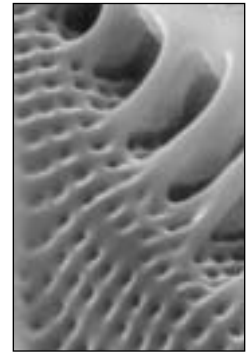


Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC)

Suivi de 10 cours d'eau en milieu agricole à l'aide de l'indice IDEC



Rapport d'étape déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs dans le cadre du *Plan d'action concerté sur l'agroenvironnement et la cohabitation harmonieuse*.

Stéphane Campeau Ph.D.
Yann Boissonneault M.Sc.

Mars 2009

Résumé

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 d'excellent indicateur de la qualité de l'eau et du niveau d'**eutrophisation** des cours d'eau.

L'Indice Diatomées de l'Est du Canada (**IDEC**) permet d'évaluer l'état écologique 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.

Dans le cadre du *Plan d'action concerté sur l'agroenvironnement et la cohabitation harmonieuse*, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs a mandaté le Laboratoire de recherche sur les bassins versants de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour effectuer le **suivi de 10 cours d'eau en milieu agricole** à l'aide de l'Indice IDEC. Le suivi a pour objectif d'évaluer la qualité de l'eau et l'état écologique des cours d'eau avant leur restauration. Le suivi sera éventuellement renouvelé suite aux travaux de restauration des bassins versants pour mesurer les progrès réalisés.

Les échantillons d'algues furent prélevés entre le 20 septembre et le 6 octobre 2008. Sur les dix cours d'eau échantillonnés, huit font partie de la **classe D** de l'IDEC qui est associée à un **état écologique très altéré** (valeurs inférieures à 32 sur 100). Les communautés de diatomées de ces **cours d'eau 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 élevées au cours des semaines précédant l'échantillonnage. Le ruisseau **Bibeau** et les rivières **Chacoura** et de **l'Esturgeon** sont les cours d'eau les plus dégradés.

Les deux autres cours d'eau font partie de la **classe C** de l'IDEC qui est associée à un **état écologique altéré**, soit la rivière **Le Bras** (33 sur 100) et le ruisseau **Brook** (50 sur 100). Cette classe regroupe les **cours d'eau méso-eutrophes** qui ont connu, au cours des semaines précédant l'échantillonnage des diatomées, des épisodes fréquents où les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient élevées.

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. Les efforts de restauration nécessaires pour atteindre cet objectif seront variables d'un bassin versant à l'autre. Le ruisseau **Brook** est, par exemple, le moins altéré parmi les 10 cours d'eau échantillonnés. Il est réaliste que le cours d'eau puisse passer de la classe C à la classe B. Des efforts de restauration plus importants seront par contre nécessaires dans le cas du ruisseau **Bibeau** et des rivières **Chacoura** et de **l'Esturgeon** pour que ces cours d'eau puissent passer de la classe D à la classe C. À long terme, l'objectif visé devrait être d'atteindre la classe B pour l'ensemble des cours d'eau.

Ces objectifs ne seront atteints que si la qualité de l'eau s'améliore de façon substantielle. **En milieu agricole, une meilleure gestion des intrants et un meilleur contrôle du ruissellement et de l'érosion des sols seront incontournables.**

Méthodologie

Les échantillons furent prélevés entre le 20 septembre et le 6 octobre 2008 aux stations dont les coordonnées furent transmises par le MDDEP (Tableau 1). Lorsque la localisation ou l'accès des stations étaient problématiques, les coordonnateurs des projets furent contactés pour obtenir plus de précisions. Les échantillons furent prélevés :

- de préférence dans un tronçon d'**eau vive** afin d'éviter de prélever une grande quantité de matériel sédimenté, de diatomées mortes et de diatomées d'origine planctonique;
- de préférence sur un site **ensoleillé**;
- en **amont des ponts**;
- 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 (biofilm) 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 de part et d'autre des cours d'eau 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 (4°C) et dans l'obscurité jusqu'au moment du traitement en laboratoire.



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

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).

L'IDEC alcalin fut calculé selon les recommandations de Lavoie et al. (2006) et de Grenier et al. (2006, 2009a, b). Les comptages furent saisis dans un fichier *MS Excel* permettant le calcul de l'IDEC.

Résultats

La valeur et la cote de l'IDEC pour chacun des cours d'eau sont présentées au Tableau 1, ainsi que leur état écologique et leur statut trophique. Sur les dix cours d'eau échantillonnés, huit affichent des valeurs inférieures à 32 sur 100. Ces cours d'eau font partie de la **classe D** qui est associée à un **état écologique très altéré**. Les communautés de diatomées de ces **cours d'eau 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 élevées au cours des semaines précédant l'échantillonnage. Le ruisseau **Bibeau** et les rivières **Chacoura** et de **l'Esturgeon** sont les cours d'eau les plus dégradés.

Le Tableau 2 présente les **taxons les plus communs** dans les 10 communautés échantillonnées. Les taxons dominants dans les **huit cours d'eau eutrophes** sont *Melosira varians*, *Navicula gregaria*, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia palea* et *Surirella brebissonii*. Ces taxons sont communs dans les cours d'eau eutrophes ayant une turbidité élevée et une charge en nutriments et en matières organiques élevées (Grenier, 2005; Hofmann, 1994; Van Dam et al., 1994).

Les deux autres cours d'eau font partie de la **classe C** de l'IDEC qui est associée à un **état écologique altéré**, soit la rivière **Le Bras** (33 sur 100) et le ruisseau **Brook** (50 sur 100). Cette classe regroupe les **cours d'eau méso-eutrophes** qui ont connu, au cours des semaines précédant l'échantillonnage des diatomées, des épisodes fréquents où les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient élevées. La rivière Le Bras est à la limite entre la classe C et D,

alors que le ruisseau Brook est à la limite supérieure de la classe C.

La communauté de la rivière Le Bras est co-dominée par *Navicula tripunctata* qui est moins tolérante aux charges en matières organiques que les taxons précédents (Hofmann, 1994; Van Dam et al., 1994). La communauté du ruisseau Brook est quant à elle dominée par *Nitzschia dissipata* qui est commun dans les conditions méso-eutrophes (Grenier, 2005; Van Dam et al., 1994). Cette communauté est également co-dominée par *Achnanthes minutissima* qui est présent dans un large éventail de conditions mais est particulièrement abondant en milieu oligotrophe et mésotrophe.

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 qui accompagne ce rapport (Campeau et al., 2009).

Le suivi des programmes de restauration des cours d'eau

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. Afin que le suivi soit valide, il est souhaitable de tenir compte, entre autres, de la **variabilité inter-annuelle**. Dans le cadre du *Plan d'action concerté sur l'agroenvironnement et la cohabitation harmonieuse*, un **deuxième échantillonnage sera réalisé en 2009** afin de tenir compte de la variabilité inter-annuelle. L'opération pourra être répétée quelques années après les interventions de restauration afin de mesurer les progrès réalisés.

Tableau 1. Valeur et cote de l'**IDEC alcalin**, état écologique et statut trophique des 10 cours d'eau en 2008. L'interprétation des classes de l'**IDEC alcalin** est présentée au Tableau 3. 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 la classe B pour l'ensemble des cours d'eau.

No station	Cours d'eau	Latitude	Longitude	Date	IDEC sur 100	Cote (A à D)	État écologique	Statut trophique	Objectif de restauration
02200022	Ruisseau Levasseur	48,4228389	-68,5501250	20/09/2008	26	D	Très altéré	Eutrophe	46 ± 5 (C)
02330050	Rivière Le Bras	46,5643040	-71,1104250	20/09/2008	33	C	Altéré	Méso-eutrophe	55 ± 5 (B)
03020065	Ruisseau Brook	45,1898830	-72,0019860	04/10/2008	50	C	Altéré	Méso-eutrophe	70 ± 5 (B)
03030110	Rivière à la Barbue	45,4059833	-72,9478278	04/10/2008	24	D	Très altéré	Eutrophe	44 ± 5 (C)
03090018	Rivière de l'Esturgeon	45,2570889	-73,7730944	04/10/2008	6	D	Très altéré	Eutrophe	32 ± 5 (C)
04310084	Ruisseau Rousse	45,4933790	-74,0428240	04/10/2008	13	D	Très altéré	Eutrophe	33 ± 5 (C)
05050100	Rivière La Chevrotière	46,6274220	-71,9882020	20/09/2008	19	D	Très altéré	Eutrophe	39 ± 5 (C)
05240014	Ruisseau Bibeau	46,0983333	-73,2861111	06/10/2008	0	D	Très altéré	Eutrophe	32 ± 5 (C)
05280053	Rivière Chacoura	46,2781639	-72,9215250	06/10/2008	8	D	Très altéré	Eutrophe	32 ± 5 (C)
06200004	Ruisseau Rouge	48,8195556	-72,4426750	27/09/2008	20	D	Très altéré	Eutrophe	40 ± 5 (C)

Tableau 2. Les taxons les plus communs (nombre de valves) dans les 10 cours d'eau échantillonnés. Les taxons en caractères gras sont mentionnés dans le texte. Le nom du cours d'eau correspondant à chaque code est indiqué au Tableau 1. Les comptages complets sont disponibles sur demande.

Taxons	Code	2200022	5240014	5280053	6200004	3030110	5050100	3090018	2330050	3020065	4310084
<i>Achnanthes minutissima</i>	ADMI	34		6	3				4	87	12
<i>Amphora pediculus</i>	APED		2			9			9	17	
<i>Diatoma vulgare</i>	DVUL	10							11	1	
<i>Encyonema lange-bertalotii</i>	ENLB		6			6	11		8	13	
<i>Encyonema silesiacum</i>	ESLE		1			5			15	7	
<i>Fragilaria capucina</i> f.5	FCAPF5								16		
<i>Melosira varians</i>	MVAR	67	43	4		5	102	16	80	1	1
<i>Navicula capitatoradiata</i>	NCPR					28	1	14	46	7	3
<i>Navicula cryptotenella</i>	NCTE		2	9	2	17			4	3	37
<i>Nitzschia dissipata</i>	NDIS	8		1	182	49	46		3	201	
<i>Nitzschia fonticola</i>	NFON			14	1			20	5		2
<i>Navicula gregaria</i>	NGRE	41	147	56	57	169	23	17	16	2	24
<i>Nitzschia archibaldii</i>	NIAR	5	2	2	8		8	27		2	1
<i>Nitzschia inconspicua</i>	NINC	50	6	3	4			61			
<i>Navicula lanceolata</i>	NLAN		76	20	45	14	79		2		54
<i>Nitzschia palea</i> var <i>debilis</i>	NPAD		15	21	1		4	24	10		
<i>Nitzschia palea</i>	NPAL	4	1	22	3	7	5	18	9		6
<i>Navicula reichardtiana</i>	NRCH	25						12	5	1	20
<i>Navicula rostellata</i>	NROS		6	46				3		4	
<i>Navicula tripunctata</i>	NTPT	3				24			79	10	14
<i>Reimera sinuata</i>	RSIN	25		2					2	3	
<i>Surirella brebissonii</i>	SBRE	4	18	5				11	1		86
Autres taxons		112	72	190	93	91	165	176	82	61	137
IDEC		26	0	8	20	24	19	6	33	50	13
Nombre total de valve		388	397	401	399	424	444	399	407	420	397
Nombre de taxons		24	30	41	33	30	28	45	40	24	45

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

État écologique	IDEC	Statut trophique et interprétation	Les classes de quelques cours d'eau au Québec entre 2002 et 2003 am (amont) – av (aval)
État de référence	100-76 A	Milieu oligotrophe La communauté de diatomées correspond aux conditions de référence (non polluées). Il s'agit de la communauté type spécifique aux conditions alcalines. Il n'y a pas ou très peu d'altérations d'origine humaine. Les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient très faibles au cours des semaines précédentes. Les concentrations en phosphore étaient inférieures à 0,03 mg/L.	Au Saumon (am) Saint-François (am) Trout (am) Yamaska Sud-Est (am)
Légèrement altéré	55-75 B	Milieu méso-oligotrophe Le passage de la première classe à la deuxième marque le premier niveau d'altération. La composition de la communauté de diatomées diffère modérément de la communauté de référence. Les valeurs montrent des signes modérés d'altération résultant de l'activité humaine. Il y eut, au cours des semaines précédentes, des épisodes où les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient élevées.	Bécancour (av) Des Anglais (av) Magog Massawippi (av)
Altéré	32-54 C	Milieu méso-eutrophe La communauté de diatomées est altérée par l'activité humaine. Les espèces sensibles à la pollution sont rares ou absentes. Il y eut, au cours des semaines précédentes, des épisodes fréquents où les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient élevées.	Beaurivage (av) Chateauguay (av) Des Pins (av) Nicolet (av) Saint-François (av) Yamaska Sud-Est (av)
Très altéré	0-31 D	Milieu eutrophe 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 composée d'espèces tolérantes à la pollution. Les concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques étaient constamment élevées au cours des semaines précédentes.	Aux Perles (av) Bayonne (av) Bras d'Henri De l'Achigan (av) Des Hurons (av) Fouquette La Chaloupe (av) Mascouche (av) Ruisseau Saint-Pierre Ruisseau Saint-Esprit Ruisseau Vacher

Lavoie et al. (2006) et Grenier et al. (2006, 2009a, b)

Les variations de l'IDEC de 5 points et moins ne sont pas significatives en milieu naturel (Lacoursière et al., 2009). Les variations de 5 points et moins sont associées 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. On doit donc tenir compte de cette source de variabilité dans l'interprétation des résultats. D'un point de vue pratique, seules les variations dans les valeurs de l'IDEC de **plus de 5 points** peuvent être attribuées à une amélioration ou une détérioration de la qualité de l'eau.

Il faut 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.

Les classes de l'IDEC ont en effet été délimitées à partir de **seuils écologiques** (Grenier et al., 2009b). Le passage d'une classe à l'autre signifie que des changements importants se sont produits dans l'écosystème qui ont eu pour effet de modifier en profondeur la communauté de diatomées. Ainsi, 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 ou municipales) 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.

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 1). Les efforts de restauration nécessaires pour atteindre cet objectif seront variables d'un bassin à l'autre. Le ruisseau **Brook** est, par exemple, le moins altéré parmi les 10 cours d'eau échantillonnés. Il se situe à la limite supérieure de la classe C. Il est dans ce cas réaliste que le cours d'eau puisse atteindre la classe B. Le ruisseau **Bibeau** et les rivières **Chacoura** et de **l'Esturgeon** sont par contre à la limite inférieure de la classe D. Un effort de restauration important sera nécessaire pour que ces cours d'eau puissent passer à la classe C.

À long terme, l'objectif visé devrait être d'atteindre au moins la classe B pour l'ensemble des cours d'eau.

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 doit être atteint à 100 % 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, 2008, 2006a, b, 2005; Tellier et al., 2007; Lavoie et al., 2006). 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 (Tellier et al., 2007).

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⁻¹ au Québec (Lavoie et al., 2006), alors que la norme suggérée par le MDDEP est de 30 µg L⁻¹. Dans certains cours d'eau, les concentrations dépassent même les 500 µg L⁻¹. Une amélioration de l'état écologique et du statut trophique des cours d'eau ne sera observable que si des mesures énergiques sont mises en œuvre pour réduire 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 Intégrée 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. 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., 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.

- Grenier, M. (2005). **Détermination des communautés phytobenthiques de référence et des objectifs de restauration des rivières du Québec.** Mémoire de maîtrise en Sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 171 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., Lek, S., Rodriguez, M.A., Rousseau, A.N., et Campeau, S. (2009a). **Predicting diatom reference biotypes in Québec (Canada) streams using classification trees, Random Forest and neural networks.** Soumis pour publication à la revue *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Grenier, M., Lavoie, I., Rousseau, A.N. et Campeau, S. (2009b). **Defining meaningful ecological thresholds to determine class boundaries in bioassessment tools.** En préparation.
- Hofmann, G. (1994). **Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie.** *Bibliotheca Diatomologica* 30, Cramer, Berlin, 241 pp.
- Lacoursière, S., Lavoie, I., Rodriguez, M.A. et Campeau, S. **Modeling the response time of diatom assemblages to simulated water quality improvement and degradation in running waters.** Soumis pour publication à la revue *Freshwater Biology*.
- Lavoie, I., Campeau, S., Grenier, M. et Dillon, P. (2006). **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., 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).
- 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.
- 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., 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.

Citation :

Campeau, S. et Boissonneault, Y., 2009. **Suivi de 10 cours d'eau en milieu agricole à l'aide de l'indice IDEC.** Rapport d'étape déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs dans le cadre du *Plan d'action concerté sur l'agroenvironnement et la cohabitation harmonieuse*. Université du Québec à Trois-Rivières, mars 2009, 10 p.

Stéphane Campeau, Ph.D.
Yann Boissonneault, M.Sc.

Laboratoire de recherche sur les bassins versants
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