

Eutrophisation rapide du lac Saint-Augustin, Québec : étude paléolimnologique pour une reconstitution de la qualité de l'eau

Karine Roberge, Reinhard Pienitz et Sylvain Arsenault

Introduction

Cet article présente une première étude paléolimnologique de l'histoire de la qualité de l'eau du lac Saint-Augustin, situé dorénavant dans l'arrondissement 8 de la nouvelle ville de Québec. Depuis quelques années, le lac connaît une détérioration rapide de la qualité de ses eaux, à un point tel que la baignade y est interdite entre les mois de juillet et de septembre, étant donné une prolifération massive de cyanobactéries pendant cette période. Le lac progresse vers un état d'eutrophisation extrême, causé par un enrichissement important en nutriments (azote, phosphore) de son eau. Cela entraîne une importante floraison d'algues microscopiques (telles que les cyanobactéries) à des concentrations variant de 57 à 63 $\mu\text{g Chla L}^{-1}$ (Arsenault, 1999). De plus, les rejets d'eaux usées entraînent, à certains endroits, la contamination de l'eau par des coliformes fécaux, surtout après de fortes pluies.

Devant cette menace de dégradation de l'eau d'un lac d'une grande importance comme lieu de villégiature et de loisirs, la municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures a mis sur pied, avec plusieurs partenaires, le projet « La Grande Corvée ». Celui-ci vise la protection, la restauration et la mise en valeur du lac Saint-Augustin et de son bassin versant. Par contre, dans un projet de cette envergure visant le retour de l'eau à des conditions plus saines et une augmentation de la biodiversité, il est important de connaître l'évolution et la variabilité naturelle de cet écosystème aquatique.

La paléolimnologie est une science multidisciplinaire qui étudie l'information biologique, chimique et physique préservée dans les sédiments qui s'accumulent au fond des lacs. Elle s'avère une approche importante pour les études de reconstitution de changements environnementaux à la fois naturels et anthropiques, tels les changements climatiques, les changements de niveaux marins, l'eutrophisation et l'acidification des lacs, l'influence de la pollution sur les organismes, etc. De l'ensemble des composés biologiques préservés dans les sédiments lacustres, les algues siliceuses (diatomées, chrysophycées), les larves d'insectes aquatiques (chironomides) et les microcrustacés (cladocères et copépodes) représentent les bio-indicateurs les plus importants.

L'étude paléolimnologique par l'analyse des diatomées fossiles (algues unicellulaires siliceuses de la classe des Bacillariophycées) est un moyen efficace de faire une reconstitution de la qualité de l'eau d'un lac à travers le temps. Des travaux utilisant les diatomées comme indicateurs d'états trophiques ont été réalisés sur de nombreux lacs de l'Amérique du Nord et de l'Europe (e. g., Anderson *et al.*, 1990; Bennion *et al.*, 1995; Karst et Smol, 1998; Lotter, 1998; Hall et Smol, 1999; Wessels *et al.*, 1999; Tremblay *et al.*, 2001). D'autres études ont porté sur l'histoire de l'enrichissement en nutriments des eaux des Grands Lacs nord-américains, notamment le lac Ontario (Schelske, 1990). Le but principal de cette recherche est de déterminer les causes de la détérioration de la qualité de l'eau du lac Saint-Augustin, en analysant les changements dans la composition des assemblages de diatomées fossiles préservées dans les sédiments du fond du lac. Les objectifs sont 1) connaître le milieu naturel du lac qui prévalait avant l'occupation humaine du territoire (le lac était-il oligotrophe [faible productivité], mésotrophe [état intermédiaire] ou eutrophe [forte productivité] ?) et 2) identifier, par datation avec l'isotope plomb 210 (^{210}Pb), les périodes qui montrent un changement profond dans la qualité de l'eau. Ces données paléolimnologiques, en association avec les données sur la chronologie des événements historiques survenus dans le bassin versant, serviront à documenter l'histoire trophique du lac en vue d'une gestion efficace de cet écosystème.

Site d'étude

Le lac Saint-Augustin (lat. 46° 42' N, long. 71° 22' O) est situé dans l'arrondissement 8, en banlieue ouest de la ville de Québec (anciennement Saint-Augustin-de-Desmaures), sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent (figure 1). Le lac a une longueur maximale de 2,1 km et une largeur maximale de 300 m (MRN, 1979). Le bassin versant du lac couvre une

Karine Roberge est étudiante au 2^e cycle en sciences géographiques (Laboratoire de paléolimnologie-paléoécologie, Centre d'études nordiques, Université Laval). Reinhard Pienitz est professeur au Département de géographie de l'Université Laval (Laboratoire de paléolimnologie-paléoécologie, Centre d'études nordiques, Université Laval). Sylvain Arsenault est biologiste spécialisé dans la gestion des eaux de surface chez EXXEP Environnement.

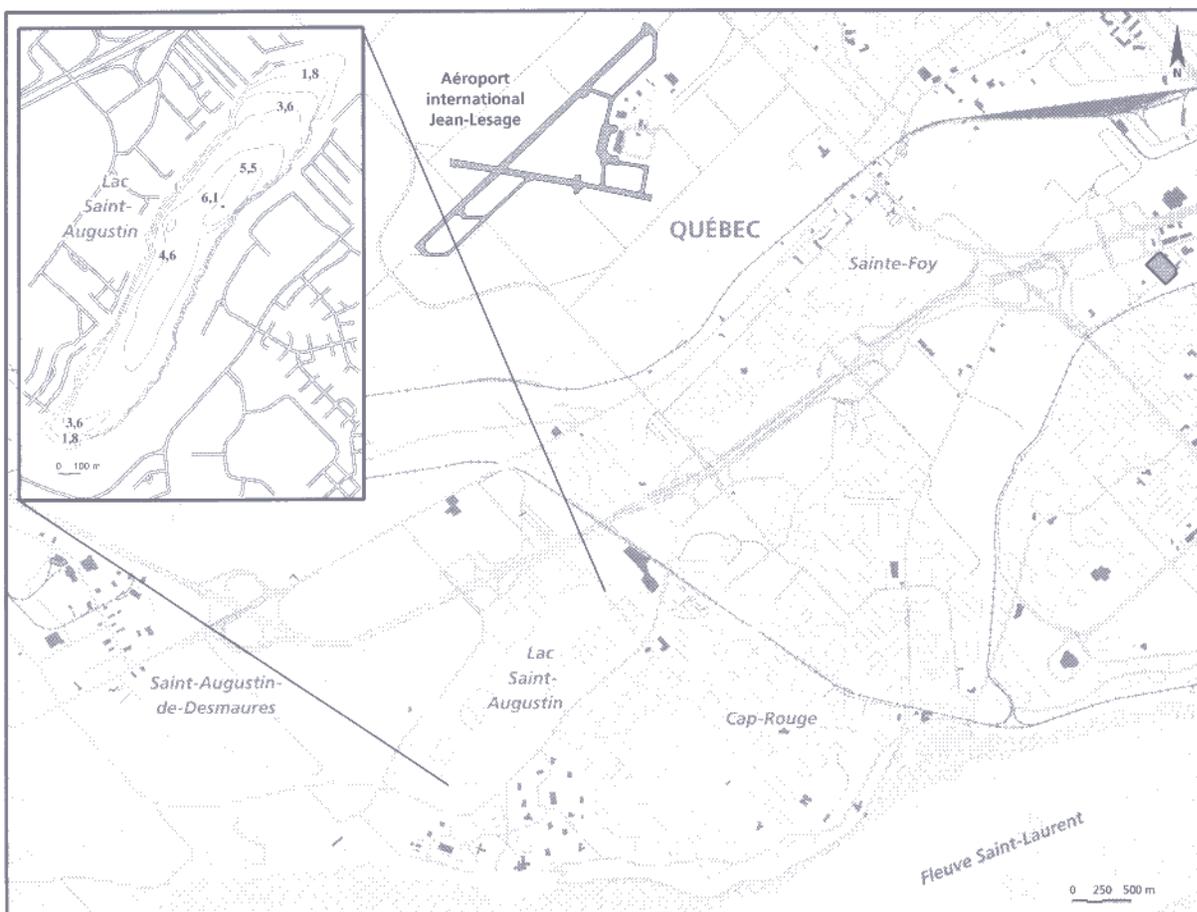


Figure 1. Bathymétrie (isolignes en mètres) et localisation du lac Saint-Augustin (source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et ministère des Richesses Naturelles)

superficie d'environ 7,6 km², dont 8,8 % est occupé par le lac, soit 0,7 km² (Aubin, 1979). La profondeur moyenne du plan d'eau est de 3,5 m avec une profondeur maximale de 6,1 m (figure 1). Le lac est alimenté principalement par des sources souterraines et un réseau de drainage intermittent. La décharge du lac Saint-Augustin est tributaire du fleuve Saint-Laurent.

Histoire du lac Saint-Augustin

Développement de la municipalité

Depuis la fin du XVIII^e siècle, l'élevage et l'agriculture sont des activités d'une très grande importance autour du lac Saint-Augustin. Les photos aériennes de 1937 et de 1953 montrent les grandes surfaces occupées par les terres agricoles à cette époque (figures 2 et 3). Bien que toujours présentes aujourd'hui, les activités agricoles sont moins importantes. En 1987, la photo aérienne documente une légère diminution des superficies occupées par les terres agricoles, une diminution des zones boisées et une nette augmentation de l'urbanisation dans le bassin versant (figure 4).

La population de l'ancienne municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures, depuis le début de la colonisation jusqu'aux années 1950, s'est accrue à un rythme relativement lent. Avec seulement 2 000 habitants en 1956, cette popula-

tion se multiplie au cours des 30 années suivantes. Ce furent les années 1960-1970 qui marquèrent un point tournant dans le développement de la municipalité. L'évolution de l'urbanisation autour du lac Saint-Augustin, documentée à partir des photos aériennes des années 1937, 1953 et 1987, montre que les nombreuses résidences sises sur les berges du lac n'étaient que des résidences d'été, des chalets, et des lieux de villégiature jusqu'aux années 1970. Mais depuis ce temps, elles sont devenues des résidences permanentes, occupées toute l'année. La construction de l'autoroute Félix-Leclerc, en 1977, a facilité les déplacements entre la banlieue et la ville de Québec. La venue de cet axe routier coïncide avec l'explosion démographique qu'a connue la municipalité à la fin des années 1970.

Situation actuelle (données limnologiques)

Les premières études sur la qualité de l'eau du lac Saint-Augustin, en 1968, montrent que la concentration en phosphore total (PT) dépassait déjà le seuil de 10 µg l⁻¹. En 1978, les échantillons d'eau démontraient une contamination comparable à celle de 1968. Depuis ce temps, les concentrations ne cessent d'augmenter. Par exemple, en 2000, la concentration en PT était de 73 µg l⁻¹. Au printemps 2001,

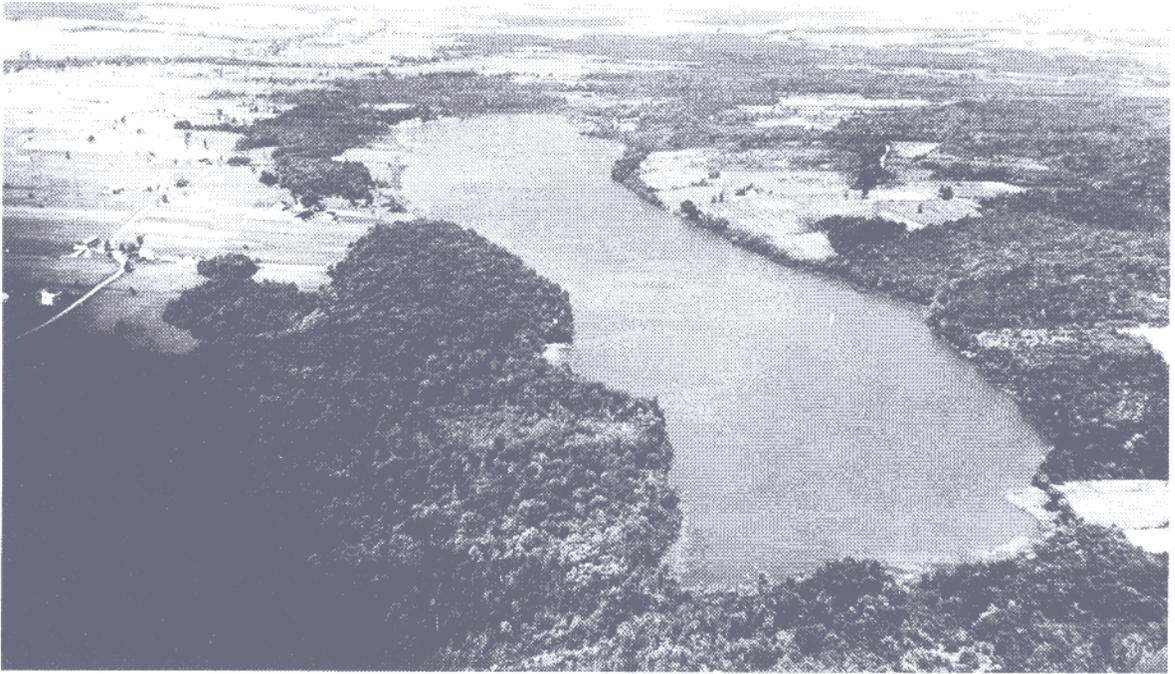


Figure 2. Occupation du sol autour du lac Saint-Augustin en 1937
 (source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources)



Figure 3. Occupation du sol autour du lac Saint-Augustin en 1953
 (source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources)



Figure 4. Occupation du sol autour du lac Saint-Augustin en 1987
(source : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources)

cette concentration était de $40 \mu\text{g l}^{-1}$ et à l'été 2001, $70 \mu\text{g l}^{-1}$ (Projet La Grande Corvée, données non publiées). Au cours de cette même période, les résultats pour la chlorophylle fluctuaient entre 6,7 et $62,4 \mu\text{g Chl a l}^{-1}$.

De plus, à certains endroits, des quantités importantes de coliformes fécaux sont présentes dans l'eau du lac. Bien que le lac n'abrite pas de plages publiques, il est tout de même utilisé pour la baignade et pour d'autres activités sportives par les résidents. Après de fortes pluies, les concentrations peuvent dépasser 1 000 unités formatrices de colonies (UFC) par 100 ml d'eau, alors qu'en période d'étiage, elles se situent entre 0 et 50 UFC/100 ml d'eau (Projet La Grande Corvée, données non publiées). Ainsi, il arrive que la norme du ministère de l'Environnement du Québec, fixée à 200 UFC/100 ml d'eau, ne permette pas les activités aquatiques.

Sources de pollution

Jusqu'en 1989, certains secteurs habités autour du lac ne bénéficiaient d'aucun service municipal d'égout et d'aqueduc. Ces services ont été implantés seulement dans la partie est du lac. Les égouts domestiques constituent encore un problème majeur pour la qualité de l'eau du lac Saint-Augustin. De plus, les eaux provenant de la fonte de la neige sur l'autoroute Félix-Leclerc entraînent, au fil des années, le ruissellement d'huiles, de graisses, de sels et de métaux lourds

dans le lac et favorisent sa contamination. Les engrais et les pesticides, utilisés dans le cadre d'activités résidentielles et agricoles, sont aussi une source potentiellement importante de pollution. Au Canada, en l'an 2000, les ventes de pesticides

Les diatomées sont des algues unicellulaires dont les parois sont composées de silice, leur permettant ainsi de se préserver dans les sédiments pendant de très longues périodes de temps. Elles sont écologiquement diversifiées et peuvent coloniser plusieurs habitats naturels (océans, lacs, rivières). Les diatomées sont caractérisées par leurs préférences écologiques spécifiques et leur rapidité à répondre aux changements environnementaux. La composition des assemblages de diatomées est fortement corrélée à plusieurs variables environnementales telles que l'acidité, la température, la salinité, les éléments nutritifs, etc.

s'élevaient à environ 1 MM\$, dont 5% pour le Québec, soit 50 M\$ (Juneau et Arsenault, 2002).

Méthodologie

Les sédiments de fond ont été prélevés dans la zone la plus profonde du lac, soit à environ 6,1 m (figure 1). L'échantillonnage a été effectué le 6 juin 2001, à l'aide d'un carottier de gravité (HTH Teknik, Luleå, Suède). La carotte, d'une

longueur de 31 cm, a été sous-échantillonnée sur la rive du lac à des intervalles de 0,5 cm (figure 5). Au laboratoire, le traitement des échantillons s'est fait avec un mélange de deux acides, nitrique et sulfurique, dans le but de détruire toute la matière organique et de conserver seulement les diatomées siliceuses. Pour la datation au ^{210}Pb , environ 1 g de sédiment des mêmes sous-échantillons a été séché dans un four, à 60 °C pendant 24 heures. Pour chacun des échantillons, quatre lamelles avec les diatomées ont été préparées, à des degrés de dilution différents. L'identification et le comptage des diatomées ont été effectués sur 18 échantillons, soit à tous les deux centimètres de la carotte. Au moins 500 valves de diatomées ont été comptées, à chaque niveau, pour obtenir une bonne représentativité des espèces. Les comptages ont été effectués à l'aide d'un microscope LEICA DMRB au Laboratoire de paléocéologie-paléolimnologie de l'Université Laval, à un grossissement de 1000X, sous l'huile à immersion. Les datations au ^{210}Pb des échantillons ont été effectuées au laboratoire du GEOTOP de l'Université du Québec à Montréal, à l'aide de la méthode alpha. Le modèle CRS (Constant Rate of Supply) a été utilisé pour transformer les données en âge (Binford, 1990).



Figure 5. Préparation pour le sous-échantillonnage de la carotte de sédiments, lac Saint-Augustin.

Résultats

Caractéristiques des sédiments de la carotte

La carotte de sédiments peut être divisée en deux parties, selon sa composition sédimentologique. D'abord, les 15 premiers centimètres (0 cm-15 cm) sont constitués d'une boue organique floculante (gyttja) brun olive avec des couches noires. Plusieurs espaces sont remplis d'air ou de gaz. Les 16 autres centimètres (16 cm-31 cm) sont composés de boue organique plus argileuse, plus fine et moins foncée que la partie supérieure. On a dénoté la présence de vers rouges, non seulement à la surface de la carotte, mais aussi jusqu'à environ 5 cm. Ces vers sont probablement du genre *Tubifex*

et ils sont caractéristiques d'une très forte pollution. De plus, de minces couches d'huile se trouvaient dans la carotte récupérée et une forte odeur se dégageait des sédiments.

Datation à l'isotope du plomb 210 (^{210}Pb)

Selon la datation au ^{210}Pb , la carotte de 31 cm prélevée au lac Saint-Augustin a près de 240 ans. Le tableau 1 indique la date correspondante pour chacun des échantillons analysés ainsi que le taux d'accumulation des sédiments par année. On constate que le taux de sédimentation dans le lac ne cesse de croître, depuis 1860 jusqu'à aujourd'hui, indiquant une hausse de la productivité de l'écosystème.

Pour la présente étude, les échantillons ont été analysés à tous les deux centimètres. Cet intervalle correspond à une résolution d'environ une dizaine d'années pour les profondeurs de 0 à 14 cm, d'une quinzaine d'années entre 14 et 16 cm et d'une vingtaine à une trentaine d'années pour les échantillons à des profondeurs entre 16 et 31 cm.

Tableau 1. Datation au ^{210}Pb de la carotte du Lac Saint-Augustin, selon le modèle CRS (Constant Rate of Supply)

Profondeur (cm)	Date moyenne de l'intervalle	Taux d'accumulation (g/cm ³ /an)
0 à 0,5	2001	0,0401
2 à 2,5	1998	0,0406
4 à 4,5	1992	0,0299
6 à 6,5	1984	0,0295
8 à 8,5	1973	0,0311
10 à 10,5	1962	0,0399
12 à 12,5	1950	0,0384
14 à 14,5	1938	0,0355
16 à 16,5	1923	0,0237
18 à 18,5	1904	0,0219
20 à 20,5	1881	0,0202
22 à 22,5	1859	0,0359
24 à 24,5	*1835	—
26 à 26,5	*1810	—
28 à 28,5	*1780	—
30 à 30,5	*1760	—

* Dates extrapolées représentant l'activité soutenue du ^{210}Pb

Assemblages des diatomées

Un total de 132 espèces de diatomées ont été trouvées dans les sédiments du lac Saint-Augustin (Annexe 1). De ce nombre, 48 espèces dominent, représentant au moins 1 % de l'assemblage pour au moins un niveau. Le diagramme démontrant l'abondance relative des diatomées pour chacun des niveaux indique des zones de changement important dans la composition des espèces (figure 6).

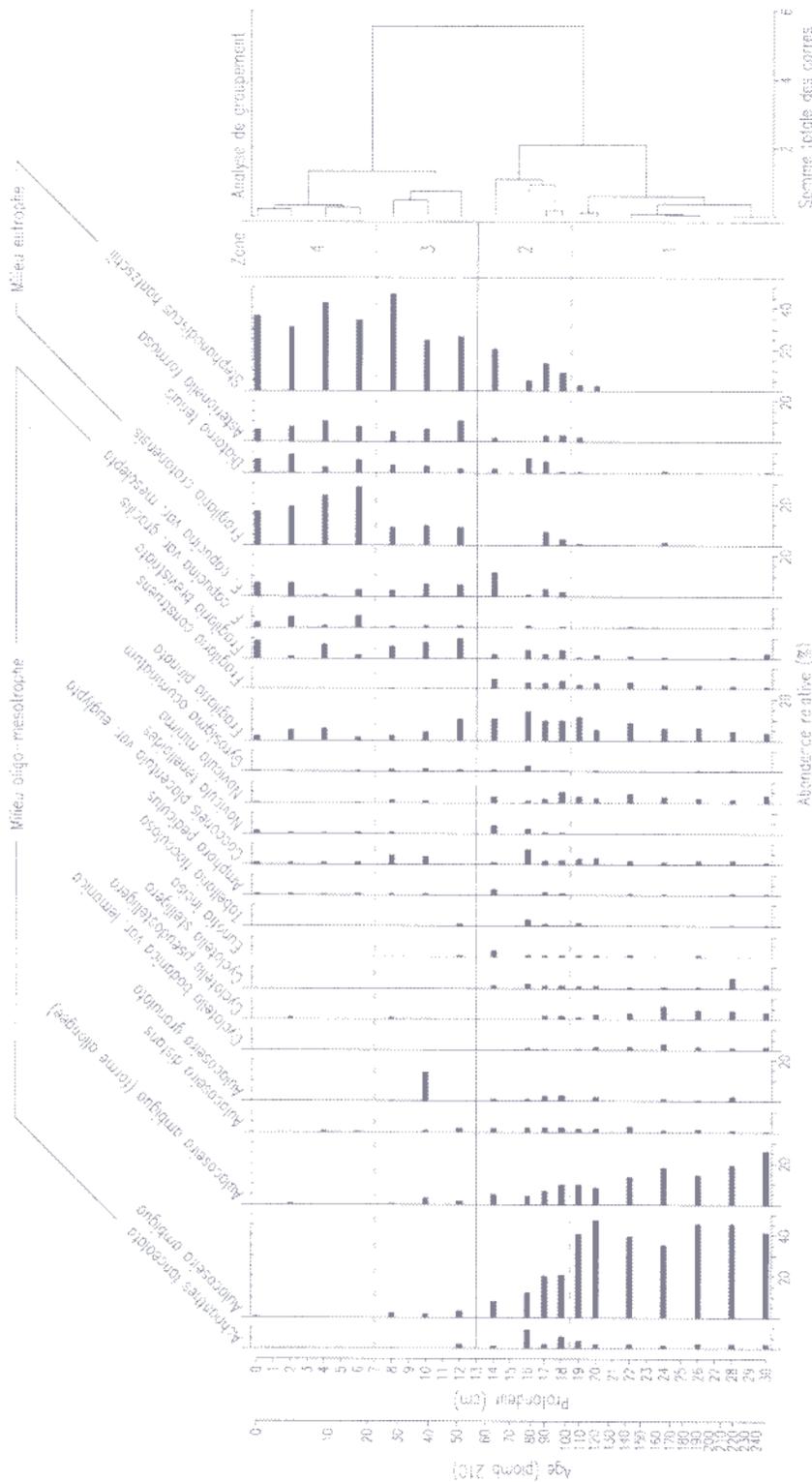


Figure 6. Assemblages de diatomées dans la carotte du lac Saint-Augustin

A. ambigua (f. allongée) avec une proportion allant jusqu'à 25 %. Ces espèces sont toutes caractéristiques des milieux oligo-mésotrophes (Krammer et Lange-Bertalot, 1986-1991).

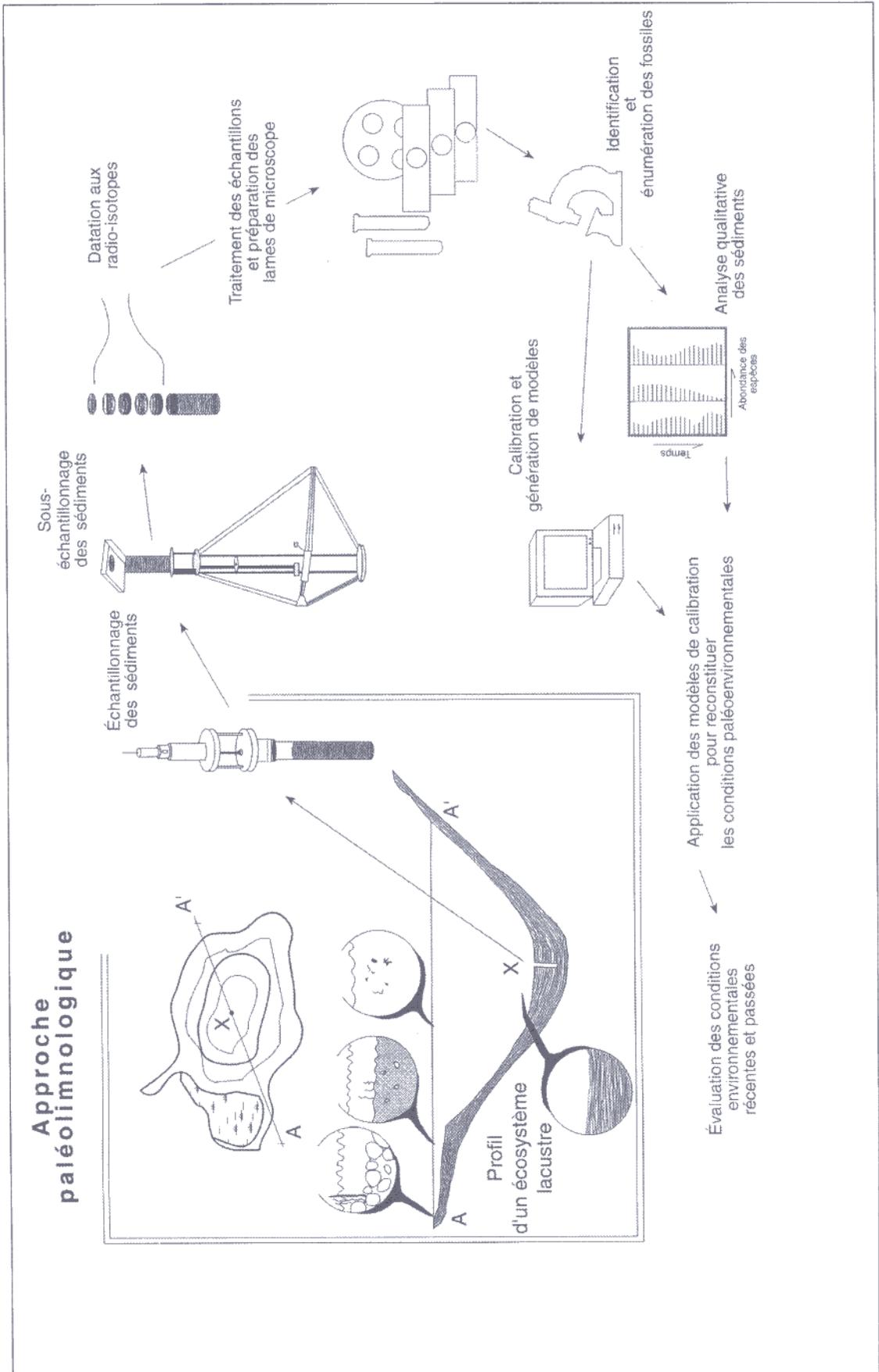
On trouve ces mêmes espèces dans la zone 2, en plus de plusieurs autres. On observe, entre autres, l'arrivée d'espèces planctoniques de milieux eutrophes, telles que *Fragilaria crotonensis* et *Asterionella formosa*. De plus, d'autres espèces de milieux productifs apparaissent, telles que *Fragilaria capucina* var. *gracilis*, *F. capucina* var. *mesolepta*, *Stephanodiscus hantzschii* et *Diatoma tenuis*. Deux espèces benthiques sont également importantes dans cette zone; il s'agit de *Fragilaria pinnata* et *F. brevistriata*. Les deux espèces d'*Aulacoseira*, que l'on trouve dans la zone 1, voient leur abondance relative diminuer significativement (25 % pour *A. ambigua* et 10 % pour *A. ambigua* f. allongée). Déjà dans les années 1920-1940, *Stephanodiscus hantzschii*, espèce indicatrice de forte pollution, occupait près de 20 % dans certains niveaux.

Le passage entre les zones 2 et 3 indique une diminution considérable des espèces que l'on trouvait dans la première zone. Les nouvelles espèces de la zone 2 prennent de plus en plus d'importance. La zone 3 est caractérisée par une augmentation importante de l'abondance relative de *Stephanodiscus hantzschii*, atteignant un maximum de 45 % en 1973. *Fragilaria crotonensis* et *Asterionella formosa* sont également très importantes dans cette zone.

Entre les zones 3 et 4, les espèces qui étaient présentes dans la première zone disparaissent. Les espèces de milieux eutrophes dominent dorénavant dans la zone 4, correspondant aux années 1980 jusqu'à aujourd'hui. *Stephanodiscus hantzschii*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa* et *Diatoma tenuis* sont les espèces qui dominent cette zone, avec des abondances relatives respectives d'environ 40 %, 25 %, 10 % et 10 %.

Certaines espèces se trouvent dans toute la colonne de sédiments, mais en plus faible abondance. Il s'agit, entre autres, de *Tabellaria flocculosa*, *Amphora pediculus*, *Navicula tenelloïdes*, *N. minima*, *Gyrosigma acuminatum* et *Fragilaria brevistriata*. *Fragilaria pinnata* est présente dans les 31 cm de la carotte avec une abondance relativement constante autour de 10 %.

La zone 1 est caractérisée par la présence de *Achnanthes lanceolata*, *Aulacoseira ambigua*, *A. ambigua* (f. allongée), *A. distans*, *Cyclotella pseudostelligera*, *C. bodanica* var. *lemnica*, *Fragilaria pinnata*, *F. construens*, *Navicula minima* et *Cocconeis placentula* var. *euglypta*. Les espèces qui dominent cette zone sont *Aulacoseira ambigua* avec une abondance supérieure à 40 % aux niveaux 28 cm, 26 cm et 20 cm et



La présence très importante de l'espèce *Stephanodiscus hantzschii*, dans les niveaux supérieurs de la carotte, en dit long sur l'état de l'écosystème. En effet, cette espèce est indicatrice de forte pollution (Krammer et Lange-Bertalot, 1986-1991). Le processus d'eutrophisation a pour conséquence de diminuer la diversité des espèces. L'indice de Shannon (diversité spécifique) révèle une augmentation de la diversité, de la base de la carotte jusqu'à 18-18,5 cm. Cette diversité relativement élevée à ce niveau (4,2), jusqu'à 16-16,5 cm, coïncide avec la cohabitation des espèces de milieux oligo-mésotrophes et celles des milieux eutrophes. À partir de 14-14,5 cm, la diversité spécifique diminue; cette zone correspond à la presque disparition des espèces oligo-mésotrophes et à la dominance des espèces typiques des milieux eutrophes. Le premier échantillon (0-0,5 cm) enregistre une diversité spécifique de 3,3.

Les sédiments du lac Saint-Augustin montrent aussi la présence d'un nombre assez important d'espèces de diatomées adaptées à un certain degré de salinité. Ces espèces sont, entre autres, *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria pulchella*, *Cymbella caespitosa* et *Actinocyclus normanii*. De plus, on dénote la présence d'espèces euryhalines telles que *Cocconeis placentula* var. *euglypta* et *Navicula phyllepta* (Germain, 1981).

Discussion

Dans la plupart des cas, les problèmes de qualité de l'eau des lacs sont causés par l'apport de nutriments provenant des activités anthropiques (Hall et Smol, 1999). Dans le cas du lac Saint-Augustin, les changements dans la composition des espèces de diatomées semblent correspondre également avec des événements liés à l'action de l'homme autour du lac et dans le bassin versant. Bien que les espèces de diatomées à la base de la carotte n'indiquent pas des conditions d'eutrophie, elles sont toutefois typiques de milieux oligo-à mésotrophes. Cela signifie donc que le lac était, en 1860, dans un stade intermédiaire de productivité. L'évolution du bassin versant à travers le temps, résultant de l'occupation du territoire, a contribué à modifier la qualité de l'eau du lac et à accélérer le processus d'eutrophisation.

Le diagramme représentant l'abondance relative des espèces de diatomées du lac Saint-Augustin ressemble énor-

mément à celui du lac Collins, dans le sud-est de l'Ontario. La carotte, subdivisée en trois zones, possède sensiblement la même succession quant aux espèces de diatomées, avec une dominance de *Aulacoseira ambigua* dans la zone 1, une diminution importante de cette espèce avec l'apparition de *Fragilaria crotonensis*, *F. construens* et *F. pinnata* caractérisant la zone 2 et, enfin, la dominance de *Stephanodiscus* spp. dans la zone 3 (Karst et Smol, 1998). Ces résultats indiquent que l'augmentation de la productivité du lac Collins est aussi attribuable aux activités anthropiques dans le bassin versant.

La première zone dans la carotte du lac Saint-Augustin, située entre 1760 et 1900, correspond au début des activités humaines autour du lac. Des activités telles que l'agriculture et l'élevage avaient lieu dans le bassin versant et au pourtour du lac, à cette époque. Des superficies importantes ont donc dû être déboisées. Le paysage subit alors une première transformation dans sa structure et une modification importante dans l'affectation des sols. Un changement est survenu, vers les années 1900-1905, avec une diminution des espèces diatomifères caractéristiques des milieux oligo-à mésotrophes. Il est difficile d'associer cette période à une activité particulière, mais elle pourrait correspondre à un déboisement visant l'extension de l'agriculture qui occupait, à ce moment, toute la partie nord du lac Saint-Augustin. Il s'agissait d'une activité très importante au début du siècle, qui a contribué à augmenter la productivité du lac. D'après l'étude de Karst et Smol (1998), le lac Collins aurait aussi connu une situation semblable pendant cette même période, par suite de la colonisation européenne.

Entre les années 1938-1950, un important changement est survenu dans la composition des espèces de diatomées. Les espèces typiques de milieux mésotrophes tendent à disparaître au profit des espèces de milieux eutrophes. L'espèce *Stephanodiscus hantzschii* fait son apparition pendant cette période. C'est une espèce que l'on trouve dans des milieux particulièrement productifs, voire même eutrophes (Anderson *et al.*, 1990; Karst et Smol, 1998; Lotter, 1998; Wessels *et al.*, 1999). Dans une étude paléolimnologique dans la région du lac Michigan, Fritz (1993) affirme que l'arrivée du genre *Stephanodiscus* est liée à une augmentation de la concentration en phosphore dans le lac. C'est à ce moment



caisse populaire
de trois-pistoles

PRÊT-AUTO
TAUX SPÉCIAL

POUR TOUS
VOS
BESOINS FINANCIERS

siège social
80, Notre-Dame Ouest
Trois-Pistoles (Québec)
G0L 4K0
Tél. : (418) 851-2173

EXEP
ENVIRONNEMENT

GESTION DES RESSOURCES - AMÉNAGEMENT - ÉCOLOGIE

4740, BOULEVARD WILFRID-HAMEL, BUREAU 120, QUÉBEC, QC, G1P 2J9
☎ 418.650.1801 Fax : 418.650.0493 Courriel : info@exxep.net

que débute la dégradation de l'eau du lac. Cette période d'après-guerre correspond avec le début de l'utilisation massive des fertilisants artificiels pour l'agriculture. Au Québec, les dépenses liées à l'achat d'engrais chimiques ne cessent de croître depuis la Seconde Guerre mondiale. En effet, en 1938, deux millions de dollars sont dépensés pour l'achat de tels produits (Gouvernement du Québec, 1948). Cette somme, en 1953, a quadruplé, atteignant plus de huit millions de dollars (Gouvernement du Québec, 1954). Les agriculteurs de la région du lac Saint-Augustin ont probablement suivi cette tendance à faire une utilisation de plus en plus importante des engrais dans le but d'obtenir un meilleur rendement des cultures. Les dépenses liées aux achats d'engrais se sont accrues au même moment, en Europe. En effet, Anderson (1997) a également constaté une hausse importante du taux de phosphore, dans un lac d'Irlande du Nord, attribuable au début de l'utilisation des engrais dans la période d'après-guerre. L'utilisation grandissante des engrais, pendant les années 1938-1950, a eu un impact négatif important sur l'eau du lac. Dans plusieurs autres études paléolimnologiques similaires, il a été démontré que l'intensification de l'agriculture a eu des effets néfastes sur les écosystèmes lacustres (Karst et Smol, 1998; Hall et Smol, 1999).

Bien qu'il y ait encore peu de gens établis dans la municipalité à cette époque (environ 2000 habitants), l'urbanisation commence. Les gens s'installent autour du lac, dans des chalets qui deviendront des résidences permanentes vers la fin des années 1960, début 1970. En 1937, on peut constater la quasi inexistence de chalets autour du lac (figure 2). Par contre, sur la photo aérienne de 1953, l'urbanisation gagne le nord-ouest et le nord-est du lac (figure 3). Une évolution importante de la construction résidentielle se produit donc dans ces années. À cette époque, les maisons ne sont pas toutes munies de fosses septiques fonctionnelles; les eaux usées sont donc directement versées dans le lac. La situation ne fait que se détériorer depuis, puisqu'il faudra attendre près de 30 ans avant que des inspections ne soient effectuées pour régler le problème des eaux sanitaires.

Un autre changement important se produit entre les années 1973 et 1984. Les diatomées trouvées à cette période sont maintenant toutes caractéristiques de milieux eutrophes. L'espèce *Stephanodiscus hantzschii* domine largement cette séquence. Cette période correspond prin-

cipalement à la construction de l'autoroute Félix-Leclerc, en 1977. Lors de la fonte des neiges, les eaux s'écoulent dans le lac, entraînant ainsi une grande quantité de sel de déglacage utilisé pour l'entretien des routes pendant l'hiver. La construction de cet axe routier et les conséquences qu'elle entraîne pourraient avoir engendré la disparition totale d'espèces caractéristiques de milieux mésotrophes et une hausse très importante d'espèces typiques de milieux eutrophes et légèrement salés. La présence grandissante de nombreuses espèces halophiles, typiques des eaux riches en électrolytes, pourrait avoir un lien direct avec l'apport en sel depuis la construction de l'autoroute.

Conclusion

Les activités anthropiques à l'échelle du bassin versant du lac Saint-Augustin ont provoqué un changement majeur dans la qualité de l'eau. En effet, l'utilisation croissante d'engrais pour l'agriculture, à partir des années 1940, l'urbanisation au pourtour du lac et la déforestation ont entraîné une très forte productivité dans les eaux du lac et accéléré le processus d'eutrophisation. Les assemblages de diatomées fossiles, depuis plus de 240 ans, démontrent une très grande variation dans leur composition. Les espèces de milieux oligo- à mésotrophes dominaient jusque dans les années 1940, quand elles ont commencé à céder la place aux espèces typiques des milieux eutrophes. À partir des années 1950, les espèces caractéristiques de milieux eutrophes dominent les assemblages de diatomées. Les résultats démontrent donc que le lac, avant les modifications anthropiques, était moins productif qu'aujourd'hui.

En connaissant mieux l'histoire et les causes de la dégradation de cet écosystème lacustre, il sera dorénavant possible de proposer des mesures concrètes pour faciliter la restauration de cette infrastructure écologique d'une grande valeur patrimoniale. Pour ce faire, le Comité de restauration devra envisager une réduction des nutriments dans le lac, afin de diminuer sa productivité. Ce travail passe par une meilleure gestion des eaux sanitaires des résidences isolées et un meilleur contrôle des débordements du réseau sanitaire dans le réseau pluvial. De plus, un programme de communication et d'éducation relatif à l'environnement devra être instauré auprès de la population concernée, afin de réduire voire d'interdire l'usage des engrais et des

OPTION
aménagement

ENVIRONNEMENT • PAYSAGE

219, rue Saint-Vallier Est
Québec (Québec) G1K 3P2
Téléphone : (418) 640-0519
Télécopieur : (418) 522-4432
Courriel : optam@globetrotter.net



J. Denis Roy, ll. b.

NOTAIRE ET CONSEILLER JURIDIQUE

TÉLÉPHONE : 661-8014
TÉLÉCOPIEUR : 661-9691
COURRIEL : jdroy@notarius.net

2059, CHEMIN DE LA CANARDIÈRE
BUREAU 4
QUÉBEC G1J 2E7

pesticides à l'échelle du bassin versant. La plantation d'arbres et d'arbustes sera aussi un élément clé à considérer dans le but de contrôler la qualité de l'eau du lac Saint-Augustin. La mise en place de bassin de sédimentation et de marais filtrants sur le réseau de drainage devront également faire l'objet du programme de restauration. Un tel projet nécessitera plusieurs autres interventions que le Comité de restauration devra définir avec ses partenaires.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Comité de restauration du lac Saint-Augustin, « La Grande Corvée ». Il est important de souligner que la mise en œuvre de ce programme de restauration du lac Saint-Augustin n'aurait pas été possible sans la contribution financière de la Fondation de la faune du Québec, de la Municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures et du Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD). De plus, la conception, la réalisation et la coordination du programme « La Grande Corvée » est le fruit d'un travail soutenu du Consortium EXXEP-BPH en collaboration avec ces nombreux partenaires municipaux, universitaires et autres. Nous remercions également le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) pour les subventions accordées à R. Pienitz et à K. Roberge, ainsi que le Centre d'études nordiques pour son support logistique. Nous remercions aussi T. Laing pour ses conseils concernant les datations au ²¹⁰Pb. ◀

Les photos des pages 72 et 78 sont de Karine Roberge

Références

ANDERSON, N.J., 1997. Historical changes in epilimnetic phosphorus concentrations in six rural lakes in Northern Ireland. *Freshwater Biology*, 38 : 427-440.

ANDERSON, N.J. and R.W. BATTARBEE, 1994. Aquatic community persistence and variability : a palaeolimnological perspective. In: Giller, P.S., Hildrew, A.G. and Raffaelli, D., editors, *Aquatic ecology : Scale Patterns and Processes*, Oxford : Blackwell Scientific Publishers, p. 233-259.

ANDERSON, N.J., B. RIPPEY and A.C. STEVENSON, 1990. Change to a diatom assemblage in a eutrophic lake following point source nutrient re-direction : a palaeolimnological approach. *Freshwater Biology*, 23 : 205-217.

ARSENAULT, S., 1999. Analyse de la biomasse phytoplanctonique au lac Saint-Augustin. EXXEP Environnement pour la municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures. 2 p.

AUBIN, L., 1978. Étude du régime hydrique du lac Saint-Augustin (été 1978). Services de protection de l'environnement – Direction générale de la nature – Programme des lacs, 25 p.

BINFORD, M.W., 1990. Calculation and uncertainty analysis of ²¹⁰Pb dates for PIRLA project lake sediment cores. *Journal of Paleolimnology*, 3 : 253-267.

FRITZ, S.C., J.C. KINGSTON and D.R. ENGSTROM, 1993. Quantitative trophic reconstruction from sedimentary diatom assemblages: a cautionary tale. *Freshwater Biology*, 30 : 1-23.

GERMAIN, H., 1981. Flore des diatomées, eaux douces et saumâtres. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris, 444 p.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 1948. Annuaire statistique du Québec. Publié par ordre de l'Hon. J.-Paul Beaulieu, Ministre de l'Industrie et du Commerce, Archives Nationales du Québec.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 1954. Annuaire Statistique du Québec. Publié par ordre de l'Hon. J.-Paul Beaulieu, Ministre de l'Industrie et du Commerce, Archives Nationales du Québec.

JUNEAU, N. et S. ARSENAULT, 2002. Synthèse de données sur l'industrie de l'automobile, de la bureautique, des pesticides domestiques et des produits nettoyants domestiques permettant de documenter diverses hypothèses de travail de RECYC-QUÉBEC. Préparé par EXXEP environnement pour Transfert Environnement, 20 p.

HALL, R.I. and J.P. SMOL, 1999. Diatoms as indicators of lake eutrophication. *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 128-168.

KARST, T.L. and J.P. SMOL, 1998. Tracking the cultural eutrophication history of Collins Lake (southeastern Ontario, Canada) using paleolimnological techniques. *Lake and Reservoir Management*, 14 (4) : 456-465.

KRAMMER, K. and H. LANGE-BERTALOT, 1986. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. Edited by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York.

KRAMMER, K. and H. LANGE-BERTALOT, 1988. Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariophyceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Edited by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/2, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York.

KRAMMER, K. and H. LANGE-BERTALOT, 1991a. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Edited by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/3, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena.

KRAMMER, K. and H. LANGE-BERTALOT, 1991b. Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolata) und *Gomphonema*. Edited by H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/4, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena.

LOTTER, A.F., 1998. The recent eutrophication of Baldeggersee (Switzerland) as assessed by fossil diatom assemblages. *The Holocene*, 8: 395-405.

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES, 1979. Rapport de la diagnose écologique du lac Saint-Augustin. Direction Générale des Eaux, Québec, 108 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC, 2000. Critères de qualité de l'eau de surface au Québec. (Internet <http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/>).

REAVIE, E.D. and J.P. SMOL, 1998. Freshwater diatoms from the St. Lawrence River. *Bibliotheca Diatomologica*-Band 41, 137 p.

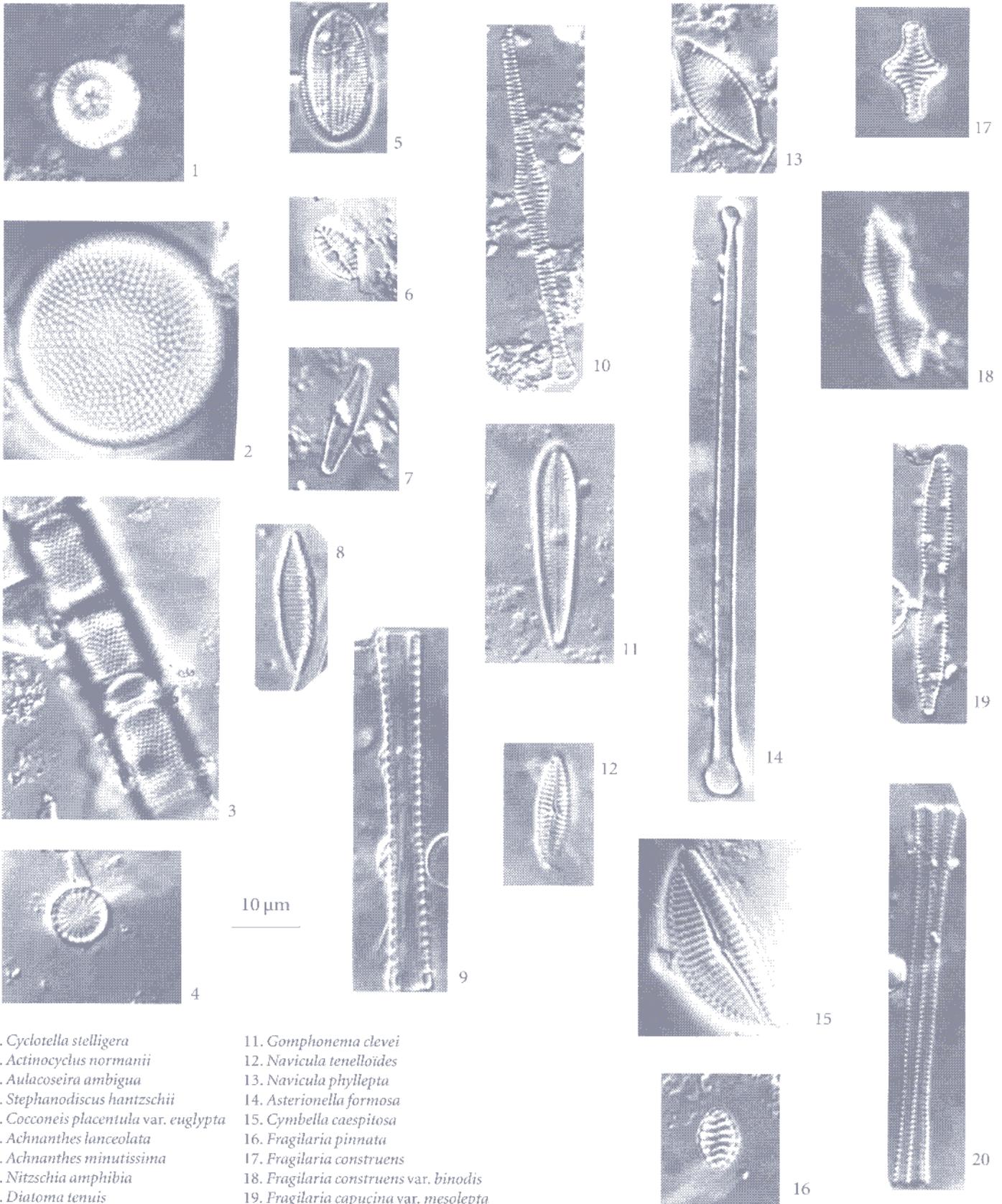
SCHELSKE, C.L., 1990. Historical nutrient enrichment of Lake Ontario : paleolimnological evidence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48: 1529-1538.

TREMBLAY, R., S. LÉGARÉ, R. PIENITZ, W.F. VINCENT et R.I. HALL, 2001. Étude paléolimnologique de l'histoire trophique du lac Saint-Charles, réservoir d'eau potable de la Communauté Urbaine de Québec. *Revue des Sciences de l'Eau*, 14(4) : 489-510.

TREMBLAY, R., 1998. Étude paléolimnologique de l'histoire trophique du lac Saint-Charles, réservoir d'eau potable de la Communauté urbaine de Québec. Mémoire de maîtrise. Université Laval. 107 p.

WESSELS, M., K. MOHAUPT, R. KÜMMERLIN and A. Lenhard, 1999. Reconstructing past eutrophication trends from diatoms and biogenic silica in the sediments and the pelagic zone of Lake Constance, Germany. *Journal of Paleolimnology*, 21: 171-192.

Annexe 1 Diatomées dominantes dans les sédiments du lac Saint-Augustin (X 1500)



- | | |
|---|--|
| 1. <i>Cyclotella stelligera</i> | 11. <i>Gomphonema clevei</i> |
| 2. <i>Actinocyclus normanii</i> | 12. <i>Navicula tenelloides</i> |
| 3. <i>Aulacoseira ambigua</i> | 13. <i>Navicula phyllepta</i> |
| 4. <i>Stephanodiscus hantzschii</i> | 14. <i>Asterionella formosa</i> |
| 5. <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> | 15. <i>Cymbella caespitosa</i> |
| 6. <i>Achnanthes lanceolata</i> | 16. <i>Fragilaria pinnata</i> |
| 7. <i>Achnanthes minutissima</i> | 17. <i>Fragilaria construens</i> |
| 8. <i>Nitzschia amphibia</i> | 18. <i>Fragilaria construens</i> var. <i>binodis</i> |
| 9. <i>Diatoma tenue</i> | 19. <i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> |
| 10. <i>Tabellaria flocculosa</i> | 20. <i>Fragilaria crotonensis</i> |

Annexe 2 Liste des espèces de diatomées du lac Saint-Augustin

Espèces	0-0,5	2-2,5	4-4,5	6-6,5	8-8,5	10-10,5	12-12,5	14-14,5	16-16,5	17-17,5	18-18,5	19-19,5	20-20,5	22-22,5	24-24,5	26-26,5	28-28,5	30-30,5
<i>Achnanthes bottnica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,97	0	0,39	0,33	0,39	0,6	0	0	0,65	0	0,4
<i>Achnanthes clevei</i> var. <i>bottnica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,59	0	0	0	0
<i>Achnanthes clevei</i> var. <i>clevei</i>	0	0	0	0	0	0	0,94	0,97	1	0,78	0,67	0,77	0,2	0,4	0,34	0,65	0	0
<i>Achnanthes conspicua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	1,01
<i>Achnanthes exigua</i> var. <i>exigua</i>	0	0	0	0	0,15	0	0	0	0	0	0,33	0,39	0	0,2	0	0,49	0,34	0,4
<i>Achnanthes joursacense</i>	0	0	0	0	0	0,43	0	0	0	0	0,33	0	0,2	0,4	0	0	0	0,2
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0,19	0,26	0	0	0,46	0	1,89	0,97	9	1,96	5,69	3,47	2	1,98	1,37	2,29	1,9	1,81
<i>A. lanceolata</i> var. <i>frequentissima</i>	0	0	0	0,39	0	0,86	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes laterostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34	0	0	0
<i>Achnanthes minutissima</i>	0	0,26	0,16	0,39	0	0	0,97	0	0	0,78	0,67	0,39	1,4	0,59	1,54	0,82	0,52	0,81
<i>Achnanthes peragalli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0
<i>Achnanthes pusilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0,33	1,93	0	0	0,17	0	0	0
<i>Achnanthes saccula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes suchlandtii</i>	0	0	0	0	0,46	0	0	0	0	0	0,33	0	0,4	0	0	0	0	0,2
<i>Achnanthes ventralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6
<i>Achnanthes</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0,43	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16	0	0
<i>Actinocyclus normanii</i>	1,52	1,05	0	0	0,15	0,43	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
<i>Amphora ovalis</i>	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora pediculus</i>	0,76	0,65	0,31	0,58	0,77	0,86	0	2,91	0	1,18	1	0	0	0,79	0,34	0,16	0,69	0,4
<i>Asterionella formosa</i>	6,08	7,2	9,87	7,57	5,21	6,03	10,38	1,94	0	3,14	3,01	2,32	0,2	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira ambigua</i>	0,19	0	0	0	1,99	1,72	2,83	7,77	12	20	20,74	40,54	47,09	39,33	35,27	45,26	45,34	41,33
<i>Aulacoseira ambigua</i> f. <i>allongée</i>	0	0,52	0	0	0,31	3,02	1,89	4,85	4	6,27	9,36	9,27	8,22	13,44	17,98	14,22	18,97	25,81
<i>Aulacoseira distans</i>	0	0	0,47	0,39	0,15	0,86	1,89	1,94	2	1,96	2,01	1,54	1,6	2,57	0,86	1,31	1,03	0,4
<i>Aulacoseira granulata</i>	0	0	0	0	0,31	13,79	0	0,97	1	2,35	2,68	0	1,8	0	0,86	0,49	2,24	0,4
<i>Aulacoseira subarctica</i>	0,38	0	0	0	0,61	0,86	0,94	1,94	2	2,35	1,67	3,47	3,41	5,53	9,59	6,37	3,97	2,02
<i>Coconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	1,14	0,65	0,94	1,17	4,29	3,88	0	0,97	7	1,57	2,01	2,7	3,21	1,78	1,2	1,63	1,55	0,81
<i>Cyclotella bodanica</i> var. <i>lemanica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,39	0	0,39	1,4	1,58	2,91	1,31	1,03	1,41
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0,95	1,18	0,47	0	0,61	0,43	0	0	0	0,39	0,67	0,77	0,4	0,2	0,34	0,16	0	0
<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	0,19	1,05	0	0	0,61	0	0	0	0	1,57	1,67	0,77	2,4	3,16	6,16	4,41	3,97	3,23
<i>Cyclotella stelligera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,97	2	1,18	1	0,77	1,2	0,59	0,51	0,49	4,66	1,61
<i>Cymbella caespitosa</i>	0,19	0,26	0	0	0	0	1,89	0,97	0	0	0	0	0	0	0,17	0,65	0	0
<i>Cymbella cistula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0	0,39	0	0,2	0	0,16	0	0
<i>Cymbella minuta</i>	0	0	0	0	0	0	1,89	0	0	0,39	0	0	0	0	0	0	0,17	0,81
<i>Cymbella naviculiformis</i>	0	0	0	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,17	0	0	0,2
<i>Cymbella silesiaca</i>	0	0,52	0	0	0	0,43	0	0	0	0	0,33	0,39	0,6	0,2	0,51	0	0,52	0
<i>Cymbella sinuata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0	0,39	0,6	0,4	0	0	0	0

Espèces	0-0,5	2-2,5	4-4,5	6-6,5	8-8,5	10-10,5	12-12,5	14-14,5	16-16,5	17-17,5	18-18,5	19-19,5	20-20,5	22-22,5	24-24,5	26-26,5	28-28,5	30-30,5
<i>Diatoma tenuis</i>	6.65	8.77	2.66	6.41	3.83	3.45	1.89	1.94	7	5.49	0.33	0.39	0	0	1.03	0.16	0	0.4
<i>Diploneis</i> sp. 1	0	0	0	0	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0
<i>Epithemia adnata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0
<i>Epithemia argus</i>	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia argus</i> var. <i>alpestris</i>	0	0	0.16	0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0
<i>Epithemia turgida</i>	0	0	0	0	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0
<i>Epithemia turgida</i> var. <i>granulata</i>	0	0	0.31	0.39	0	0	0	0	0.39	0.33	0.77	0.77	0.4	0.2	0	0	0	0
<i>Epithemia sores</i>	0	0	0.16	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia bilunaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.39	0	0	0	0.2	0	0	0	0.2
<i>Eunotia incisa</i>	0	0	0	0	0	0	0.94	2.91	0	0.39	0	0	0.2	0.2	0.17	0	0	0.2
<i>Eunotia minor</i>	0	0	0	0	0	0	0.94	0	0.39	0.67	0.77	0.8	0.8	1.19	0	0.82	0	0
<i>Eunotia pectinalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.39	0	0.39	0.2	0.2	0	0.17	0.16	0	0.4
<i>Eunotia</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0.97	0	0	0	0.39	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria acus</i>	0	0	0	1.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.17	0	0.17	0
<i>Fragilaria brevistriata</i>	8.37	0.79	6.43	1.75	5.51	7.76	9.43	1.94	4	1.96	4.01	0.39	1.6	0.79	0.51	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>gracilis</i>	2.47	5.1	0.94	5.83	0.61	0.86	0.94	0	1	0	0.33	0	0	0.2	0	0	0.69	2.42
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	6.65	6.68	0.94	3.5	3.37	6.03	5.66	11.65	1	3.53	2.34	0	0	0	0	0	0.17	0.4
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>	0	0	0.16	0.39	0.31	0.43	0	0.97	0	0	0	0.39	0.2	0	0.51	0.65	0.17	0.2
<i>Fragilaria constricta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria construens</i>	0	0	0.16	0	0.31	0.43	0	4.85	3	2.75	3.68	1.93	2.81	3.16	1.54	1.8	1.21	1.01
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>binodis</i>	0	0.13	0	0.19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0.17	0.33	0	0
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>pumila</i>	0	2.49	0.47	0	0.31	0	0	0.97	0	0	0.33	0	0	0	0	0.33	0	0.2
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i>	0	0.13	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	16.4	18.72	24	28	8.42	9.48	8.49	0	0	6.27	2.68	0.77	0	0	1.2	0	0	0
<i>Fragilaria exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67	1.16	0	0.2	0	0	0	0
<i>Fragilaria famelica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria f.</i> , ou <i>capucina</i> var. <i>gracilis</i>	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria fasciculata</i>	0.76	0.39	0	0.19	0.46	0	0	0	0	0.33	0.39	0	0	0.2	0	0	0	0
<i>Fragilaria nanana</i>	0.76	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	0.51	0	0	0
<i>Fragilaria neoproducta</i>	0	0.13	0	0	0.15	0.43	0	0	0.39	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0
<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>parasitica</i>	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria pinnata</i>	2.28	5.37	5.8	1.55	2.6	4.31	10.38	10.68	14	9.8	9.7	11.58	5.21	8.5	5.82	6.54	4.66	3.63
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>intercedens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria pulchella</i>	0	0.13	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0
<i>Frustulia rhomboïdes</i>	0	0	0	0	0	0	0.94	0	1.18	0	0	0	0	0	0	0.33	0	0
<i>Gomphonema acuminatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0
<i>Gomphonema angustatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0.16	0	0
<i>Gomphonema augur</i> var. <i>augur</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema clevei</i>	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0	0	0	0
<i>Gomphonema grovei</i> var. <i>lingulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0.2

Espèces	0-0,5	2-2,5	4-4,5	6-6,5	8-8,5	10-10,5	12-12,5	14-14,5	16-16,5	17-17,5	18-18,5	19-19,5	20-20,5	22-22,5	24-24,5	26-26,5	28-28,5	30-30,5
<i>Gomphonema minutum</i>	0	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0,17	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema subtile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0
<i>Gomphonema truncatum</i>	0	0	0	0,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp. 2</i>	0	0	0,16	0,19	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp. 3</i>	0	0	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0,38	0,26	0,16	0,39	1,38	1,72	0,94	0,97	3	0,39	0,33	0	0,4	0	0,17	0,33	0,34	0
<i>Navicula capitatoradiata</i>	0,38	0,13	0	0,19	0,31	0,43	0	0	0	0,39	0	0,77	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula halophila</i>	0	0	0	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34	0	0	0
<i>Navicula hambergii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
<i>Navicula ignota var. palustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
<i>Navicula latrostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
<i>Navicula lesmonensis</i>	0	0	0	0,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula minima</i>	0,19	0	0	0,39	1,07	0,86	0	2,91	1	1,96	5,02	3,09	2,2	4,15	2,74	2,12	1,55	3,23
<i>Navicula phyllepta</i>	0	0,92	0	0	0	0	1,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0,49	0,34	0,4
<i>Navicula placentula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	0	0	0
<i>Navicula porifera var. opportuna</i>	0	0	0	0	0	0,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula pseudocutiformis</i>	0	0	0	0	0	0,43	1,89	0	0	0	0,33	0	1	0,4	0,17	0	0	0
<i>Navicula pupula</i>	0,19	0	0	0,19	4,13	0,86	0	0	1	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
<i>Navicula rhynchocephala</i>	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula seminulum</i>	0	0	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula schadei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,97	0	0	1,34	0	0,4	0,2	1,37	0,49	0	0,4
<i>Navicula slesvicensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula submuralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
<i>Navicula tenelloides</i>	1,52	0,39	0,16	0,97	0,77	0	0	3,88	2	0,39	0,33	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula tenelloides f. 1</i>	0,76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula tripuncta</i>	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula ventralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	0
<i>Navicula viridula var. linearis</i>	0	0,39	0	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6
<i>Navicula sp. 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34	0
<i>Navicula sp. 2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0,77	0,4	0,2	0,17	0	0	0
<i>Navicula sp. 3</i>	0,19	0	0	0	0	0	0,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp. 6</i>	0	0,26	0,16	0	0	0	0	1,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	0
<i>Navicula sp. 8</i>	0	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
<i>Navicula sp. 9</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
<i>Nitzschia amphibia</i>	1,14	1,18	0	1,17	0,46	0,43	0	0	2	0	0,67	0	0	0,99	0,34	0	0	0
<i>Nitzschia amphibia f. frauenfeldii</i>	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia capitalata</i>	0	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Espèces	0-0,5	2-2,5	4-4,5	6-6,5	8-8,5	10-10,5	12-12,5	14-14,5	16-16,5	17-17,5	18-18,5	19-19,5	20-20,5	22-22,5	24-24,5	26-26,5	28-28,5	30-30,5
<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0	0,31	0	0,31	0,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	0
<i>Nitzschia frustulum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
<i>Pinnularia brandelii</i>	0	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia gibba</i>	0	0	0	0	0	0,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia maior</i>	0	0	0	0	0	0,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia rupestris ou viridis</i>	0	0	0	0	0	0,43	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0
<i>Pinnularia sp. 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	36,1	30,89	42,6	34,2	46,71	24,57	26,42	20,39	5	13,33	8,7	2,7	2,61	0	0,17	0	0	0
<i>Stephanodiscus niagarae</i>	1,71	1,44	0,16	0,78	1,07	0	1,89	0	1	1,57	1,34	0,39	1	0,79	0,51	0,98	1,03	0,4
<i>Tabellaria fenestrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,17	0,16	0	0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	0	0	0	0	0	0	0,94	0	3	0,78	0,33	1,54	0,4	0,4	0,68	0,16	0,34	0,2
<i>Tetracyclus glans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,2	0	0,16	0	0
<i>Surirella angusta</i>	0	0,26	0	0	0	0,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,52	0,4
<i>Surirella sp. 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0,13	0,63	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,2	0	0,17	0,16	0,17	0,2

L'interprétation historique du Saint-Laurent à travers une grande aventure



Parc de l'aventure basque en Amérique



CENTRE D'INTERPRÉTATION

2002

- Exposition interactive sur l'histoire des pêcheurs basques de la fin du 16^e siècle jusqu'au début du 17^e siècle
- Atelier éducatif pour les enfants
- Maisons ancestrales

RENDEZ-VOUS BASQUE : 28-29-30 juin 2002

- Accueil de familles de souche basque
- Troupe de folklore du Pays Basque - Etorburu
- Souper basque avec animation musicale
- Exposition de peinture du peintre basque Yvon Lambure
- Lancement des œuvres littéraires de l'écrivain basque Michel Oronos
- Tournoi de qualification de pelote basque

TOURNOI INTERNATIONAL DE PELOTE BASQUE :

DU 11 au 21 juillet 2002

- Tournoi régional et tournoi international catégories jeunes, femmes, junior, senior et vétéran
- Démonstration et initiation à la pelote
- Jeux de la force basque

ACTIVITÉS D'ANIMATION

- Chorale XARAMELA le 11 juillet 2002
- Chorale AHOZ le 25 août 2002
- Expositions diverses durant l'été

CENTRE DE DOCUMENTATION ET DE GÉNÉALOGIE

- Consultation de documents historiques locaux
- Recherche et confection de lignées généalogiques
- Centre de documentation sur l'histoire des Basques

CAFÉ BISTRO INTERNET ET TERRASSE

- Environnement unique avec musique d'ambiance
- Repas légers • Fromage et gâteau basques

Le Parc de l'aventure basque en Amérique est situé tout près du quai de Trois-Pistoles c'est aussi la porte d'entrée de la piste cyclable « Littoral basque »

66, avenue du Parc, Case postale 627, Trois-Pistoles (Québec) G0L 4K0
 Téléphone : (418) 851-1556 • Télécopieur : (418) 851-2188
 Courriel électronique : paba2@qc.airs.com • Site Web : www.paba.qc.ca