le pâturage) devrait être interdite dans **les plaines inondables et les milieux humides**.

En milieu urbain ou de villégiature, les actions à prioriser pour réduire le ruissellement du phosphore, de l'azote et des matières organiques sont, entre autres, les suivantes :

- **Réduire ou interdire l'application d'engrais** (jardins, pelouse, etc.) à proximité des cours d'eau et des lacs, y compris sur les terrains de golf.

- **Améliorer la gestion de l'écoulement**, notamment en provenance des fossés de route et des égouts pluviaux, afin de favoriser l'infiltration et réduire les apports d'eau de ruissellement vers les cours d'eau et les lacs.

- **Vérifier la conformité des installations septiques** (fosses et champs d'épuration) à la réglementation (Q-2, r.8).

- **Vérifier la conformité des rives** à la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (Q-2, r.17.3).

- **Réduire les débordements d'eaux usées** des ouvrages de surverse des réseaux municipaux. Des études réalisées dans certaines municipalités du Québec suggèrent que le débordement des ouvrages de surverse peut réduire de façon significative la qualité de l'eau et les valeurs de l'IDEC (Campeau, 2010; Tellier *et al*., 2007).

- **Améliorer le traitement et le suivi des eaux de procédé** provenant des établissements industriels. Il est fréquent que ces entreprises acheminent leurs eaux de procédé à une station municipale de traitement des eaux usées. La caractérisation des rejets industriels n'est souvent pas suffisamment exhaustive pour qu'il soit possible d'évaluer les pressions résultantes sur la qualité de l'eau.

Les mesures évoquées ci-dessus peuvent paraître contraignantes, mais elles sont pour la plupart incontournables. Les concentrations en phosphore total mesurées dans les cours d'eau en milieu agricole dépassent fréquemment les 100 µg/L au Québec (Lavoie *et al*., 2006), alors que la norme suggérée par le MDDEP est de 30 µg/L. Une amélioration de la qualité de l'eau et une augmentation significative de l'indice IDEC ne seront observables que si des mesures énergiques sont mises en œuvre pour réduire, entre autres, les concentrations en phosphore, en azote et en matières organiques.

Références

- Boissonneault, Y. (2005). **Caractérisation des écosystèmes aquatiques et de la qualité de l'eau du bassin versant de la rivière du Loup (Mauricie)**: L'utilisation de l'Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC) pour cibler les milieux perturbés prioritaires. Rapport déposé à l'Organisme du Bassin Versant de la Rivière du Loup (OBVRL), 33 p.

- Boissonneault, Y. (2006a). **Intégrité écologique des cours d'eau du bassin versant de la rivière Bécancour déterminée par l'indice IDEC**. Rapport déposé au Groupe de concertation du bassin versant de la rivière Bécancour (GROBEC), 37 p.

- Boissonneault, Y. (2006b). **Intégrité écologique des principaux cours d'eau du bassin versant de la rivière Maskinongé déterminée par l'indice IDEC**, rapport abrégé. Rapport déposé à l'Association pour la Gestion Intégré de la Rivière Maskinongé (AGIRMaskinongé), 15 p.

- Boissonneault, Y. (2008). **Intégrité écologique des principaux cours d'eau du bassin versant de la Petite rivière du Chêne déterminée par l'indice IDEC**. Rapport déposé à la ZIP Les Deux Rives, 48 p.

- Brien, M. (2006). **Mesure de l'érosion des berges, du ravinement et de la migration des cours d'eau dans la portion agricole du bassin versant de la rivière des Envies (Québec).** Mémoire de maîtrise en Sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 143 p.

- Campeau, S. (2010). **Suivi biologique des cours d'eau du bassin versant de la rivière Yamaska à l'aide de l'indice IDEC (2009-2010).** *Rapport déposé à l'Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBV Yamaska).* Université du Québec à Trois-Rivières, octobre 2010, 25 p.

- Campeau, S. et Bordeleau, P.-A. (2007). **Développement d'un système informatisé pour la gestion optimale des bandes riveraines en milieu agricole**. Rapport déposé au Fonds de recherche de la Fédération des Producteurs de Cultures Commerciales du Québec. Section de géographie, Université du Québec à Trois-Rivières, 83 p.

- Campeau, S. et Grenier, M. (2010). **Suivi biologique des cours d'eau du CRDBLP (Lennoxville) à l'aide de l'indice IDEC (2010).** Rapport déposé au *Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc (CRDBLP) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada*. Université du Québec à Trois-Rivières, octobre 2010, 11 p

- Campeau, S., Lavoie, I., Grenier, M., Boissonneault, Y. et Lacoursière, S. (2009). **Le suivi de la qualité de l'eau des rivières à l'aide de l'indice IDEC**. Guide d'utilisation de l'Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC). Université du Québec à Trois-Rivières, 18 p.

- Campeau, S., Prévost, I. et Rousseau Beaumier, T. (2010). **Suivi de 50 cours d'eau à l'aide de l'indice IDEC dans le cadre des Projets collectifs agricoles (PCA).** *Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs dans le cadre des Projets collectifs agricoles (PCA).* Université du Québec à Trois-Rivières, mars 2010, 16 p..

- Grenier, M., Campeau, S., Lavoie, I., Park, Y.-S. et Lek, S. (2006). **Diatom reference communities in Québec (Canada) streams based on Kohonen self-organizing maps and multivariate analyses**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63: 2087-2106.

- Grenier, M., Lavoie, I., Rousseau, A.N. et Campeau, S. (2010). **Defining ecological thresholds to determine class boundaries in a bioassessment tool: the case of the Eastern Canadian Diatom Index (IDEC).** *Ecological Indicators*, 10 : 980–989.

- Grenier, M., Lek, S., Rodríguez, M.A., Rousseau, A.N. et Campeau, S. (2011). **Algae-based Biomonitoring : Predicting Diatom Reference Communities in Unpolluted Streams using Classification Trees, Random Forests, and Artificial Neural Networks**. *Water Quality Research Journal of Canada* (sous presse).

- Lacoursière, S., Lavoie, I., Rodriguez, M.A. et Campeau, S. (2011). **Modeling the response time of diatom assemblages to simulated water quality improvement and degradation in running waters**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (sous presse).

- Lavoie, I., Campeau, S., Grenier, M. et Dillon, P. (2006a). **A diatom-based index for the biological assessment of Eastern Canadian rivers: an application of correspondence analysis**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63: 1793-1811.

- Lavoie, I., Boissonneault, Y., Campeau, S. et Dillon, P.J. (2006b). **Assessing stream ecological integrity in a Canadian watershed using a diatom index based on correspondence analyses (CAs).** *In* E. Acs, K. T. Kiss, J. Padisak et K. E. Szabo (eds); *Use of Algae for Monitoring Rivers VI*, p. 81-88.

- Lavoie, I., Hamilton, P.B., Campeau, S., Grenier, M. et Dillon, P.J. (2008). **Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada**. *Presses de l'Université du Québec*, 241 p. et 68 planches taxonomiques (ISBN 978-2-7605-1557-4).

- Lecointe, C., Coste, M. et Prygiel, J. (1993). "**OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management**. *Hydrobiologia,* 269/270 : 509-513.

- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) (2010). **Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2009**. Ouvrages de surverse et stations d'épuration [En ligne]. http://www.mamrot.gouv.qc.ca/

- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) (2011). **Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2010**. Ouvrages de surverse et stations d'épuration [En ligne]. http://www.mamrot.gouv.qc.ca/

- Prygiel, J., Carpentier, P., Almeida, S., Coste, M., Druart, J.-C., Ector, L., Guillard, D., Honoré, M.-A., Iserentant, R., Ledeganck, P., Lalanne-Cassou, C., Lesniak, C., Mercier, I., Moncaut, P., Nazart, M., Nouchet, N., Peres, F., Peeters, V., Rimet, F. et Rumeau, A. (2002). **Determination of the biological diatom index (IBD NF T 90–354): results of an intercomparison exercise**. *Journal of Applied Phycology*, 14: 27-39.

- Rodrigue, G., Prévost, I. et Campeau, S. (2010a). **Qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques des cours d'eau du bassin versant de la rivière Champlain**. *Rapport déposé à la Fédération de l'UPA de la Mauricie*. Université du Québec à Trois-Rivières, mars 2010, 44 p.

- Rodrigue, G., Prévost, I. et Campeau, S. (2010b). **Qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques des cours d'eau du bassin versant de la rivière des Envies**. *Rapport déposé à la Fédération de l'UPA de la Mauricie*. Université du Québec à Trois-Rivières, mars 2010, 45 p.

- Tellier, G., Vallée, M., Lavoie, I., Campeau, S. (2007). **Portait du bassin versant de la rivière Champlain**. Rapport déposé au Comité ZIP les Deux-Rives. Section de géographie, Université du Québec à Trois-Rivières, 73 p.

- Vallée, M. (2009). **Variabilité spatio-temporelle des régimes d'érosion hydrique dans neuf bassins versants en milieu agricole**. Mémoire de maîtrise en Sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 97 p.

- Van Dam, H.A., Mertens, A. et Sinkeldam, J. (1994). **A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands**. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28 : 117-133.

Annexe I. Physico-chimie de l'eau mesurée en 2009 et 2010 dans la zone du Chêne (moyenne).

Station	Cours d'eau	Turbidité (UTN)		Température (°C)		pH		Conduct. (µS/cm)	Azote ammon. (mg/L N)	COD (mg/L)	Nitrite-nitrate (mg/L N)	Phosphore total (µg/L)
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2010	2010	2010	2010	2010
0	Aulneuse	2	3	22.2	14.6	7.7	7.7	454				
1	Huron	4	10	24.7	21.8	8.2	8.3	716				
2	Henri	6	3	19.7	21.8	7.3	8.0	387				
3	Aulneuse	5	5	22.0	20.6	8.2	8.4	443				
4	Bourret	28	1	21.2	21.6	8.7	8.6	462				
5	Bois-Franc-Pierriche	3	2	22.4	20.9	8.4	8.6	550				
6	Huron	10	5	24.1	21.2	8.3	8.3	1122				
7	Bois-Clair	51	19	20.8	18.6	8.0	7.9	716				
8	Bois-Clair	62	75	20.8	19.8	8.1	7.7	809				
9	Bras-des-Boucher	38	10	17.4	19.9	7.9	8.1	525				
10	du Chêne	7	2	18.3	22.3	8.2	8.5	316				
11	du Chêne	5	1	18.9	23.8	8.2	8.6	270				
12	Henri	5	1	19.6	25.2	8.3	8.6	437				
13	aux Cèdres	5	4	18.1	21.1	8.0	8.2	566				
14	du Chêne	30	5	23.2	24.4	8.3	8.4	351				
15	Petit-Sault	9	5		22.4	8.0	8.4	545				
16	Gaspard	10	12	20.0	21.8	7.6	7.9	379	0.06	26.2	0.39	71
17	des Revend	18	170	19.0	17.7	7.4	7.6	279				
18	Bois-Franc	4	7	19.1	19.9	7.9	7.9	792				
19	affluent Bourret	144	17	21.8	19.6	7.4	7.8	747				
20	Bourret	4	4	20.0	21.8	7.8	7.8	262	<0,02	13.0	0.25	21
21	Bourret	11	2	17.3	15.8	7.9	8.3	543				
22	Henri	7	3	21.5	26.1	7.3	7.5	255	< 0,02	24.3	0.29	31
23	Saint-Georges	6	8	24.2	21	7.9	8.8	353				
24	du Chêne	2	35	18.6	16.4	7.9	7.6	313				
25	aux Chevreuils	4	2	18.7	21	7.8	8.0	201				
26	aux Cèdres	4	1	17.0	21	8.2	8.5	512				
27	aux Frênes	9	23	19.9	25.2	7.8	8.0	342	0.065	23.4	0.23	52
29	du Chêne	7	2	18.0	23	7.7	9.0	256				
30	Saint-Jean-Baptiste		1	15.9	25.4	7.6	8.4	554				
31	du Chêne	5	1		24.7	7.6	9.0	256				
32	Huron	3	2	21.5	18.5	8.4	7.8	981				
33	affluent Huron		10		22.1		7.2	153	< 0,02	40.2	0.23	73
34	affluent Bourret		5		26.2		7.6	246	< 0,02	18.3	0.30	30
35	Bras d'Édmond		6		23.0		7.4	264	0.09	29.7	0.38	46
36	affluent du Chêne		4		21.3		7.1	145	0.07	23.5	0.14	30
37	Henri		2		23.1		8.4	410				
38	Huron		3		21.3		8.2	445				
39	aux Ormes		1		18.1		8.5	414				

Annexe II. Les spectres écologiques proposés par Van Dam (1994) pour plus de 900 taxons

pH	Catégories	Intervalles de variations du pH	
1	Acidobionte	pH optimum	< 5,5
2	Acidophile	pH optimum	5,5 < pH < 7
3	Neutrophile	pH optimum	voisin de 7
4	Alcaliphile	pH optimum	> 7
5	Alcalibionte	pH exclusivement	> 7
6	Indifférent	optimum non défini	

Salinité des eaux		Cl^- (mg/l)	Salinité (‰)
1	Douces	< 100	< 0,2
2	Douces à légèrement saumâtres	< 500	< 0,9
3	Moyennement saumâtres	500 - 1000	0,9 - 1,8
4	Saumâtres	1000 - 5000	1,8 - 9,0

Saprobies (charge organique)		Saturation en oxygène (%)	DBO_5 (mg/l)
1	Oligosaprobe	> 85	< 2
2	Bêta-mésosaprobe	70 - 85	2 - 4
3	Alpha-mésosaprobe	25 - 70	4 - 13
4	Alpha-méso-polysaprobe	10 - 25	13 - 22
5	Polysaprobe	< 10	> 22

Statut trophique	
1	Oligotrophe
2	Oligo-mésotrophe
3	Mésotrophe
4	Méso-eutrophe
5	Eutrophe
6	Hypereutrophe
7	Indifférent

Aérophilie	
1	Aquatique strict
2	Aquatique ou subaérien
3	Subaérien (suintements)
4	Aérophile supportant des assèchements
5	Terrestre