

LE PLAN DIRECTEUR DE L'EAU DE LA ZONE NICOLET



ÉQUIPE DE RÉALISATION

Coordination

Karine DAUPHIN, directrice générale de COPERNIC

Rédaction

Karine DAUPHIN, directrice générale (COPERNIC)

Manon COUTURE, chargée de projets - bassins versants (COPERNIC)

Cartographie

Carole LAPEYRE, chargée de projets PDE (COPERNIC)

Manon COUTURE, chargée de projets - bassins versants (COPERNIC)

Marie-Claire Gironne, chargée de projets - bassins versants (COPERNIC)

Rémi GAUDREAU, chargé de projets - bassins versants (COPERNIC)

Le présent rapport peut être cité de la façon suivante :

Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet (COPERNIC), 2015. Plan directeur de l'eau (PDE) de la zone Nicolet - Section Diagnostic. 52 p.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
MÉTHODOLOGIE	2
LES PROBLÉMATIQUES LIÉES À LA DYNAMIQUE FLUVIALE	3
1. PERTURBATION DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE.....	3
1.1 <i>Les causes</i>	3
1.2 <i>Les conséquences</i>	4
2. L'ÉROSION	5
2.1 <i>Les causes</i>	5
2.2 <i>Les conséquences</i>	9
2.3 <i>Conclusion</i>	11
3. LA SÉDIMENTATION	12
3.1 <i>Les causes</i>	12
3.2 <i>Les conséquences</i>	13
3.3 <i>Conclusion</i>	15
4. LES INONDATIONS.....	16
4.1 <i>Les causes</i>	16
4.2 <i>Les conséquences</i>	17
4.3 <i>Conclusion</i>	22
LES PROBLÉMATIQUES LIÉES À LA QUALITÉ DE L'EAU	24
5. L'EUTROPHISATION	24
5.1 <i>La situation</i>	24
5.2 <i>Les causes</i>	24
5.2.1 Le phosphore.....	25
5.2.2 L'azote.....	26
5.3 <i>Les conséquences</i>	27
6. LA CONTAMINATION PAR LES COLIFORMES FÉCAUX ET LES PESTICIDES	30
6.1 <i>Les causes</i>	30
6.1.1 Les coliformes fécaux	30
6.1.2 Les pesticides	32
6.2 <i>Les conséquences nuisibles</i>	33
6.2.1 Les coliformes fécaux	33
6.2.2 Les pesticides	34
6.3 <i>Conclusion</i>	36
LES PROBLÉMATIQUES LIÉES AUX ÉCOSYSTÈMES	38
7. LES MILIEUX HUMIDES	38
7.1 <i>La situation</i>	38
7.2 <i>Les causes</i>	39
7.3 <i>Les conséquences</i>	39



7.4	<i>Conclusion</i>	41
8.	LES PLANTES INVASIVES.....	42
8.1	<i>Causes</i>	42
8.2	<i>Conséquences</i>	42
	CONCLUSION GÉNÉRALE	44
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	48

Liste des figures :

FIGURE 1 : HYDROGRAMME DE CRUE (ADAPTÉ DE WATT ET AL, 1989)	6
FIGURE 2 : HYDROGRAMME DE LA RIVIÈRE BULSTRODE À 120 MÈTRES EN AVAL DU BARRAGE BEAUDET DU 1 ^{ER} JANVIER 2000 AU 31 DÉCEMBRE 2014 (CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC)	7
FIGURE 3 : HYDROGRAMME DE LA RIVIÈRE NICOLET À 5,8 KM EN AVAL DE LA BULSTRODE DU 1 ^{ER} JANVIER 2000 AU 31 DÉCEMBRE 2014 (CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC)	8
FIGURE 4 : COEFFICIENT MENSUEL DE DÉBIT DE LA RIVIÈRE NICOLET À 5,8 KM EN AVAL DE LA BULSTRODE (1975 - 2014).....	8
FIGURE 5 : COEFFICIENT MENSUEL DE DÉBIT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE À 120 MÈTRES EN AVAL DU BARRAGE BEAUDET À (1975 - 2014) .8	
FIGURE 6 : CONSÉQUENCES DE LA SÉDIMENTATION DANS LES LACS	14
FIGURE 7 : CONSÉQUENCES DE LA SÉDIMENTATION DANS LES COURS D'EAU	14
FIGURE 8 : COÛT DES INONDATIONS DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE NICOLET – PAR MRC (MSP, 2014)	18
FIGURE 9 : COÛT DES INONDATIONS DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE NICOLET – PAR ANNÉE (MSP, 2014).....	19
FIGURE 10 : BILAN DES CHARGES DE PHOSPHORE TOTAL POUR LA PÉRIODE DE 2001 À 2003 (ADAPTÉ DE GANGBAZO ET AL., 2005).....	26

Liste des tableaux :

TABLEAU 1 : DIFFÉRENTES SOURCES DE PHOSPHORE TOTAL DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE NICOLET (GANGBAZO ET AL., 2005)	26
TABLEAU 2 : CONCENTRATION EN NITRATES DANS L'EAU POTABLE DE L'ÉCOLE AMÉDÉE-BOISVERT	28
TABLEAU 3 : PROPORTION DE MILIEUX HUMIDES PERTURBÉS PAR MRC (PELLERIN ET POULIN, 2013)	39

Liste des photos

PHOTO 1 : RECTIFICATION DE LA RIVIÈRE DES ROSIERS (ORTHOPHOTOS 2010)	3
PHOTO 2 : RECTIFICATION DE LA RIVIÈRE CARMEL (ORTHOPHOTOS 2010)	4
PHOTO 3 : REMBLAI ROUTIER EFFONDRE, 6 ^E RANG, TINGWICK	10
PHOTO 4 : APPORT DE SÉDIMENTS ET DE NUTRIMENTS PAR ÉROSION AU CHAMP (VICTOR SAVOIE, MAPAQ).....	11
PHOTO 5 : SÉDIMENTATION EXCESSIVE DUE À UNE TRAVERSE À GUÉ DANS UN TRIBUTAIRE DE LA RIVIÈRE DES ROSIERS	12
PHOTO 6 : EMBÂCLE À L'EMBOUCHURE DE LA RIVIÈRE NICOLET AU DÉGEL DU PRINTEMPS 2012	17
PHOTO 7 : CHAMPS DE CULTURES AYANT ÉTÉ INONDÉS PAR LA RIVIÈRE DES ROSIERS (SOURCE : RESSOURCES NATURELLES CANADA, 2003)	20
PHOTO 8 : MONTÉE DES EAUX DANS LA ZONE INONDABLE DES TROIS LACS	21
PHOTO 9 : VOIE DE COMMUNICATION SECTIONNÉE PAR LE RUISSEAU POULIOT (TINGWICK) (SOURCE : RESSOURCES NATURELLES CANADA, 2003)	21
PHOTO 10 : BERGES ÉRODÉES PAR LES CRUES, RIVIÈRE DES PINS. (WARWICK) (SOURCES : RESSOURCES NATURELLES CANADA, 2003) ...	22
PHOTO 11 : PÉRIPHYTON ET ALGUES FILAMENTEUSES DANS LA RIVIÈRE NICOLET	24
PHOTO 12 : AMONCELLEMENT DE FUMIER SANS STRUCTURE À 20 MÈTRES DU COURS D'EAU SOUCY À SAINT-GEORGES-DE-WINDSOR (RAPPEL 2008)	31
PHOTO 13 : TOURBIÈRE TRANSFORMÉE À SAINT-VALÈRE POUR L'EXPLOITATION DE LA TOURBE.....	38



INTRODUCTION

Le diagnostic est une étude des problématiques de l'eau et des écosystèmes associés, dans laquelle la nature de ces problématiques, leurs effets, leurs conséquences et leur localisation dans le bassin versant sont développés (Gangbazo, 2007). Il vise à définir l'état des milieux et des ressources en eau, ainsi qu'à recenser les activités et les pratiques qui sont sources de perturbation des milieux aquatiques et humides. L'écosystème des cours d'eau peut ainsi être perturbé par bien des facteurs : les pollutions ponctuelles et diffuses bouleversent le fonctionnement biologique du milieu fluvial, et une modification dans la dynamique du cours d'eau a également de forts impacts sur le milieu.



MÉTHODOLOGIE

Ce diagnostic procède à une évaluation de la situation existante pour les écosystèmes, l'hydrosystème et les usages, et à la synthèse de quelques éléments retenus dans le portrait. Il établit des liens entre les milieux aquatiques et humides et les usages, en déterminant les effets exercés sur ceux-ci.

Le présent diagnostic est exposé suivant trois thématiques. La première est caractérisée par la dynamique fluviale, dans laquelle seront abordés les phénomènes d'érosion, de sédimentation et d'inondation. La deuxième est associée à la qualité de l'eau et sera évaluée au travers des principales composantes physico-chimiques : les éléments nutritifs (azote, phosphore), et deux principaux contaminants ayant un fort impact sur la santé humaine, les coliformes fécaux et les pesticides. Enfin, la troisième se rapporte aux écosystèmes aquatiques et riverains.

Dans le but de bien définir les problématiques dans la zone Nicolet, et par la suite de pouvoir les hiérarchiser en fonction des risques qu'elles entraînent, chacune d'elles est structurée par les causes et les conséquences.

LES PROBLÉMATIQUES LIÉES À LA DYNAMIQUE FLUVIALE

1. Perturbation de la dynamique fluviale

Le linéaire du réseau hydrographique des bassins versants de la rivière Nicolet porte les cicatrices de nombreux aménagements de cours d'eau, en raison de motifs économiques, entre autres la mécanisation agricole et l'extension urbaine. Les cours d'eau ainsi modifiés ont souvent perdu leur dynamique naturelle.

1.1 Les causes

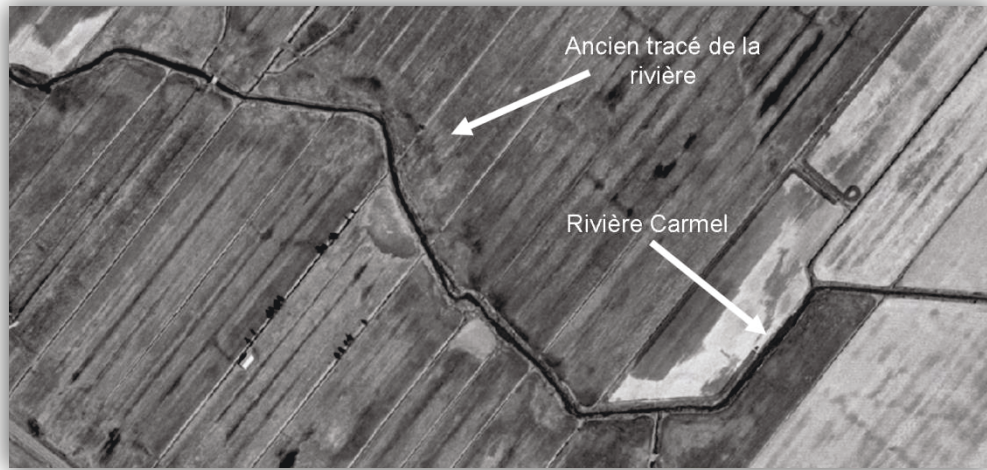
Les divers travaux effectués dans les cours d'eau qui ont donc eu une incidence sur la dynamique naturelle des cours d'eau de la zone Nicolet :

- Dragage : approfondissement du lit
- Canalisations : bétonnage des berges et parfois du fond
- Rectification du cours : recoupement des méandres (Photos 1 et 2)
- Recalibrage : augmentation de la capacité du lit en modifiant sa profondeur et sa largeur
- Entretien par curage et extraction de granulats
- Merlon de curage
- Protection des berges
- Seuils et autres ouvrages
- Couverture et enterrement de cours d'eau
- Déplacement de cours d'eau
- Suppression de la bande riveraine

Photo 1 : Rectification de la rivière des Rosiers (Orthophotos 2010)



Photo 2 : Rectification de la rivière Carmel (Orthophotos 2010)



Encore aujourd'hui, le paradigme d'un système fluvial stable domine dans les perceptions de la population. Les nombreuses demandes de citoyens aux MRC de la zone Nicolet pour entretenir les cours d'eau attestent cette perception généralisée du cours d'eau stable dans le temps et dans l'espace.

1.2 Les conséquences

La perte de la dynamique naturelle des cours d'eau ont eu pour conséquence majeure d'accroître les conditions naturelles d'érosion et de sédimentation puisque le cours d'eau tend à retrouver une dynamique naturelle. D'autres conséquences peuvent découler de ces travaux :

- Forte homogénéisation des habitats aquatiques
- Augmentation des débits de crue
- Augmentation de l'aléa inondation en aval des zones aménagées
- Érosion accélérée du lit et des berges
- Pollution des eaux
- Détérioration des habitats aquatiques et semi-aquatiques (berges)
- Modification des relations nappe/rivière (abaissement de la nappe)
- Réchauffement de l'eau et aggravation des effets de l'eutrophisation
- Réduction des connexions avec les annexes hydrauliques
- Sédimentation accrue en aval
- Altération de la biodiversité

2. L'érosion

L'érosion a été répertoriée sur un très grand nombre de cours d'eau de la zone Nicolet. Deux catégories d'érosion ont été retenues en tant que problématique vécue : l'érosion des berges et l'érosion au champ.

Photo 3 : Érosion de berges du ruisseau Gobeil



Photo 4 : Érosion en nappe et érosion des sols dans un fossé de drainage



2.1 Les causes

Les principales causes anthropiques sont l'agriculture, la foresterie et l'urbanisation.

▪ **Érosion des sols**

Les principales actions responsables de l'érosion des sols dans le bassin versant sont les pratiques culturales inappropriées (Yassoglou, 1998).

Le secteur de l'agriculture a évolué au siècle dernier et les principales pratiques (souvent dirigées par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec notamment) qui ont eu une incidence sur la problématique d'érosion sont la dimension des champs qui s'est accrue, et la proportion des cultures pérennes qui a diminué au profit des cultures annuelles. Ainsi, les cultures annuelles à grand interligne, représentées en majorité par le maïs, offrent des risques relativement élevés d'érosion. Le travail conventionnel des sols en cultures annuelles laisse en effet les sols à nu au printemps, augmentant ainsi leur temps d'exposition aux facteurs d'érosion hydrique. Cette dernière agit tant sur la dégradation des rives que sur la qualité des sols et des cours d'eau situés dans le bassin (MDDEP, 2004). Le bassin versant présente une grande étendue de cultures à grand interligne (maïs, soya et autres) qui

représentent 40 % de la superficie cultivée (Financière agricole, 2011). Environ 7 % des terrains sont exploités en culture à interligne étroit (céréales) et 22 % en fourrages (Financière agricole, 2011). De plus, le remembrement des parcelles a modifié le tracé de l'écoulement, l'érosion, et par conséquent à augmenter la perte totale en sol.

- **Érosion des berges**

Le pouvoir érosif sur les berges se manifeste principalement par l'augmentation du débit de crue. Ce dernier est défini comme le débit maximal instantané. Cette augmentation est engendrée par plusieurs facteurs associés.

Tout d'abord, elle est due à la forte intensité des précipitations et l'accélération du ruissellement liée à l'imperméabilisation des sols qui sont eux-mêmes liés à l'urbanisation et/ou à la mise en cultures annuelles des terrains agricoles (parallèlement à de mauvaises pratiques agricoles). En second, la suppression des zones d'expansion naturelles des crues qui réduisent la dissipation d'énergie du courant conduit à concentrer ce dernier dans une plus petite section du cours d'eau, ce qui a pour conséquence d'augmenter le débit. La figure 1 montre en effet que le drainage sur un tel bassin versant anthropique entraîne une réduction du temps de concentration de l'eau sur le versant, provoquant un débit maximal (ou débit de crue) très important dans le lit des cours d'eau. Les données montrent en effet qu'environ 22 % de la superficie du bassin versant de la rivière Nicolet est représentée par des terrains mis en cultures (Financière agricole, 2011), et 9 % par le milieu urbain. Ces types de surfaces accélèrent le ruissellement des versants et, par conséquent, le débit dans les cours d'eau. Les données de débits journaliers mesurées à deux stations hydrométriques (rivières Nicolet et Bulstrode) démontrent en effet une très forte et très rapide variation des débits (Figures 2 et 3). Le coefficient mensuel de débits supérieurs à 1 correspondent aux mois de hautes eaux et ceux inférieurs à l'unité sont caractéristiques des mois de basses eaux. Ainsi, les figures 4 et 5 montrent que les crues printanières sont en avril.

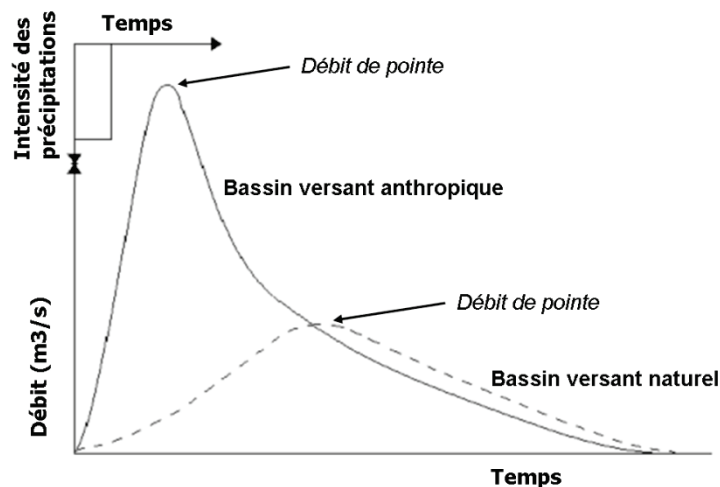


Figure 1 : Hydrogramme de crue (adapté de Watt et al, 1989)

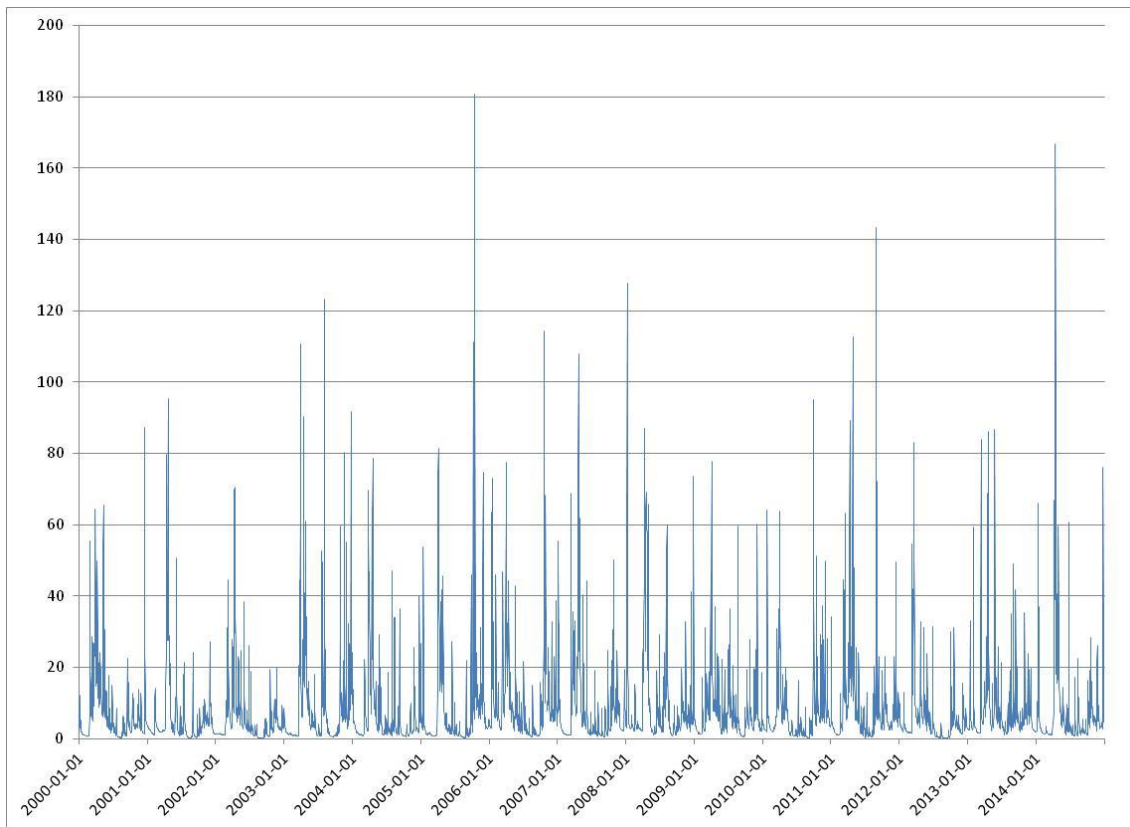


Figure 2 : Hydrogramme de la rivière Bulstrode à 120 mètres en aval du Barrage Beaudet du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2014 (Centre d'expertise hydrique du Québec)



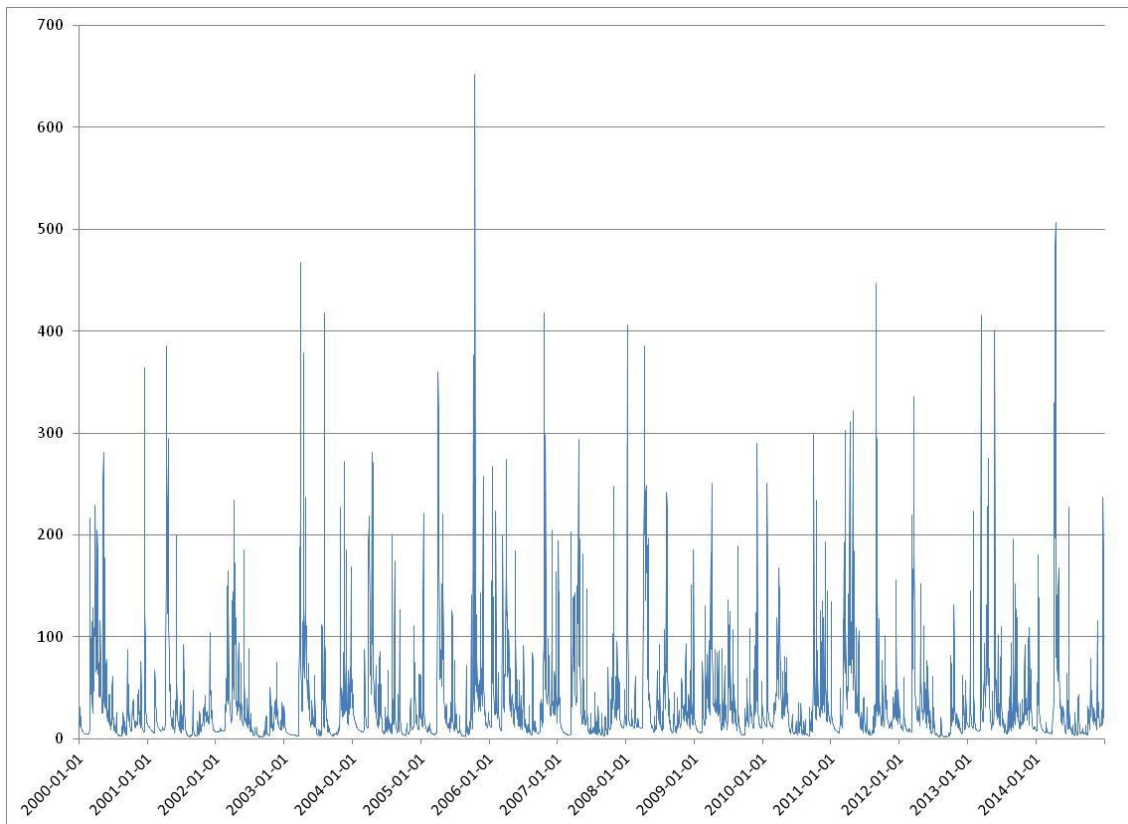


Figure 3 : Hydrogramme de la rivière Nicolet à 5,8 km en aval de la Bulstrode du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2014 (Centre d'expertise hydrique du Québec)

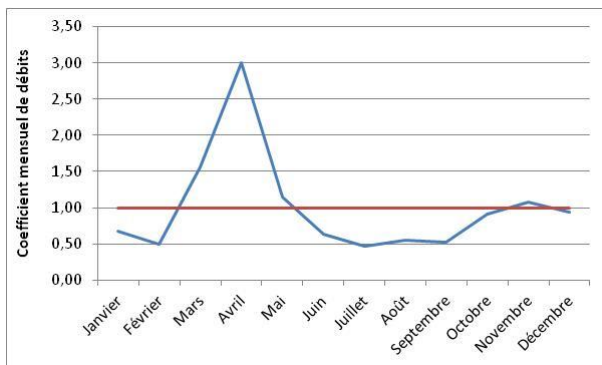


Figure 4 : Coefficient mensuel de débit de la rivière Nicolet à 5,8 km en aval de la Bulstrode (1975 - 2014)

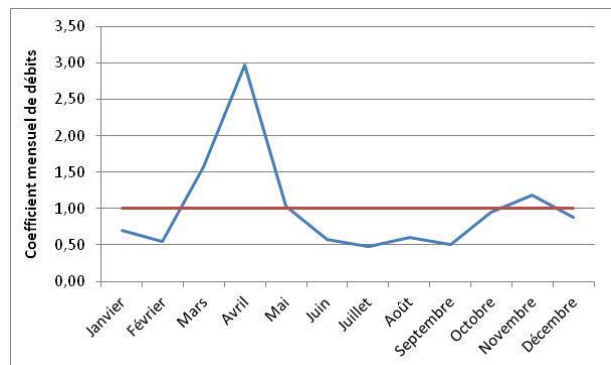


Figure 5 : Coefficient mensuel de débit de la rivière Bulstrode à 120 mètres en aval du Barrage Beudet à (1975 - 2014)

En comparaison, dans le cas d'un bassin versant naturel, il y a un retardement et une diminution du volume des eaux guidées vers l'aval (Figure 1), et donc un débit de crue plus faible. Un stockage temporaire sur les versants par les zones humides, les forêts et la végétation d'une partie des terrains

(bandes enherbées par exemple), favorise ainsi le ralentissement du ruissellement et encourage la rétention d'une partie des matériaux emportés vers les cours d'eau.

L'érosion de berges a également pour origine les rectifications et recalibrages des cours d'eau dans les années 60, qui ont eu pour conséquence la disparition des obstacles réducteurs de vitesse (Photos 1 et 2). Un exemple très populaire a été le rescindement des méandres, qui, rappelons-le, ont un rôle de dissipation de l'énergie et des forces érosives, car ils diminuent directement la pente, mais aussi la vitesse. Le but de cette intervention était, premièrement, d'augmenter les vitesses d'écoulement et, deuxièmement, de rendre linéaire les parcelles agricoles afin d'en faciliter la culture.

En parallèle, en milieux urbain et agricole, de longs couloirs de berges laissés dénudés de toute végétation fragilisent la stabilité des berges. En effet, grâce à leur système racinaire, les végétaux en bord de cours d'eau et de lacs permettent de fixer le sol et diminuent ainsi l'érosion des berges. Le citoyen est un acteur non négligeable responsable de l'élimination de cette végétation riveraine. Généralement, afin d'avoir une meilleure vue sur le cours d'eau ou le lac, certains riverains coupent ainsi les arbres constituant la bande riveraine, remblaient et sèment le gazon jusqu'au bord de l'eau.

De plus, dans certains secteurs des Basses-Terres où le sol est composé d'argiles, des effondrements de berges se sont produits. Ce dernier phénomène présente dans ce cas-ci un risque majeur en présence d'habitations.

2.2 Les conséquences

L'érosion n'est pas un problème en tant que tel, puisqu'elle fait partie du processus naturel de la dynamique fluviale. Elle devient cependant problématique lorsque l'activité humaine est à proximité et qu'elle présente un risque. Ainsi, dans ce dernier cas, les conséquences peuvent avoir des incidences économiques, humaines, agronomiques et écologiques.

Tout d'abord, l'érosion des berges engendre de fortes conséquences économiques liées aux dégâts des infrastructures publiques et privées, telles que les routes, les ponts et les habitations (Photo 5). Elle entraîne également des pertes de terrains agricoles ou urbains et la disparition des bandes riveraines. Les glissements de terrain rapides, par leur caractère soudain, augmentent la vulnérabilité des personnes lorsque les habitations ont été construites sur des zones fragiles.

Photo 5 : Remblai routier effondré, 6^e Rang, Tingwick



Ensuite, l'érosion au champ entraîne quant à lui des conséquences agronomiques, avec la perte de capital sol. La productivité des terrains agricoles tend à diminuer par l'écoulement des particules fines sur toute la surface du sol, riches en éléments fertilisants et en matière organique. Également, lorsque des rigoles se sont formées, les eaux de ruissellement repassent généralement par ces mêmes voies, entraînant les pertes de sol qui s'accroissent donc avec le temps. Elles conduisent de plus au déchaussement et à l'arrachement des plants, et donc à des dégâts aux cultures. L'érosion des sols occasionne également un lessivage des pesticides vers les milieux aquatiques, qui ont un impact non négligeable sur la santé humaine et sur la faune aquatique. Deux campagnes d'échantillonnage, dans les eaux de la rivière Saint-Zéphirin et à l'embouchure de la rivière Nicolet, ont montré en effet la détection de plusieurs pesticides (Giroux et al., 2006). Ces observations sont détaillées dans le point 6 de ce présent document.

Pour finir, ces érosions de berges et au champ engendrent des conséquences environnementales, comme l'augmentation de la turbidité des cours d'eau, de la sédimentation et une pollution par les matières fertilisantes (azote, phosphore) (Photo 6). Il a en effet été mesuré de fortes concentrations en azote et en phosphore dans les milieux aquatiques du bassin versant. De plus, l'indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC) montre que sur 29 stations échantillonnées dans le bassin versant de la rivière Nicolet de 2002 à 2012, six montrent une faune et un habitat très perturbés (IDEC<25), et huit présentant un mauvais état écologique (IDEC<45). L'érosion menace ainsi l'intégrité et la pérennité d'habitats et donc des communautés animales et végétales. L'érosion porte de ce fait atteinte à la biodiversité.

Photo 6 : Apport de sédiments et de nutriments par érosion au champ (Victor Savoie, MAPAQ)



2.3 Conclusion

L'érosion dans la zone Nicolet est devenue un problème général très significatif et, dans l'hypothèse d'un changement climatique, ce phénomène ira en s'aggravant. Des conséquences aussi importantes demandent de trouver des solutions pour en minimiser les effets. L'érosion a également des conséquences sur d'autres problématiques majeures dans le bassin versant, comme l'accroissement de la sédimentation et des inondations.

3. La sédimentation

Au même titre que l'érosion, la sédimentation est un processus naturel qui fait partie de l'équilibre dynamique d'un réseau hydrographique. Elle est cependant accentuée par différentes interventions humaines dans le bassin versant. Bien qu'intimement liée à l'érosion, la sédimentation est majeure dans la zone Nicolet et mérite d'être traitée comme une problématique à part entière (Photo 7).

Photo 7 : Sédimentation dans un tributaire de la rivière des Rosiers



3.1 Les causes

Les causes climatiques, soit l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des précipitations, a entraîné l'accélération de la sédimentation dans les milieux aquatiques de ces dernières années. Elles ont un effet sur l'écoulement des eaux de ruissellement sur les versants et l'augmentation de l'érosion des rives et des sols. Ces facteurs favorisent ainsi le transport des sédiments vers les milieux aquatiques, conduisant à leur sédimentation.

Les pratiques humaines engendre également un impact et accélère le transport. Elles sont énumérées par type d'usage : forestier, agricole, urbain.

Secteur forestier :

- Préparation du site pour le reboisement
- Construction et l'entretien des routes d'accès
- Utilisation de machineries lourdes
- Excavation de réseaux de drainage
- Traverses à gué

Secteur agricole

- Pratiques agricoles qui laissent les sols à nu et absence de bandes riveraines
- Augmentation de la longueur des pentes (fusion de parcelles agricoles)
- Rectification et recalibrage des cours d'eau
- Mise en place de systèmes de drainage sans mesures d'atténuation
- Traverses à gué

Secteur urbain

- Insuffisance des mesures de protection dans les chantiers de construction
- Ruissellement surtout en hiver des abrasifs et des sels de déglçage sur les surfaces imperméables

Une étude sur les Trois Lacs a montré que la rivière Nicolet Sud-Ouest, drainant un vaste bassin versant, recueille une quantité importante de particules entraînées par les eaux de ruissellement et les forces érosives sur les berges des cours d'eau. Il a été estimé qu'environ 80 % de cette charge sédimentaire est transportée vers les Trois-Lacs lors des crues.

Également, pour certains cours d'eau, leur lit mineur a sévèrement été recalibré et rectifié, ce qui a entraîné un profil rectiligne (Photos 1 et 2). Ces pratiques ont transformé le lit mineur qui est devenu uniformément plat, et ont mené à une homogénéisation de l'écoulement. La dynamique hydraulique a donc été modifiée. Il en résulte une baisse du courant en période d'étiage, et donc une sédimentation des matières en suspension.

3.2 Les conséquences

Le phénomène de sédimentation est néfaste pour plusieurs raisons.

Dans le cas d'un lac, il accélère son vieillissement, et plus particulièrement l'eutrophisation. En effet, la sédimentation du littoral entraîne la prolifération des plantes aquatiques en offrant un substrat favorable à la fixation des plantes et les nutriments associés nécessaires à leur croissance. Dans le cas des cours d'eau, les sédiments s'accumulent à certains endroits rehaussant fortement le niveau de l'eau, conduisant ainsi à l'érosion des berges, dont la rivière Noire.

De plus, le matériel déposé dans les fosses naturelles des cours d'eau ou dans le fond des lacs peut avoir un effet de colmatage et détruire les frayères et autres habitats de la faune aquatique.

Les conséquences de la sédimentation dans les lacs et les cours d'eau sont énumérées dans les figures 6 et 7.

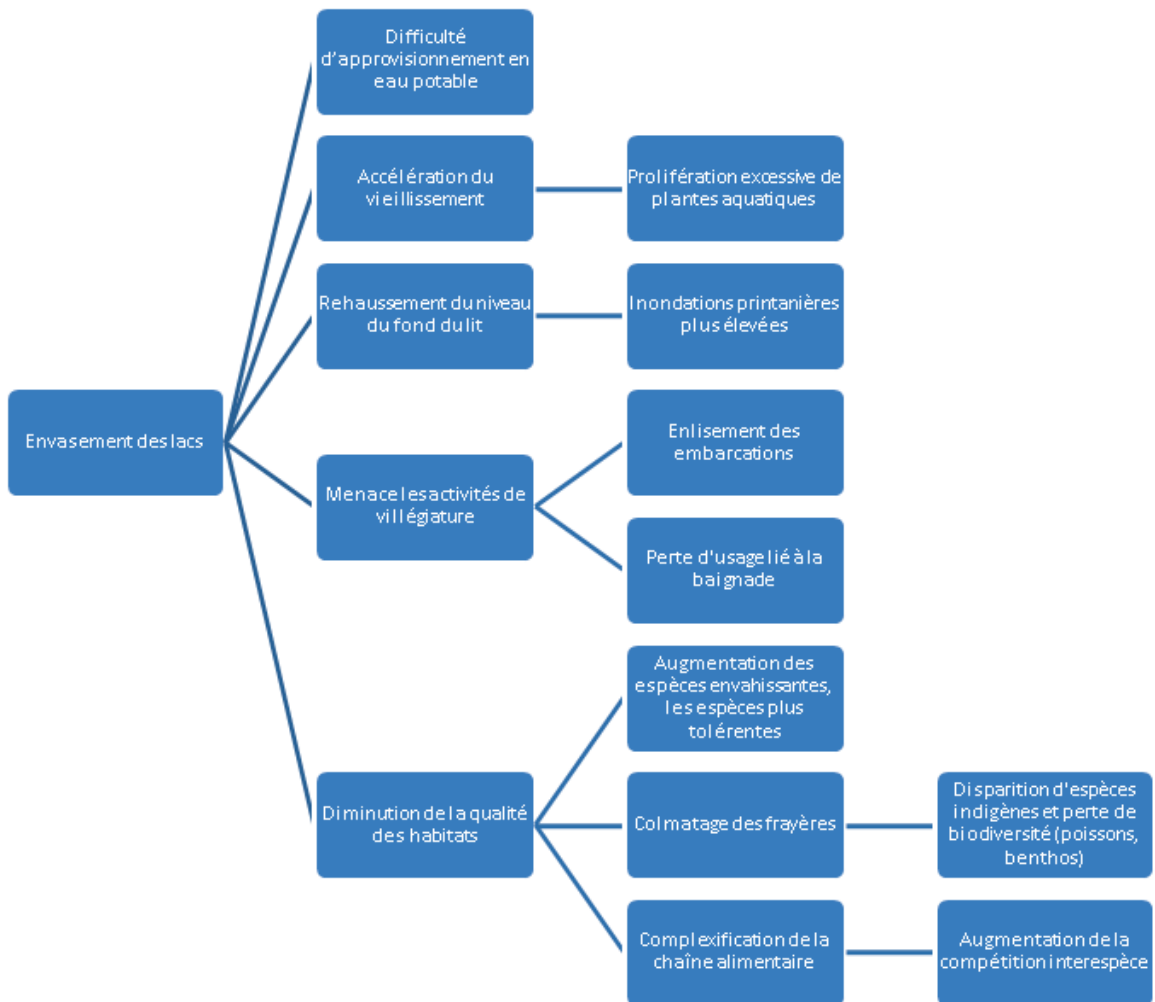


Figure 6 : Conséquences de la sédimentation dans les lacs

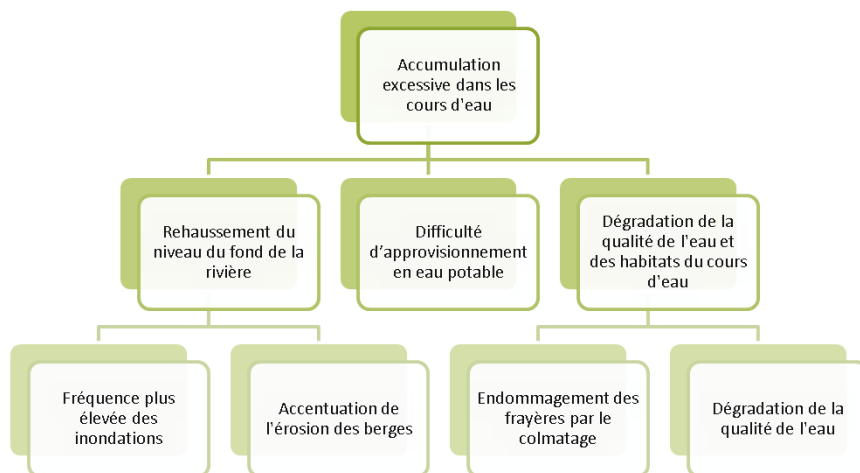


Figure 7 : Conséquences de la sédimentation dans les cours d'eau

3.3 Conclusion

Les secteurs touchés par la sédimentation sont identiques à ceux liés à l'érosion des berges puisque ce sont deux processus de la dynamique des cours d'eau et donc dépendant l'un de l'autre.

Puisque la sédimentation est la résultante de l'érosion et vice versa, les causes rattachées à la sédimentation sont analogues à celles de l'érosion. Ainsi, l'apport de sédiments par l'eau de ruissellement sur les versants, accéléré par l'augmentation depuis ces dernières années des fréquences pluvieuses estivales, est le principal responsable.

Cette problématique dans la zone Nicolet est majeure, et particulièrement dans les lacs et dans les cours d'eau en milieu agricole. Les Trois Lacs, le lac Denison, le réservoir Beaudet en sont des exemples, et leur sédimentation excessive les conduit plus rapidement à leur comblement et à leur disparition dans un futur proche, et à une perte d'eau potable pour le cas du réservoir Beaudet. Sans oublier le lac Saint-Pierre, pour lequel une modification de son écosystème a déjà été documentée.

4. Les inondations

Les inondations font partie intégrante de la dynamique d'un cours d'eau, la plaine inondable devant être considérée comme le domaine du cours d'eau, au même titre que son lit mineur. Le MDDELCC définit la plaine inondable comme l'espace occupé par un lac ou un cours d'eau en période de crue dont les limites sont les cotes d'inondation de récurrence de 20 ans, de 100 ans ou les deux (*Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*). Elle est une composante à part entière de l'espace rivière et jouent un rôle extrêmement important dans la dynamique du cours d'eau et dans l'hydrosystème.

L'aménagement des zones inondables n'a pas toujours été réalisé avec la précaution qui s'imposait et avec le souci du développement durable. La délimitation de la plaine inondable peut en effet entraîner des contraintes pour l'aménagement du territoire et donc des conflits d'usage, entre autres le développement de l'habitat, le développement industriel et la pratique agricole. Cependant, ce développement constitue un facteur aggravant des inondations, par augmentation de la vulnérabilité. Une attention particulière devrait être apportée aux activités anthropiques inadéquates présentes dans cet espace afin d'assurer la sécurité des personnes et des biens.

En rive sud du fleuve Saint-Laurent, la crue printanière demeure généralement la crue annuelle la plus importante, bien que certains bassins versants puissent être sensibles aux crues pluviales, estivales ou automnales. Les crues printanières, créées par la fonte des neiges, entraînent donc des événements majeurs, qui proviennent d'une combinaison de deux apports, soit la fonte, alors que le couvert neigeux est mûr (saturé d'eau) et la pluie.

4.1 Les causes

Les inondations sont tout d'abord liées aux phénomènes météorologiques tels que les pluies, la fonte des neiges, les embâcles (Photo 8). Ces dernières années, nous avons enregistré en périodes automnale et estivale des pluies plus fréquentes et de plus forte intensité. Les inondations sont de plus associées à la nature du bassin versant qui intervient dans l'accélération ou le ralentissement des écoulements des eaux vers les milieux aquatiques, comme sa superficie, son type de sol et sa topographie. Les débâcles de glace printanières en rivière sont également une source majeure d'inondation, sinon dominante. Elles causent l'accumulation de blocs de glace au niveau des ouvrages, comme les ponts, qui font obstacle à l'écoulement de l'eau, constituant des barrages temporaires.

Photo 8 : Embâcle à l'embouchure de la rivière Nicolet au dégel du printemps 2012



Cependant, les activités anthropiques directes, urbaines et agricoles à l'intérieur des bassins versants et des plaines alluviales, amplifient la nature des inondations. Elles intensifient le ruissellement de l'eau sur les versants et en limitent l'infiltration, ce qui augmente le débit de crue dans les cours d'eau, à l'origine des inondations. Voici quelques exemples de causes hydrologiques :

- La présence d'activités anthropiques inadéquates dans les zones inondables (développement résidentiel, de villégiature ou routier) élimine des zones d'expansion naturelles des crues et des bandes riveraines (qui réduisent la dissipation d'énergie du courant) et augmente les conflits d'usage et les risques pour la sécurité, et modifie la dynamique naturelle ;
- L'étalement urbain et la mise en cultures annuelles des terrains agricoles a augmenté les surfaces d'imperméabilisation qui accélèrent le ruissellement par suppression du couvert végétal et par imperméabilisation ;
- Des zones d'expansion naturelles des crues ont été éliminées, par remblayage et étalement urbain / agricole ;
- Des bandes riveraines, qui réduisent la dissipation d'énergie du courant, ont été supprimées.

Les causes hydrauliques, qui affectent la capacité du cours d'eau à véhiculer le débit, tels que le remblayage dans la plaine alluviale et le creusage du cours d'eau, contribuent également à augmenter le débit et à modifier le niveau d'eau dans le cours d'eau. En effet, ces activités contraignent « certains débits de crue » de déborder dans cette plaine, et contribuent ainsi à maintenir l'écoulement dans un chenal plus concentré, ce qui augmente le débit écoulé vers l'aval.

4.2 Les conséquences

Les inondations sont essentielles à la vie faunique car elles offrent des sites de reproduction, de refuge et d'alimentation. Elles deviennent cependant un risque seulement si elles s'appliquent à un territoire où se situent des enjeux vulnérables, comme les habitations, les infrastructures ou les terrains agricoles. Dans ce cas, les impacts des inondations entraînent des conséquences matérielles, mais également morales.

Une requête auprès du ministère de la Sécurité publique révèle que les inondations, les pluies abondantes et les bris de couvert de glace sont les causes principales des réclamations accordées par le ministère entre 2000 et 2013 (MSP, 2014). Lorsque les dommages excèdent la capacité des municipalités à faire face aux réparations, le ministère intervient par une aide financière aux sinistrés. La contribution du ministère s'élève entre 50 et 75% des montants réclamés selon les cas. Les principaux bénéficiaires sont bien sûr des municipalités mais aussi des entreprises et des particuliers. Ce sont les inondations suite à des précipitations intenses qui semblent les plus coûteuses si on compare les aides financières accordées pour les pluies abondantes et les débâcles. Depuis 2000, certaines dates sont à retenir pour leurs effets dévastateurs :

- Le 3 août 2003 a vu des pluies diluviennes s'abattre sur la région des Bois - Francs avec des averses entre 50 et 80mm en moins d'une journée ;
- Le 15 octobre 2005 a reçu environ 67 mm de pluie en 36 heures ;
- Le 29 août 2011 est associé à l'ouragan Irène qui a entraîné de forts vents et plus de 100mm de pluie en 24 heures ;
- Le 26 - 27 juin 2013.

Qu'ont toutes ces dates en commun? Des régions du bassin versant ont toutes reçues plus de 50 mm de pluie pour une période de 24 heures environ. Elles totalisent à elles seules, en excluant les autres causes d'inondation, 6,15 millions de dollars. C'est la MRC d'Arthabaska qui présente le plus haut taux de remboursement avec 5,13 million sur les 6,67 millions accordés dans le bassin versant entre 2000 et 2013 (Figure 8). La crue de 2003 a coûté à elle seule la majorité des couts et dans la MRC Arthabaska (Figures 9).

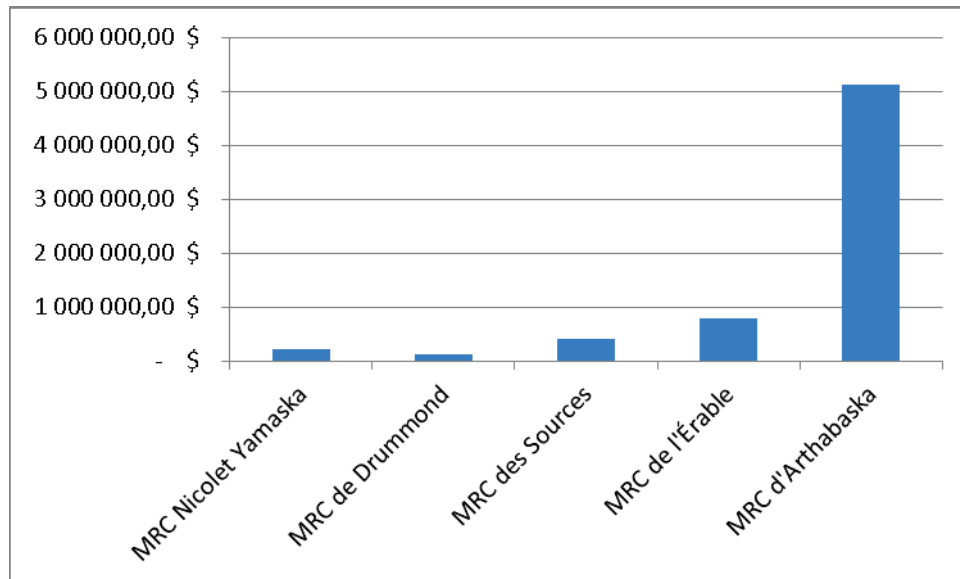


Figure 8 : Coût des inondations dans le bassin versant de la rivière Nicolet – par MRC (MSP, 2014)

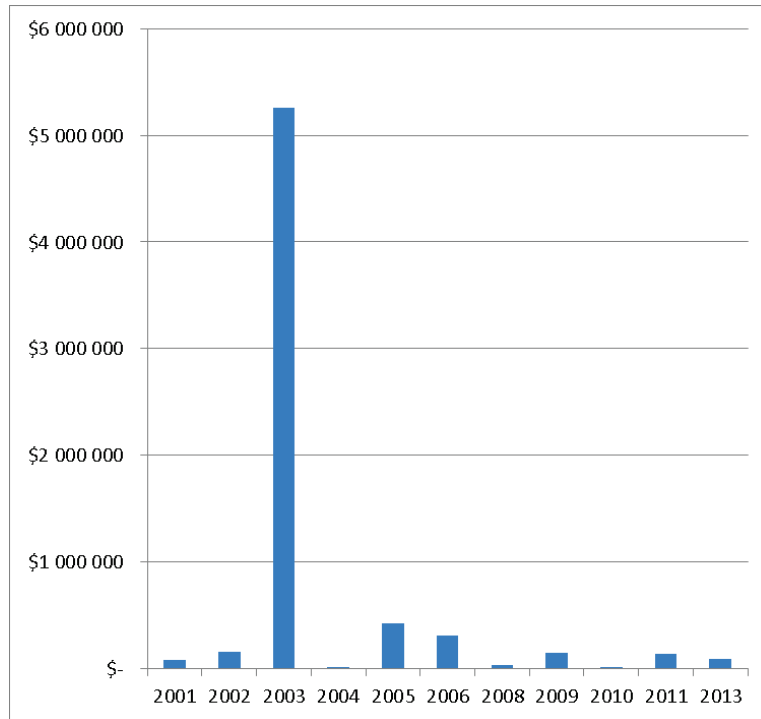


Figure 9 : Coût des inondations dans le bassin versant de la rivière Nicolet – par année (MSP, 2014)

– L’agriculture

Sur des terres cultivées, les inondations temporaires surviennent à des périodes aléatoires, et entraînent des pertes de récoltes même si une production agricole n’est pas toujours totalement perdue après celles-ci. Des dégâts sont également mesurés au niveau des bâtiments d’exploitation, du matériel et des stocks entreposés. Cette situation s’est rencontrée dans le bassin versant à l’occasion des fortes crues, notamment celle de la rivière des Rosiers en 2003, pendant laquelle plusieurs agriculteurs de la région ont vu leurs récoltes complètement gâchées par les inondations (Photo 9).

Photo 9 : Champs de cultures ayant été inondés par la rivière des Rosiers (Source : Ressources Naturelles Canada, 2003)



– Les industries

Le matériel des entreprises est souvent hors d'usage et certaines entreprises doivent fermer temporairement leur commerce.

– L'urbanisation

Les sinistrés subissent des dégâts matériels avec des pertes de biens. De nombreuses maisons et bâtiments ont été sévèrement endommagés, voire transportés par la crue du 4 août 2003. Ces crues ont forcé plus de 500 résidents des Bois-Francs à abandonner temporairement leurs maisons (Le Devoir, 6 août 2003). Elles engendrent de plus indirectement d'autres dégâts comme le dysfonctionnement des systèmes de traitement individuel ou collectif des eaux usées. Des conséquences psychologiques apparaissent également. Les sinistrés ressentent l'angoisse de nouvelles inondations, pouvant les plonger dans un état de stress et de dépression. Cependant, des bâtiments ont été reconstruits exactement à l'emplacement inondés par les crues du 4 août 2003. C'est dans cette optique qu'il est primordial de dresser des cartes informant les municipalités et les citoyens des secteurs ayant subi des inondations.

Photo 10 : Montée des eaux dans la zone inondable des Trois Lacs



– Les équipements publics

D'importants dégâts peuvent également être causés sur les voies de communication, ponts et routes, comme en témoignent la photo 11, prise au moment de l'importante crue du 4 août 2003. Un secteur du chemin Craig à Tingwick a été emporté par le ruisseau Pouliot (Le Devoir, 6 août 2003).

Photo 11 : Voie de communication sectionnée par le ruisseau Pouliot (Tingwick) (Source : Ressources Naturelles Canada, 2003)



- L'eau potable

L'accès à l'approvisionnement en eau potable devient difficile pour différentes raisons. En premier, les éléments indésirables transportés par les eaux des crues peuvent se propager et atteindre les zones de captage d'eau potable. En second, les crues ont des effets sur les installations d'eau : l'inondation des points de captage d'eau, des usines d'eau potable et des stations d'épuration, les réseaux d'égouts saturés, la rupture de canalisations.

- La dynamique fluviale

Les crues, caractérisées par un fort débit de pointe, accroissent l'érosion des rives. Les matériaux mobilisés par cette érosion sont alors véhiculés à l'aval du bassin versant. Le long de certaines sections des cours d'eau dans la région des Bois-Francs, les crues ont déclenché d'importantes érosions (Photo 12), phénomène qui a provoqué le ravinement des berges (Le Devoir, 6 août 2003).

Photo 12 : Berges érodées par les crues, rivière des Pins. (Warwick) (Sources : Ressources Naturelles Canada, 2003)



4.3 Conclusion

Les informations qui ont amené à rédiger cette partie sont basées seulement sur des données pour lesquelles les inondations ont présenté un grand risque.

Compte tenu des caractéristiques du bassin versant, des événements catastrophiques survenus dans le passé et de l'urbanisation actuelle, une grande vigilance s'impose dans la gestion des risques

d'inondation. Pour cela, une cartographie des zones inondables comme le définit la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* et aussi précise que possible des zones à risque doivent être caractérisée par une carte informative des phénomènes passés et la délimitation de la crue selon son intensité, accompagnée de l'emplacement des enjeux (zones urbaines, axes routiers).

Il ne faut pas oublier que les plaines inondables sont de gigantesques milieux qui participent ainsi à la régulation du débit des cours d'eau et des lacs, et jouent alors le rôle d'écrêteur de crues. Elles barrent efficacement la route aux débordements des cours d'eau, diminuant de concert les risques d'inondations. Il est donc essentiel de protéger et même restaurer ces milieux dans la zone Nicolet. Elles représentent également des écosystèmes importants pour la reproduction de nombreuses espèces (sauvagine, perchaude, brochet, etc.).

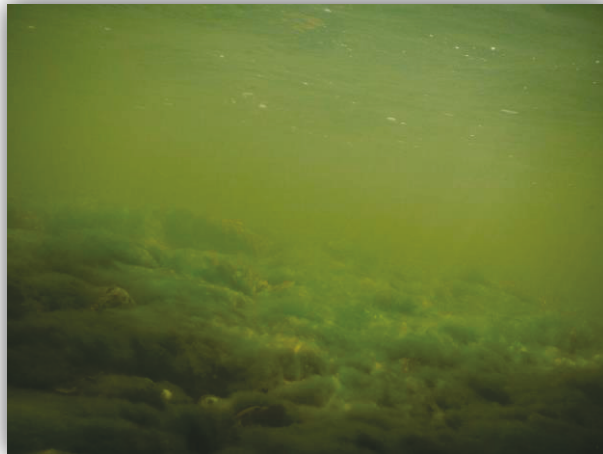
Dans la perspective d'une évolution du climat, caractérisée par une plus forte pluviosité, et des enjeux économiques situés dans le champ d'expansion des crues qui sont de plus en plus nombreux et surtout plus vulnérables, l'ampleur et les impacts de ce phénomène sont susceptibles de s'accroître.

5. L'eutrophisation

5.1 La situation

L'eutrophisation (du grec eu-trofein, bien nourrir) des rivières et des lacs est un phénomène naturel d'enrichissement des eaux en éléments nutritifs (en particulier le phosphore et l'azote), qui se manifeste par une surconcentration des eaux en nitrates et en phosphates. Ces deux fertilisants associés accélèrent, au printemps et en été, la croissance des végétaux aquatiques et en particulier des algues qui envahissent alors tout l'espace aquatique (Photo 13). Aux apports naturels se sont ajoutés les apports anthropiques dont la récente augmentation rapide a fortement contribué à amplifier ce phénomène.

Photo 13 : Périphyton et algues filamenteuses dans la rivière Nicolet



5.2 Les causes

Les éléments nutritifs responsables de l'eutrophisation sont principalement l'azote, provenant surtout des nitrates agricoles et des eaux usées, et le phosphore, provenant surtout des usages agricoles et des eaux usées. L'ensoleillement, la température de l'eau et un ralentissement local du courant peuvent accélérer le phénomène d'eutrophisation. Le ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a établi des valeurs repères pour la protection contre l'eutrophisation qui se situent pour le phosphore total à 0,03 mg/l dans les cours d'eau, et 0,02 mg/l dans les lacs. Pour l'azote total, le critère se dresse à 1 mg/l.

5.2.1 Le phosphore

Le phosphore est généralement le facteur limitant à l'eutrophisation dans les milieux d'eau douce. Plusieurs analyses ont démontré que plusieurs cours d'eau de la zone Nicolet dépassent les valeurs d'eutrophisation, soit des concentrations supérieures à 0,03 mg/l (Gélinas et al., 2004 ; Rousseau et al., 2004 ; MENV, 2001-2002 ; Programme réseau-rivières du MDDELCC). Également, une étude de dix tributaires des rivières Nicolet et Nicolet Sud-Ouest, établies en 2001 et 2002 (MENV), indique que huit d'entre eux dépassent le critère pour contrer l'eutrophisation, dont cinq excèdent ce critère de plus de 50 %. Également, la campagne d'échantillonnage du programme Réseau-Rivières montre qu'en 2013, 11 stations sur 18 ont plus de 50 % de leurs valeurs supérieures à 0,03 mg/l.

Une étude portant sur la capacité de support des activités agricoles par les rivières en phosphore total (Gangbazo et al., 2005) indique que cet élément provient principalement de sources diffuses (Figure 10), relativement aux sources naturelles et ponctuelles. Le tableau 1 indique les différentes sources de phosphore total dans le bassin versant de la rivière Nicolet, suivant les sources agricoles, urbaines, industrielles et naturelles, et plus particulièrement de :

- Utilisation de produits domestiques contenant des phosphates
- Apport en nutriments ;
- Mauvaises pratiques agricoles et forestières ;
- Ruissellement agricole et forestier ;
- Dynamique des cours d'eau fortement dégradée par les pratiques passées (rectification, chenalisation ...) : faibles débits en étiage, ralentissement des écoulements, réchauffement de l'eau (notamment lié à la réduction ou l'absence des bandes riveraines) ;
- Épandage d'engrais à des fins agricoles ou horticoles (chimiques ou naturels) ;
- Mauvaises pratiques agricoles et forestières ;
- Absence de bande riveraine qui limite la capacité de rétention des éléments nutritifs provenant du bassin versant (sources naturelles et artificielles) et transportés par ruissellement, et qui favorise le réchauffement de l'eau ;
- Rejets d'eaux usées non traitées industriels, urbains (surverses notamment) et domestiques.

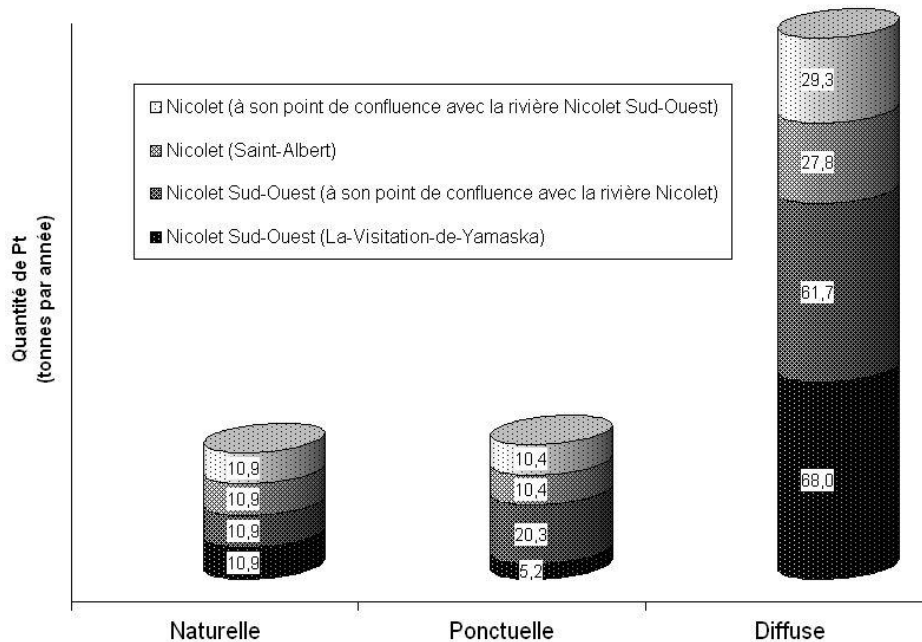


Figure 10 : Bilan des charges de phosphore total pour la période de 2001 à 2003 (adapté de Gangbazo et al., 2005)

Tableau 1 : Différentes sources de phosphore total du bassin versant de la rivière Nicolet (Gangbazo et al., 2005)

SOURCES		
	Ponctuelles	Diffuses
Agricoles	Effluents des bâtiments et structures d'entreposage des fumiers	Eaux de ruissellement des terres cultivées
Urbaines	Effluents des usines d'épuration et des fosses septiques	Eaux de ruissellement des pelouses, golfs, jardins
Industrielles	Effluents des usines d'épuration	
Naturelles		Eaux de ruissellement des sols forêts

5.2.2 L'azote

L'échantillonnage à plusieurs stations, lors du programme réseau-rivières, montre qu'en 2013, des dépassements du critère pour l'azote total (1 mg/l) sont observés aux 13 stations échantillonnées, et que 6 d'entre elles dépassent le critère pour les nitrites-nitrates (1 mg/l). Également, dix tributaires ont été échantillonnées dans le cadre de l'étude du Ministère de l'environnement (2001-2002) : neuf d'entre eux dépassent la valeur d'eutrophisation en azote total, et huit tributaires en nitrites-nitrates.

Les principales sources de nitrates sont les excréments humains et animaux (Mc Neely et al., 1979). Ainsi, les sites d'échantillonnage des rivières Nicolet et Nicolet Sud-Ouest, et de leurs affluents, qui

montrent de fortes charges en azote, et en particulier des nitrites-nitrates, présentent également de fortes concentrations en phosphore. Par conséquent, les sources de phosphore provenant du bassin versant de la rivière Nicolet, évoquées précédemment, correspondent également aux sources d'azote. Ce sont entre autres les effluents de stations d'épuration et de fosses septiques, ainsi que les eaux de ruissellements provenant des sols du bassin versant épandus de purins, de lisiers et d'engrais inorganiques.

5.3 Les conséquences

- Déséquilibre écologique

Il est en effet constaté l'évolution d'une communauté d'algues riche en espèces vers une communauté pauvre en espèces, les espèces résistantes se développant ensuite de façon excessive, impliquant une grande abondance d'algues microscopiques et de plantes aquatiques. À la fin de la poussée saisonnière de productivité, on assiste, du fait de la décomposition du surcroît de matière organique, à une consommation rapide de l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui rend impossible toute vie autre que celle des bactéries anaérobies. Le résultat est la modification des communautés fauniques.

Un très fort déficit en oxygène a été constaté depuis 1979 dans les couches profondes du lac Les Trois Lacs (Lamontagne et Gautier, 1975). Ces zones anoxiques ont été relevées comme pouvant réduire le volume d'eau pour la population du doré jaune (*Stizostedion vitreum*) (Bergeron et Bouchet, 1998).

L'Indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC), calculé à 29 stations d'échantillonnage dans la zone Nicolet. Il permet d'effectuer un suivi de la qualité biologique des cours d'eau et il est très sensible à l'eutrophisation. Les analyses dans la zone Nicolet montrent que 14 d'entre elles ont un IDEC correspondant un état trophique des cours d'eau d'eutrophe à méso-eutrophe (Campeau, 2013).

Parallèlement, la prolifération de végétaux et du périphyton entraîne un colmatage des fonds des cours d'eau détruisant les habitats des invertébrés et les sites de fraie des poissons, et donc une perte des organismes aquatiques et donc de la biodiversité. Ces nouvelles conditions limitent de manière plus générale les capacités d'autoépuration des milieux aquatiques.

- Effets sur la santé

Le principal risque des nitrates est lié à la faculté de l'organisme humain de transformer les nitrates en nitrites, qui réduisent les capacités de transport de l'oxygène par l'hémoglobine du sang. Si le risque chez l'adulte est très faible, il n'en est pas de même chez le nourrisson de moins de quatre mois. Cette cyanose, ou maladie bleue du nourrisson, représente un effet aigu grave. En octobre 2003, les concentrations de nitrates observées dans l'eau potable du puits de l'école Amédée-Boisvert de Saint-

Albert étaient de 12 et 13 milligrammes par litre (mg/l) alors que la norme est de 10 mg/l (Tableau 2). À la suite de ce constat, la Municipalité de Saint-Albert a échantillonné 18 autres puits (huit puits tubulaires et onze puits de surface) au cours des mois d'octobre et de novembre. Les résultats de ces échantillonnages montrent que quatre puits présentent des concentrations hors normes, cinq puits présentent des concentrations démontrant une influence des activités humaines mais sous la norme (entre 3 et 10 mg/l). Les puits pour lesquels nous détectons la présence de nitrates sont tous des puits de surface.

Tableau 2 : Concentration en nitrates dans l'eau potable de l'école Amédée-Boisvert

Date du prélèvement	Concentration en nitrates (mg/l)
3 novembre 2003	11,0
3 février 2004	14,0
3 mai 2004	12,0
23 août 2004	8,8
2 novembre 2004	12,0

Les phosphates présentent indirectement des conséquences sur la santé puisqu'ils sont responsables de la prolifération massive des cyanobactéries. Certaines d'entre elles sont en effet capables de sécréter des toxines qui peuvent attaquer le foie (hépatotoxines) ou le système nerveux (neurotoxines), alors que d'autres ne font qu'irriter la peau. Le lac Denison a été touché par les cyanobactéries en 2005 et 2007. Les activités récréotouristiques en sont ainsi perturbées, pour causes d'ingestion, de contact cutané et d'inhalation de l'eau contaminée. De plus, certains cours d'eau du bassin versant de la rivière Nicolet ont déjà fait l'objet depuis 2001 d'un signalement au ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs pour une prolifération de cyanobactéries sur au moins une partie de leur surface. Ce sont les rivières Nicolet Sud-Ouest, Nicolet, Des Pins et Desrosiers.

Les nitrates ont une toxicité directe pour les organismes aquatiques (invertébrés, amphibiens, poissons) et diminuent la biodiversité à des doses parfois très faibles (Gouvernement du Canada). En eau douce, 10 mg de nitrates par litre d'eau suffisent à affecter significativement les invertébrés aquatiques. A cette même dose, des poissons se montrent touchés (les truites par exemple) ainsi que des amphibiens. En effet, les nitrates et surtout leur forme réduite (nitrites) semblent renforcer le taux de mortalité des œufs et des alevins de truites et de saumons. Le renouvellement des populations est ainsi perturbé. Sur les amphibiens, les nitrates semblent provoquer une réduction de leur croissance, ceci entraînant des problèmes de reproduction et donc également la perturbation du renouvellement de leurs populations.

- **Potabilisation difficile : intensification des traitements de l'eau potable**

Les ressources en eau potable proviennent des eaux de surface et souterraines, et sont ainsi fragiles vis-à-vis des pollutions par les nitrates. Peu d'informations sur la qualité des eaux souterraines n'est actuellement disponible. Cependant, l'eau mesurée dans certains cours d'eau de notre bassin versant

montre que cette ressource est confrontée à de fortes concentrations en nitrites-nitrates. En effet, quelques municipalités du bassin versant de la rivière Nicolet prélèvent leur eau potable en tout ou en partie dans les eaux de surface (MSSS, 2005) : Nicolet, Sainte-Monique, Baie-du-Febvre, La-Visitation-de-Yamaska et Saint-Zéphirin s'alimentent dans la rivière Nicolet, et Victoriaville s'approvisionne en partie dans la rivière Bulstrode.

Pour arriver à une eau potable de qualité, il apparaît des difficultés techniques de potabilisation avec des procédés qui coutent cher. Ainsi, le traitement des nitrates peut s'envisager selon trois techniques : (1) un procédé biologique de dénitrification, (2) un procédé physico-chimique de dénitratation sur résines échangeuses d'ions, et (3) un traitement physique par membranes d'osmose inverse ou de nanofiltration.

- **Perte d'usages récréatifs**

L'eutrophisation peut se traduire par une surabondance de plantes aquatiques, d'algues ou de cyanobactéries. Certaines cyanobactéries produisent des toxines nocives pour l'homme. On distingue tout d'abord les hépatotoxines qui provoquent des gastro-entérites, qui agissent sur le foie en étant cancérogènes. D'autres agissent sur le système nerveux (les neurotoxines) ou provoquent des allergies et des irritations cutanées par simple contact (les dermatotoxines). Consécutivement aux enjeux sur la santé humaine, le développement des cyanobactéries peut entraîner la fermeture des plans d'eau pour la baignade, voire l'interdiction des activités nautiques, et la diminution de la valeur foncière des propriétés. Cela répercute une image négative et entraîne un impact sur la fréquentation touristique.

6. La contamination par les coliformes fécaux et les pesticides

Les deux catégories principales de contaminant qui ont été analysées dans le cadre du diagnostic de la zone Nicolet sont les coliformes fécaux et les pesticides. Ce sont en effet les substances pour lesquelles des données sont disponibles et sont les plus couramment détectées dans l'environnement. Elles présentent de plus un enjeu majeur pour les différents usages liés à l'eau dans la zone Nicolet.

6.1 Les causes

Deux principales sources de contamination ont été associées à la présence de coliformes fécaux et de pesticides dans les eaux. La première est l'apport diffus qui intervient dans les phénomènes d'érosion depuis les versants, dont les principaux facteurs sont la pente, la caractéristique des sols, les types d'occupation des sols et le régime hydrologique. La deuxième source de contamination est l'apport ponctuel, lié particulièrement à l'urbanisation et à l'agriculture.

6.1.1 Les coliformes fécaux

Deux sources majeures responsables des fortes teneurs en coliformes fécaux ont été relevées dans le bassin versant de la rivière Nicolet. Ce sont l'urbanisation et l'agriculture.

– **Contaminations ponctuelles**

Six stations d'épuration ne disposent pas de système d'épuration : Sainte-Monique, La-Visitation-de-Yamaska, Saint-Zéphirin-de-Courval, Saint-Samuel, Sainte-Clotilde-de-Horton et Saint-Fortunat (MAMROT, 2014). Les eaux usées de ces municipalités, se rattachant à environ 600 personnes chacune et renfermant entre autres les coliformes fécaux d'origine humaine, sont ainsi directement déversées dans le milieu aquatique. De plus, l'analyse des effluents des stations d'épuration de 2013 a révélé que sept d'entre eux contenaient 218, 274, 342, 639, 838, 1075, 1488 UFC/100 ml respectivement pour les municipalités de Kingsey Falls, Wotton, Saint-Léonard-d'Aston, Saint-Albert, Victoriaville Ham-Nord et Saint-Cyrille-de-Wendover. Les autres municipalités rejetaient une concentration en coliformes fécaux inférieure à 200 UFC/100 ml. La plupart des municipalités (64 %) utilisent le lagunage pour traiter leurs eaux usées. Les lagunes sont de bons moyens pour éliminer les coliformes fécaux. En effet, ces bactéries, présentes initialement dans les eaux usées, traversent une série de trois bassins, et sont, suivant les conditions climatiques, inactivées et détruites par l'irradiation solaire. Les surverses des réseaux d'égouts qui se produisent dans la majorité des cas par temps de pluie, sont également responsables de la contamination en coliformes fécaux des milieux aquatiques. C'est le cas pour 11 municipalités. Ainsi, les fortes concentrations retrouvées dans la rivière Nicolet à Saint-Albert pourraient provenir de la station d'épuration de cette municipalité qui ne respecte pas les exigences de rejets, mais

également de la station de Victoriaville qui se trouve à quelques kilomètres en amont du site d'échantillonnage.

Le non respect et non-application du Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, r. 22) par plusieurs municipalités de la zone Nicolet est également un facteur important impliquant une contamination. En effet, environ 40 % de la population de la zone Nicolet n'est pas raccordée à un réseau d'égout, et devrait donc disposer d'un système d'épuration autonome. Ce type d'assainissement induit une contamination bactérienne sur les milieux aquatiques lorsque la fosse septique et le champ d'épuration sont mal entretenus, ou si les branchements sont non étanches ou inadéquats. La contamination des puits individuels par la présence de coliformes fécaux issus d'installations septiques anciennes est un problème fréquent.

Enfin, un entreposage non étanche des fumiers et lisiers dont le lixiviat est susceptible de contaminer les fossés et cours d'eau ou la nappe phréatique par infiltration dans le sol (Photo 14).

Photo 14 : Amoncellement de fumier sans structure à 20 mètres du cours d'eau Soucy à Saint-Georges-de-Windsor (2008)



– Contamination diffuse : l'agriculture

De mauvaises pratiques agricoles et la surfertilisation des terres sont encore visibles ou constatés dans la zone Nicolet. Ainsi, les sources diffuses se manifestent par le ruissellement et l'infiltration de fumiers ou de lisiers, épandus sur les terres à titre de fertilisants, vers les eaux de surface ou souterraines. Le risque maximal de la contamination des cours d'eau et des lacs correspond aux fortes averses qui suivent l'application. Rappelons que 37 % de la surface de la zone Nicolet est utilisée à des fins agricoles, pâturages et cultures. Ces terrains sont en mesure de recevoir des fertilisants d'origine animale, et donc de contaminer les eaux souterraines et les eaux de surface. Nous pouvons rajouter que les tributaires des rivières Nicolet et Nicolet Sud-Ouest, dont l'occupation des sols est dominée par l'agriculture, présentent de fortes valeurs en coliformes fécaux, dépassant le seuil de critère de qualité d'eau.

- Effluents industriels

Bien que généralement d'origine fécale, certains coliformes dits fécaux proviennent des eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire, que l'on retrouve dans la zone Nicolet.

- Faune aviaire

Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, la Direction du suivi de l'état de l'environnement du ministère de l'Environnement du Québec (MENV) a réalisé au cours de l'été 1999 l'échantillonnage d'un site potentiel de baignade, soit celui de l'anse au Foulon à Sillery (Hébert, 2000). Cette étude a démontré que la concentration dans l'eau en coliformes fécaux est fortement corrélée au nombre total d'oiseaux sur la plage et sur l'eau. En effet, un oiseau produit cinq fois plus de coliformes fécaux par jour qu'un humain. Un grand nombre d'oiseaux migrateurs, dont l'Oie Blanche et la bernache du Canada, trouve dans la zone Nicolet chaque printemps et automne, des aires de repos (entre autres l'étang Burbank, le réservoir Beudet, la plaine inondable du fleuve Saint-Laurent à Baie-du-Febvre) et de la nourriture pour plusieurs jours avant de continuer leur longue migration.

6.1.2 Les pesticides

La culture du soya, souvent pratiquée en association avec celle du maïs, sont deux cultures s'appropriant la plus grande proportion des pesticides commercialisés au Québec (Giroux et al., 2006).

Une relation entre le degré de contamination des cours d'eau dans les bassins versants agricoles et l'utilisation des pesticides en agriculture a été mise en évidence (Berryman et Giroux, 1994). La majorité des pesticides détectés dans les eaux de la zone Nicolet sont principalement reliés aux cultures de maïs et de soya.

La contamination des eaux de surface par les pesticides, ces derniers une fois épandus sur les cultures, s'effectue principalement par écoulement. Elle est en général maximale pour le ruissellement des eaux sur les versants, et modérée pour le drainage souterrain des sols (Institut national de la recherche agronomique, 2005). Les pertes les plus élevées, et donc la cause d'un grand risque de contamination des eaux, sont observées aussitôt après les premiers événements pluviaux sur une application récente des pesticides (Lafrance et Banton, 1996). Le niveau de pression phytosanitaire induit par l'activité agricole est ainsi dépendant de l'occupation du sol à l'échelle de la parcelle. Les fortes concentrations enregistrées dans le bassin versant de la rivière Saint-Zéphirin se situent en effet entre fin mai et début juillet, période correspondant à l'épandage d'herbicides sur les cultures. Rappelons que, de plus, ce sous-bassin versant de la rivière Nicolet Sud-Ouest est cultivé à 50 % de maïs, et 15 % en soya, cultures utilisatrices de pesticides, surtout d'atrazine et de métalochlore. La contamination des eaux de surface par les produits phytosanitaires est également très dépendante de la distance séparant le lieu d'application du ruisseau collecteur (Colin, 2000). Également, l'absence de bande riveraine et les sols à

nu sont responsables de cette contamination. En effet, les bandes riveraines et les plantes couvre-sols réduisent le ruissellement vers les cours d'eau.

L'application est un facteur important dans le mode de contamination. Les principaux sont l'usage excessif de pesticides, les événements accidentels (dérive ou déversements), la négligence de la part des applicateurs et la portion de l'application qui n'atteint pas sa cible (pertes). L'autre facteur est la nature des pesticides, telles que la volatilité et la solubilité des molécules de pesticides et la persistance des molécules dans l'environnement.

La contamination des nappes d'eau souterraines proviendrait d'une infiltration des pesticides épandus sur les champs. Aucune donnée cependant sur les concentrations en pesticides dans les aquifères de la zone Nicolet nous permet de vérifier cette contamination.

D'autres usages sont également responsables de la contamination des milieux aquatiques par les pesticides. Les utilisations de désherbage domestiques et municipales sur les pelouses, de même que sur les terrains de golf, sont des sources non négligeables.

6.2 Les conséquences nuisibles

Les activités anthropiques à proximité des cours d'eau ou des étendues d'eau est un risque potentiel pour la contamination de l'eau : aussi bien pour les activités agricoles, industrielles ou récréotouristiques, que pour l'alimentation en eau potable.

6.2.1 Les coliformes fécaux

– Les risques pour la santé humaine

La présence de contamination fécale est un indicateur qu'un risque de santé potentiel existe pour les individus exposés à cette eau. Les symptômes y étant reliés sont principalement des problèmes gastro-intestinaux, mais aussi des otites, des conjonctivites et des infections cutanées. Les conséquences d'une telle contamination engendrent, parallèlement aux risques pour la santé, la perte d'usage pour la baignade, l'augmentation des coûts de traitement de l'eau et de protection des réservoirs d'eau potable.

– Les incidences sur l'eau potable

La présence de coliformes fécaux dans les eaux de surface et souterraines engendre des problèmes d'approvisionnement en eau potable. Les coliformes, bactéries de type *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*, peuvent être dangereuses pour la santé humaine ou animale car entraînent des problèmes gastro-intestinaux, d'otites, de conjonctivites et d'infections cutanées. Les normes bactériologiques impliquent que l'eau potable ne doit comporter plus de 20 UFC/100 ml dans plus de



10 % des échantillons lorsque cette eau est exemptée d'un traitement par filtration. Au sein des systèmes d'épuration des eaux usées, un traitement supplémentaire, et par conséquent des coûts supplémentaires y étant reliés, est donc parfois indispensable pour la désinfection des eaux brutes prélevées dans les nappes ou les eaux de surface. Différents traitements existent : ozonation, chloration et désinfection aux ultraviolets. Depuis 2006, cinq avis d'ébullition ont été émis pour les systèmes de distribution d'eau potable de quatre municipalités : Saint-Cyrille-de-Wendover, Danville, Saint-Camille, Saint-Rémi-de-Tingwick. Un avis de non-consommation a été émis pour le système de distribution d'eau potable Notre-Dame-du-Bon-Conseil Paroisse¹ .

– **Les effets sur d'autres usages agricoles**

L'agriculture utilise l'eau, de surface ou souterraine, dans de nombreuses activités telles que l'irrigation, le lavage et l'abreuvement des animaux. Ainsi, les microorganismes pathogènes présents dans l'eau d'irrigation sont susceptibles de contaminer les fruits, les légumes et des animaux qui entrent en contact direct avec cette eau contaminée, ce qui présente un risque de transmission au consommateur.

6.2.2 Les pesticides

– **Les risques pour la santé**

Lorsque les concentrations de certains pesticides dépassent un certain seuil critique, la santé humaine est alors menacée. Les effets néfastes des pesticides peuvent se manifester immédiatement ou à court terme après l'exposition (intoxication aiguë) ou à la suite de l'absorption répétée, sur une longue période, de faibles doses de pesticides (intoxication chronique). Certains cas d'intoxications aiguës aux pesticides sont associés à une exposition professionnelle (Samuel, 2005). Les principaux symptômes reliés à leur ingestion via l'eau ou les aliments solides, sont des malaises chez les enfants (maux de tête, nausées, vomissements, étourdissements, fatigue, perte d'appétit et irritation de la peau et des yeux). De façon plus préoccupante, à long terme, ces pesticides peuvent développer chez les humains des maladies chroniques comme le cancer, des problèmes de reproduction et de Développement, des problèmes respiratoires, cutanés, immunitaires et neurologiques, et des perturbations du système endocrinien.

La contamination des pâturages situés à proximité des champs traités peut également entraîner l'ingestion de végétaux contaminés par le bétail, ce qui risque de compromettre la qualité des produits de l'élevage. Les critères pour l'abreuvement du bétail correspondent aux critères pour l'eau potable.

¹ Avis d'ébullition et avis de non-consommation diffusés par le MDDELCC : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/regions/region_17/eau/liste_avis.asp?tag=17

– Les incidences sur l'eau potable

L'eau de certains cours d'eau ou nappes souterraines de la zone Nicolet Nicolet, utilisée comme source d'alimentation en eau potable, est potentiellement exposée à la présence de pesticides. Parce que les pesticides sont souvent très solubles dans l'eau, le traitement de l'eau potable nécessite alors l'utilisation de traitements spécifiques comme l'adsorption sur charbon actif ou la filtration membranaire (la nanofiltration, l'osmose inverse). Ces techniques sont très coûteuses (particulièrement la nanofiltration).

– Les effets sur d'autres cultures

Ainsi, des problèmes de phytotoxicité pourraient survenir si l'eau de ces rivières est utilisée pour l'irrigation des cultures. En effet, l'utilisation et la réutilisation d'une eau d'irrigation contenant des résidus de pesticides peuvent présenter des risques considérables sur les cultures sensibles en serre (Davis et coll., 1989). Certains travaux ont montré qu'une telle eau était nuisible pour les tomates, les vignes, les oignons, les navets et rutabagas, les choux-fleurs et choux, de même que plusieurs autres fruits, légumes, plantes ornementales et cultures de plein champ.

Le critère pour la qualité de l'eau d'irrigation pour le dicamba est très bas (0.006 µg/l) (Desrosiers et Lambert, 2005). Ce critère représente la concentration limite qui ne peut être dépassée sans risque de dommages aux plantes sensibles. Pour ce qui est des autres herbicides détectés comme le bentazone, le 2,4-D, il n'y a pas de critère déterminé pour la qualité de l'eau d'irrigation. La rivière Saint-Zéphirin montre des dépassements des critères de qualité de l'eau pour l'irrigation des cultures : 75,4 % des échantillons dépassent le critère recommandé pour l'eau d'irrigation pour le dicamba, et 34 % pour le MCPA (0,0025 µg/l) (Giroux et al., 2006). L'atrazine excède également quelquefois les critères de qualité de l'eau d'irrigation.

– Les effets sur les espèces aquatiques et terrestres

Les pesticides sont fréquemment mis en cause dans la dégradation de l'état écologique des eaux douces de surface et souterraines, et dans la réduction de la biodiversité terrestre constatée dans les zones agricoles (Institut national de la recherche agronomique, 2005). Les pesticides peuvent engendrer de fortes mortalités sur les organismes non-cibles, qui ont donc des répercussions potentielles sur les écosystèmes. Des effets directs non létaux sur leur reproduction ou leur comportement peuvent également induire par la suite des effets indirects et différés sur les réseaux trophiques et la biodiversité.

Par exemple, les teneurs mesurées en atrazine pourraient engendrer une réduction de croissance des algues vertes, l'inhibition partielle de la photosynthèse du phytoplancton et de certaines espèces de macrophytes (algues supérieures enracinées au lit de la rivière), réduisant la production d'oxygène dans l'eau et de la respiration des communautés aquatiques (Giroux et al., 2006). Des découvertes récentes

montrent également que les pesticides employés en agriculture jouent un rôle dans la baisse des populations d'amphibiens. Ils pourraient interférer dans les étapes de développements de leurs membres causant des malformations qui compromettraient la survie des individus. Ils peuvent parallèlement compromettre le fonctionnement de leurs systèmes endocrinien, reproducteur, nerveux et immunitaire. L'atrazine, herbicide fréquemment utilisé, serait de plus responsable de la forte abondance en larves de trématodes, vers parasites, dans le déclin des grenouilles léopards (*Rana pipiens*) (Rohr et al., 2008). Enfin, plusieurs cas de mortalité de poissons d'eau douce à la suite de l'utilisation de certains pesticides ont également été révélés (Lundberg and Kreuger, 1995).

Une étude montre une diminution de la production totale d'œufs du menée à tête-de-boule exposé pendant 30 jours à différentes concentration d'atrazine couramment rencontrées dans les cours d'eau du Québec, au moment de la fraie (Tillit et al., 2010), a donc des effets sur la reproduction de cette espèce de poisson.

La faune terrestre est également touchée par une contamination par les pesticides. Ce sont surtout des espèces au sommet de la chaîne alimentaire (mammifères, oiseaux, etc.), qui témoignent des problèmes posés par les pesticides. Mais les insectes (notamment butineurs comme les abeilles et papillons) et les animaux à sang froid (comme les reptiles et les amphibiens) sont les plus touchés. L'exposition des organismes du sol est inévitable dans les parcelles cultivées soumises à des traitements phytosanitaires et on constate dans les sols cultivés chimiquement une diminution des bactéries du sol et des vers de terre pourtant essentiels à la fertilité des sols.

Par ailleurs, au début des années 1970, le Faucon pèlerin (*Falco peregrinus anatum*) avait disparu de la majeure partie de l'Amérique du Nord. L'utilisation du pesticide DDT pendant deux décennies avait dévasté la population de Faucons pèlerins. La bioaccumulation de résidus de DDT et d'autres pesticides organochlorés, persistant dans l'organisme de cette espèce, provoque en effet une diminution de 50 % de l'épaisseur de la coquille des œufs de ce rapace, en plus de les empoisonner et les rendre stérile (Fiche descriptive du faucon pèlerin, MFFP).

6.3 Conclusion

La contamination par les coliformes fécaux et les pesticides des eaux de surface et souterraines est un enjeu majeur pour tous les citoyens, les agriculteurs et les industries qui en font usage.

Les dépassements de critères relevés dans les principaux tributaires des rivières Nicolet et Nicolet Sud-Ouest indiquent un problème de contamination bactériologique. La rivière Saint-Zéphirin atteint des concentrations en coliformes fécaux préoccupantes, puisqu'elles s'élèvent, à certaines périodes estivales, à des valeurs supérieures à 8000 UFC/100 ml. Des analyses sur l'origine humaine ou animale des coliformes fécaux nous permettraient de mieux cibler les sources de contamination, les eaux usées domestiques par opposition à l'agriculture.

Un grand nombre de pesticides ont également été retrouvés dans la rivière Saint-Zéphirin, dont le bassin versant est principalement cultivé en cultures de maïs et de soja. Aucune autre étude n'a fait l'objet de mesures de pesticides dans les cours d'eau du bassin versant de la rivière Nicolet. Mais la rivière Saint-Zéphirin n'est sûrement pas un cas isolé dans notre bassin versant. Du fait des risques sur la santé humaine et animale, il est ainsi primordial de réaliser des mesures de pesticides sur les cours d'eau destinés à l'alimentation en eau potable ou au récréotourisme important, et dans les nappes d'eau souterraines, à proximité des cultures de maïs et de soja.

Les axes routiers sont également responsables d'apports en contaminants vers les milieux aquatiques. Lors des pluies et de la fonte des neiges, les hydrocarbures, le sel, les huiles, répandus sur les routes, surfaces imperméables, sont ainsi lessivés pour rejoindre les cours d'eau. Parallèlement, les sites d'entreposage de la neige en hiver sont source de contamination pour ces mêmes contaminants. Malgré les conséquences sur les sols, l'eau, les végétaux, la faune aquatique, des mesures de ces contaminants dans certains cours d'eau à proximité des grands axes routiers, les autoroutes 955 et 20, devraient être réalisées. Les cours d'eau principaux ciblés sont le ruisseau des Généreux, les rivières des Saults, Nicolet Sud-Ouest et Nicolet, que l'autoroute 20 surmonte, et la rivière Bulstrode, que l'autoroute 955 enjambe.

Comme les médicaments, les hormones et quelques autres contaminants d'intérêt émergent, qui peuvent avoir des effets sur la biodiversité (ex. les problèmes de reproduction des poissons due à la pilule contraceptive) ou sur la santé publique (ex. nanoparticules). Ces contaminants ne sont généralement pas traités par les stations municipales (Acétaminophène, caféine, etc.). Pour l'instant, ces contaminants sont à l'état de trace, ce qui ne justifie pas la mise en place de traitement avancé spécifique à l'enlèvement de ces contaminants pour les stations d'eau potable s'approvisionnant en eau de surface (MDDEP 2011). Toutefois, l'effet combiné de ces contaminants n'est pas connu. De plus, avec l'accroissement de la population, l'industrialisation et le développement de nouveaux contaminants, il y a lieu de rester attentif à l'émergence de nouvelles problématiques. Le ministère recommande d'ailleurs d'évaluer la pertinence de considérer la présence de ces contaminants émergents dans la conception des ouvrages et ce, à titre de mesure préventive (MDDEP, 2011).

LES PROBLÉMATIQUES LIÉES AUX ÉCOSYSTÈMES

7. Les milieux humides

7.1 La situation

Les milieux humides ont subi et subissent encore actuellement des modifications drastiques ou disparaissent et ne jouent ainsi plus leurs rôles dans les bassins versants. La région administrative du Centre-du-Québec accuse le plus de pertes en milieux humides dans les Basses-terres du Saint-Laurent selon une étude réalisée en 2013 pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (Pellerin et Poulin, 2013). La proportion des milieux humides subissant des perturbations est celle dans la MRC Arthabaska, puis MRC de l'Érable, de Drummond, de Nicolet-Yamaska, de Bécancour, et enfin les Sources (Tableau 3). *Quand l'habitat est-il suffisant?* (Environnement Canada, 2013) décrit entre autres les quantités minimales de zones humides nécessaires au soutien des populations d'espèces sauvages, soit au moins 10 % de chaque bassin hydrographique majeur et au moins 6 % de chaque sous-bassin, soit 40 % de la couverture historique des milieux humides du bassin hydrographique, qui devraient être protégés et revalorisés. Le bassin versant de la rivière comporte seulement 6,2 % de milieux humides, soit inférieur à 10 % (MDDELCC, CIC, 2011).

Photo 15 : Tourbière transformée à Saint-Valère pour l'exploitation de la tourbe



Tableau 3 : Proportion de milieux humides perturbés par MRC (Pellerin et Poulin, 2013)

MRC		Bécancour	Arthabaska	Drummond	L'Érable	Nicolet-Yamaska	Les Sources
Superficie perturbée ²	%	14,4	31,3	21,4	21,9	19,4	1,2
Superficie totale ³	%	17	8,8	7,8	18,9	8,1	11,8

² Superficie totale des milieux humides perturbés sur la superficie totale en milieux humides par MRC.

³ Superficie totale de milieux humides dans chaque MRC.

7.2 Les causes

Dans la MRC de Nicolet-Yamaska, Les activités agricoles sont la principale source de perturbation (pour 81,8 %), puis les activités sylvicoles (pour 16,8 %) (Pellerin et Poulin, 2013). Par contre, ce sont les activités sylvicoles qui dominent les perturbations dans les MRC de Bécancour et Drummond (pour respectivement 64,1 % et 31,1 %), puis les activités agricoles (pour respectivement 16,9 % et 25,7 %), enfin la production de canneberges (pour respectivement 12,2 % et 15,1 %), et l'exploitation de la tourbe pour 13,9 % dans la MRC de Drummond.

Ainsi, les principales perturbations sont entre autres :

- Défrichement et drainage des terres pour les exploitations agricole et sylvicole ;
- Remblayage pour divers usages ;
- Urbanisation ;
- Mauvaises perceptions des milieux humides et méconnaissance de leurs services écologiques.

7.3 Les conséquences

La disparition des milieux humides entraîne d'importantes conséquences socio-économiques et écologiques. Trois ont été retenues dans le bassin versant de la rivière Nicolet. Deux d'entre elles présentent des incidences socio-économiques : les inondations et la mauvaise qualité de l'eau, qui sont relevées comme d'importantes problématiques dans les bassins versants de la zone Nicolet. La troisième conséquence est rattachée à la perte de biodiversité.

- Effets sur les inondations

Les zones humides jouent un rôle crucial dans la maîtrise des crues : lorsque la rivière déborde, le site est inondé, ce qui permet de ralentir la crue et de limiter les inondations en aval, dans les zones agricoles, forestières et urbanisées. La végétation dans ces zones retarde également de façon globale le ruissellement des eaux de pluies et ralentit le débit des eaux de crue vers l'aval (Amoros et Petts, 1993).

L'étude de Fournier et al. (2013) établit que les milieux humides entraînent des débits en crues moins importants et des débits à l'étiage plus importants : deux fonctions majeures des milieux, à savoir stocker l'eau lors d'événements pluvieux et déstocker ou relâcher ces eaux graduellement. Il apparaît également que les milieux humides isolés ont un impact primordial dans la réponse hydrologique des bassins versants tant sur les phénomènes de crue que sur les phénomènes d'étiage en comparaison aux milieux humides riverains.

Le régime hydrique de la rivière, caractérisé par la durée et la fréquence des inondations, est ainsi un caractère essentiel de la présence des zones humides et leur disparition, livrées à l'agriculture, à la forêt et à l'urbanisation, réduit cette capacité du milieu à jouer le rôle de régulation des crues.

- Effets sur la qualité de l'eau

De fortes concentrations en éléments nutritifs, dont l'azote et le phosphore, mais également en pesticides et coliformes fécaux sont retrouvées dans les eaux du bassin versant. Cependant, les fonctions hydrologiques des milieux humides peuvent assurer un maintien et une amélioration de la qualité de l'eau en agissant comme un filtre épurateur (Amoros et Petts, 1993).

Tout d'abord, ils jouent le rôle de filtre physique : ils favorisent la sédimentation des matières en suspension, y compris le phosphore particulaire, et le piégeage d'éléments toxiques tels que les métaux lourds. Globalement, la végétation des zones humides adaptée à ce type de milieu fixe les berges, les rivages, et participe ainsi à la protection des terres contre l'érosion.

Ensuite, les milieux humides jouent la fonction de filtre biologique lui permet d'être un site (1) d'absorption et de stockage, par les végétaux, de substances tels que l'azote et le phosphore à l'origine de l'eutrophisation des milieux aquatiques, et de certains pesticides et métaux, (2) de désinfection par destruction des gènes pathogènes (coliformes fécaux) grâce aux ultraviolets.

- Effets sur la biodiversité

Les écosystèmes des zones humides apportent une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux (Amoros et Petts, 1993). Celles-ci garantissent différentes fonctions essentielles à la vie des organismes qui y sont inféodés. Premièrement, elles mettent à disposition des ressources alimentaires pour de nombreuses espèces animales (invertébrés, amphibiens, reptiles, poissons, oiseaux, mammifères), découlant de la richesse et de la forte quantité en éléments nutritifs observées dans ces zones. Deuxièmement, elles assurent la fonction de reproduction, puisque la présence de ressources alimentaires variées et la diversité des habitats constituent des éléments essentiels assurant la reproduction des organismes vivants. Enfin, elles jouent le rôle d'abri, de refuge et de repos, notamment pour les amphibiens, les poissons et les oiseaux.

Ainsi, la disparition de ces milieux entraîne la perte d'un habitat précieux et la perturbation de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques au complet.

7.4 Conclusion

Selon le Cadre d'orientation pour la revalorisation de l'habitat « Quand l'habitat est-il suffisant », Environnement Canada propose comme ligne directrice sur les habitats humides que 10 % de chaque bassin hydrographique majeur devraient être protégés et revalorisés (Environnement Canada. 2013). La superficie actuelle des milieux humides est sous ce seuil recommandé.

Les zones humides sont considérées comme des éléments qui assurent le fonctionnement des milieux aquatiques, et interviennent de manière significative dans leur bon état ou leur maintien. En effet, ces écosystèmes ont la capacité de réguler les crues, en plus de stocker et d'éliminer divers polluants, en particulier l'azote et le phosphore, mais également les pesticides.

La sauvegarde de ces milieux humides permettra ainsi de contrer les problématiques relevées dans le bassin versant de la rivière Nicolet : érosion des sols et des berges, sédimentation dans les milieux aquatiques, inondations. Un diagnostic exhaustif des milieux humides au Centre-du-Québec, incluant leur vulnérabilité face aux pressions anthropiques, sera essentiel pour intégrer une gestion adéquate sur l'ensemble du bassin versant de la rivière Nicolet.

L'étude de Fournier et al. (2013) permet d'établir que, selon les changements climatiques prévus, à savoir (i) des débits hivernaux plus importants, (ii) un devancement de la période de crue printanière, (iii) un élargissement de la période de crue et (iv) une diminution des apports estivaux, une augmentation de conséquences environnementales négatives associées à la diminution des fonctions écologiques fournies par les milieux humides est imminente. La seule conservation des milieux actuels ne suffira pas à maintenir les conditions hydrologiques actuelles et donc à compenser les perturbations induites par les activités anthropiques et les changements climatiques. Seule une gestion des milieux humides, basée sur la restauration de sites, permettra à la fois de compenser les perturbations liées à l'anthropisation du territoire et de minimiser les effets attendus des changements climatiques.

8. Les plantes invasives

Le caractère invasif de certaines espèces végétales est généré par certains aspects : reproduction sexuée et/ou végétative très performante, propagation souvent favorisée par les activités humaines, période de latence de plusieurs décennies entre l'introduction de l'espèce et sa prolifération.

8.1 Causes

Les modes d'introduction des espèces invasives peuvent se manifester de façon volontaire ou involontaire :

- Introductions volontaires par l'horticulture (qui est la cause principale d'introduction d'espèces invasives), l'agriculture, la sylviculture, la conservation des sols, le contrôle biologique, la recherche, le jardinage, l'aquariophilie et autres.
- Introductions involontaires par contamination de produits agricoles, semences, bois, etc. ou encore liées aux moyens de transport (les colis, les containers de navires, les navires, les trains, les avions, les camions, les automobilistes, les bagages, les routes, etc).
- Absence de nettoyage des embarcations sans moteur (canot, kayak, catamaran, les pagaies, etc) ou à moteur d'un plan d'eau à un autre.

Elles sont favorisées par la perturbation des milieux.

8.2 Conséquences

La prolifération des plantes invasives ont des conséquences sur différents éléments.

- **Sur l'environnement**

Les proliférations d'espèces invasives entraînent généralement une diminution de la biodiversité végétale. Cela est dû au caractère très compétitif des espèces invasives qui leur permet d'éliminer les espèces moins agressives.

- **Sur la santé**

Certaines espèces invasives peuvent se révéler extrêmement problématiques pour la santé. La Grande Berce du Caucase est un exemple, provoque des brûlures cutanées.

- **Sur le récréotourisme**

Certaines espèces invasives peuvent faire obstacle à la chasse, la pêche, l'élevage et la gestion de l'eau.

- **Sur l'agriculture**

Certaines plantes invasives concurrencent les espèces cultivées pour les ressources en eau et en nutriments, elles diminuent donc les rendements et la qualité des cultures, interfèrent avec les opérations de récolte et réduisent la valeur de la terre.

- **Sur les paysages**

Une plante invasive, comme par exemple la Renouée du Japon (*Fallopia japonica var. japonica*), peut entraîner une profonde modification des paysages. Cependant, l'appréciation de la « dégradation » d'un paysage reste subjective.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Premièrement, le diagnostic de la zone Nicolet a permis de faire ressortir une problématique majeure liée à la dynamique des cours d'eau qui engendre actuellement des conflits d'usage, mais qui ont des conséquences économiques et sociales très importantes. Le mode gestion actuel, de la responsabilité des MRC et des municipalités, apporte certains questionnements sur la façon de vouloir maîtriser cette dynamique, soit l'érosion, la sédimentation et les inondations, que ce soit en milieu urbain, agricole et industriel. D'autres modes de gestion, plus durable, c'est-à-dire en intégrant les trois variables qui sont l'économie, le social et l'environnement, devront être appliqués. Tous les intervenants devront également se concerter pour agir, non pas dans leur stricte créneau légal et territorial, mais plutôt dans un créneau élargi : celui de la perspective d'une gestion intégrée par bassin versant. Les solutions réelles sont à cette échelle.

Les cours d'eau ont vu depuis plusieurs décennies leurs géomorphologie et dynamique fortement détériorés par des interventions humaines diverses : recalibrages, rectifications, endiguements, curage et stabilisation excessif, conduisant à des dysfonctionnements fortement perturbants et se traduisant entre autres par une homogénéisation de sa morphologie et de son écoulement, l'augmentation du réchauffement de l'eau en été, l'aggravation des effets de l'eutrophisation, etc.

Deuxièmement, le diagnostic nous a permis de dresser le bilan de la qualité des eaux. Globalement, les cours d'eau de la zone Nicolet présentent une qualité relativement médiocre, voire mauvaise dans sa partie aval. Notons de plus que la qualité de l'eau de la rivière Nicolet Sud-Ouest est moins bonne que celle de la rivière Nicolet.

Les analyses réalisées dans le cadre du programme Réseau-Rivières de l'eau de la rivière Nicolet démontrent une nette dégradation dans sa partie médiane, à la hauteur de Saint-Albert. De fortes teneurs en oxydes d'azote (NOx) et en coliformes fécaux sont observées. Aucune mesure n'a cependant été réalisée dans la partie amont de la rivière Nicolet, ni dans sa partie aval. Également, des mesures en aval de la confluence avec la rivière Nicolet Sud-Ouest nous permettraient de quantifier les impacts de celle-ci sur la rivière Nicolet. Des échantillonnages réalisés entre 2001 et 2002 dans les principaux affluents de la rivière Nicolet démontrent également de fortes concentrations en azote, en phosphore et en coliformes fécaux.

Dans la partie aval de la rivière Nicolet Sud-Ouest et dans la plupart de ses affluents, la qualité de l'eau est plutôt mauvaise. De fortes teneurs en azote, en phosphore et en matières en suspension sont observées. En particulier dans la rivière Saint-Zéphirin et les bassins versants orphelins du sud du lac Saint-Pierre.

Les lacs du bassin versant de la rivière Nicolet doivent faire l'objet d'une attention particulière parce qu'ils sont sujets à un vieillissement rapide et donc prématuré, qui les entraîne à leur comblement dans un futur proche.

Les problématiques observées résultent d'une part des apports diffus liés aux activités agricoles et urbains, et d'autre part des pollutions ponctuelles d'origines urbaines, agricoles et industrielles.

- Les altérations physico-chimiques mesurées dans les cours d'eau semblent être liées premièrement à des pollutions directes d'origines agricoles. La forte présence de cultures à grand interligne, comme le maïs et le soya, est une des origines de dégradation de la qualité des eaux : les concentrations élevées d'azote, de phosphore, de coliformes fécaux et de pesticides observées dans la partie aval du bassin versant signifient une utilisation intensive de produits phytosanitaires et d'engrais minéraux. Elles s'expliquent également conjointement par la nature du substrat géologique et des pratiques culturales au niveau des parcelles favorisant l'érosion des sols : sols nus durant l'hiver, arasements de haies, labours parallèles à la pente, retournements des prairies. En parallèle, notons que la mise en culture des champs jusqu'au bord des cours d'eau est une des sources de diminution de la superficie des milieux humides et de dégradation physique des cours d'eau. Elle implique en effet un arrachement des bandes riveraines, et le recalibrage du lit des cours d'eau qui conduit à uniformiser leur profil.
- Les habitations raccordées à un réseau collectif et celles non raccordées sont également responsables de la dégradation de la qualité physico-chimique des cours d'eau. La partie médiane de la rivière Nicolet est une zone relativement peuplée qui renferme la municipalité de Victoriaville, et la majorité des habitations sont raccordées au réseau collectif. L'application dans la zone Nicolet du règlement Q-2, r. 22, relatif à l'évacuation et au traitement des eaux usées des résidences isolées, est indispensable pour diminuer les apports ponctuels entre autres de coliforme et une partie des éléments nutritifs dans les eaux de surface et souterraines.
- Les effluents industriels, dont les volumes et le degré de contamination sont très variables, ont un impact sur la qualité des eaux. Ils peuvent contenir des produits toxiques, des métaux lourds, des polluants organiques, des hydrocarbures. Les quatre terrains de golf dans le bassin versant, pour lesquels les quantités d'engrais et de pesticides répandus ne sont pas connus, présente également un effet non négligeable sur les milieux aquatiques.
- Les pesticides et sels minéraux recensés dans les eaux des lacs et des cours d'eau ont aussi pour origine les citoyens du bassin versant, qui y ont recours sur leur pelouse. Ces apports aux milieux aquatiques sont intensifiés par l'arrachage des bandes riveraines chez les particuliers, qui rappelons-le ont un rôle de filtre face à ces substances.

Le faible nombre de sites d'échantillonnage dans la zone Nicolet ne nous permet pas de faire un état complet de la qualité de l'eau sur l'ensemble de la zone Nicolet. Également, des données sur l'ensemble hydrocarbures/sels utilisé et versé sur les routes en hiver, des produits pharmaceutiques, sont absentes.

Enfin, c'est la région du Centre-du-Québec qui connaît les plus grandes pertes de superficie de milieux humides dans les Basses-terres du Saint-Laurent. En 20 ans, la région aurait déjà perdu plus de 20 % de ces milieux de grande importance pour l'environnement. Il est primordial de protéger ceux restants, et d'en créer de nouveaux s'il on souhaite que ces derniers nous rendent les services écologiques. En parallèle, les milieux perturbés, tels qu'une grande partie des milieux humides, sont des milieux propices à leur développement

Les trois thématiques exposant les problématiques sont reliées entre elles. En effet, la qualité physico-chimique de l'eau, déterminée dans ce présent diagnostic par les variables phosphore, azote, coliformes fécaux et pesticides, est un enjeu majeur pour la santé humaine. Cette problématique est dépendante, premièrement, de celle de la dynamique des cours d'eau et du bassin versant, définie par l'érosion des berges et des sols, la sédimentation et les inondations, et, deuxièmement, de celle de la présence des milieux humides.

SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

Principaux problèmes relevés dans le bassin versant de la rivière Nicolet et présentant des risques :

- Érosion des sols et des berges
- Fortes concentrations en phosphore et azote
- Forte sédimentation dans les cours d'eau et les lacs
- Inondation de zones habitées
- Présence de coliformes fécaux dans l'eau
- Présence de pesticides dans l'eau

Manque de données essentielles :

- Données récentes de la qualité de l'eau des principaux cours d'eau et tributaires du bassin versant, dont les charges en contaminants et les pesticides ;
- Connaissances sur les capacités des cours d'eau à éliminer les nutriments, en particulier en fonction de leur dynamique fluvial ;
- Méthode pour identifier et caractériser précisément les zones sensibles à l'échelle des sous-bassins versants selon l'azote, le phosphore et les pesticides ;
- Indices biotiques et de poissons (données sur les habitats aquatiques et humides) ;
- Caractérisation des eaux souterraines (qualité et quantité d'eau) ;
- Caractérisation des bandes riveraines ;
- Impact des activités forestières ;
- Conformité des systèmes d'assainissement autonome.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAM H., BESSERO H., COCHET P., JOMINI C., MERCIER B., RAPIN F., TOURAIS C., TRACOL R. et VIOGET P., 1995. Apport en phosphore dus aux populations non raccordées à une station d'épuration. Rapp. Comm. Int. eaux Léman contre pollut., Campagne 1994. pp. 235-249.

ALAIN J., 1981-2. Projet assainissement diagnose du lac Les Trois Lacs. Direction générale des inventaires et de la recherche. Ministère de l'Environnement du Québec. Québec. 22 p., 1 annexe.

AMOROS C. et PETTS G.E., 1993. Hydrosystèmes fluviaux, Masson, Col. Écologie 24, Paris. 300p.

BARNAUD G., 1991. "Qu'est-ce qu'une zone humide : concept et méthodes appliqués à leur caractérisation" - Thèse de doctorat. Université de Rennes I, éd. du Museum d'Histoire Naturelle, coll. Patrimoines naturels. Vol. 34. 451 p.

BARNAUD G. et FUSTEC E., 2007. Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ? - Editions Quae, Educagri edition. 230 p.

BEAUDOIN M., FORTIER-RICHER V., MAGNAN S., MOREAU J.S., 2008. Cartographie de l'érosion des sols agricoles : bassin versant en amont des Trois Lacs, région d'Asbestos. Rapport final. 43 p.

BERGERON B. et BOUCHET M., 1998. Inventaire du lac Trois-Lacs en relation avec la problématique de la population du doré jaune (*Stizostedion vitreum*), ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale de l'Estrie. 28 p., 2 annexes.

BERRYMAN D. et GIROUX I., 1994. La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensives du maïs au Québec. Campagnes d'échantillonnage de 1992 et 1993. Ministère de l'environnement et de la faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq EN940594, rapport n°PES-4. 134 p.

BOLDUC F. et DELORME A., 2004. Problématique sédimentologique et environnementale du lac Trois-Lacs : étude de faisabilité, rapport présenté par Pro Faune à l'Association des résidents des Trois-Lacs. 45 p., 1 annexe.

CAMPEAU, S. (2013). Indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC). Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières. www.uqtr.ca/IDEC

CANARDS ILLIMITÉS CANADA. 2006. Plan de conservation des milieux humides et de leurs terres hautes adjacentes de la région administrative du Centre-du-Québec. 55 p. <http://www.canardsquebec.ca>

CEAEQ, 2000. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux; méthode par filtration sur membranes. Centre d'expertise en analyse environnementale. Gouvernement du Québec. 24 p.



COLIN F., 2000. Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires. Cas de l'atrazine dans le bassin versant du Sousson (Gers, France). Thèse ENGREF. 152 p.

DESROSIERS R. et LAMBERT L., 2005. De l'eau qui rend malade. Colloque sur la serriculture. Des outils à votre portée... question de santé et de rentabilité.

DUBOIS M., 2008. État de santé du lac Nicolet – Regroupement des associations pour la protection de l'environnement des lacs et cours d'eau de l'Estrie et du haut bassin de la Saint-François (RAPPEL). 82 p., 9 annexes.

EDEN W.J., Conseil Canadien de la recherche, Glissement de terrains argileux, Publié à l'origine en août 1973, CBD-143-F.

ENVIROLAB INC., 1976. Étude de restauration des Trois-Lacs. Rapport présenté au ministère des Richesses Naturelles, direction générale des eaux. 230 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 2013. Quand l'habitat est-il suffisant ? Troisième édition. Environnement Canada. Toronto (Ontario).

FOURNIER, R., M. POULIN, J.-P. RÉVERËT, A. ROUSSEAU ET J. THÉAU, 2013. Outils d'analyses hydrologique, économique et spatiale des services écologiques procurés par les milieux humides des basses terres du Saint-Laurent : adaptations aux changements climatiques, Ouranos, 114p.

GANGBAZO G., 2007. Aide-mémoire pour élaborer un plan directeur de l'eau. Ministère de l'Environnement, Québec. 14 p. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/fiches/aide-memoire.pdf>

GANBAZO G., ROY J. et LE PAGE A., 2005. Capacité de support des activités agricoles par les bassins versants : le cas du phosphore total, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, Envirodoq n° EN/2005/0096. 36 p.

GARNIER J., NÉMERY J., BILLEN G. and THÉRY S., 2004. Nutrient dynamics and control of eutrophication in the Marne River system: modelling the role of exchangeable phosphorus, Journal of Hydrology, Volume 304, Issues 1-4, pp. 397-412.

GÉLINAS P., ROUSSEAU N., CANTIN P., CARDINAL P. et ROY N., 2004. Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé, Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants, MENV, MSSS, MAPAQ, INSPQ, ISBN 2-550-43508, Envirodoq ENV/2004/0312. 34 p., 3 annexes.

GHAZAL C., DUMOULIN S. et LUSSIER M.C., 2006. Portrait de l'environnement du bassin versant de la rivière Nicolet, Corporation de gestion des rivières des Bois-Francs. 173 p., 9 annexes.

GIROUX I., 2002. Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture de maïs et de soya au Québec : Campagnes d'échantillonnage de 1999, 2000 et 2001 et évolution temporelle de 1992 à

2001. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Québec. Ministère de l'Environnement du Québec. Enrivodoq n° EN/2002/0365, rapport n° QE/137. 45 p., 5 annexes.

GIROUX I., ROBERT C. et DASSYLVA N., 2006. Présence de pesticides dans l'eau au Québec: Bilan dans des cours d'eau de zones en culture de maïs et de soya en 2002, 2003 et 2004, et dans les réseaux de distribution d'eau potable, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Direction des politiques de l'eau et Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ISBN 2-550- 46504-0. 57 p., 5 annexes.

GRATTON L. et BARITEAU L., 1998. Avis sur l'évolution de la plage du parc provincial d'Oka, MEF, Gouv. Du Québec, 16 pp.

GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU, 2003. Atrazine et ses métabolites, dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec. 10 p.

HÉBERT S., 2000. Modélisation de la qualité bactériologique d'un site potentiel de baignade à l'anse au Foulon, Sillery, été 1999. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/foulon/index.htm

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE, 2005. Pesticides, agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. 119 p.

KING D. et LE BISSONNAIS Y., 1992. Rôle des sols et des pratiques culturales dans l'infiltration et l'écoulement des eaux. Exemple du ruissellement et de l'érosion sur les plateaux limoneux du nord de l'Europe. C. R. Acad. Agric. Fr. 78, n° 6, pp. 91-105.

LACHANCE A., 2006. Les milieux humides forestiers, un patrimoine naturel à conserver – Inventaire biologique de milieux humides de la région du Centre-du-Québec. Rapport présenté au Centre de recherche et d'éducation à l'environnement régional (CRÉER). 152 p., 2 annexes.

LAFRANCE P., BANTON O. et GAGNÉ P., 1997. Exportation saisonnière d'herbicides vers les cours d'eau mesurée sur six champs agricoles sous quelques pratiques culturales du maïs (Basses-Terres du St-Laurent). Revue des Sciences de l'eau. pp 439-459.

LAMONTAGNE M.P. et GAUTHIER J.P., 1975. Étude limnologique : Les Trois-Lacs (Comté de Richmond), ministère des Richesses Naturelles, Direction générale des eaux, QE-12. 136 p.

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, pp. 1793-1811.

LEMMENS M., 2004. Un portrait alarmant de l'état des lacs et des limitations d'usages reliées aux plantes aquatiques et aux sédiments. Bilan (1996-2003), Regroupement des associations pour la protection de l'environnement et des cours d'Eau de l'Estrie et du haut bassin de la rivière Saint-François (RAPPEL), 319 p., annexes.

LUNDBERG I. et KREUGER J., 1995. Pesticides et eaux de surface - Étude sur la situation concernant la pollution des eaux de surface par des résidus de pesticides dans les pays nordiques, en Allemagne et aux Pays-Bas, et les problèmes associés à la contamination par des pesticides. Conseil de l'Europe. Comité d'experts sur les pesticides, Anders Johnson, Council of Europe. Publié par Council of Europe.

MALAVOI J.R., 1998. Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau. Bassin Rhône Méditerranée Corse, guide technique N° 2. SDAGE Rhône Méditerranée Corse. 39 p.

MAMR, 2008, Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2007.

MC NEELY R.N., NEIMANIS V.P. et DWYER L. - 1979 - Références sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux. - Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa. 88 p.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2011. Résultats du suivi des produits pharmaceutiques et de soins personnels ainsi que des hormones dans des eaux usées, de l'eau de surface et de l'eau potable au Québec - Période 2003-2009.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (MENV) – RÉGION CENTRE-DU-QUÉBEC, 2001-2002. Évaluation des taux moyens annuels en coliformes fécaux et des charges moyennes annuelles en azote total, phosphore total et solides en suspension dans les rivières Nicolet, Nicolet Sud-Ouest et dans les tributaires échantillonnés. 8p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV). 2003c. Critères de qualité de l'eau de surface au Québec. Québec. http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau

PIEGAY H., BARGE O., BRAVARD J.-P., LANDON N. et PEIRY J.L., 1996. Comment délimiter l'espace de liberté des rivières? In : " L'homme, l'eau et la nature ". Colloque de la Société Hydrotechnique de France, 18-19-20septembre 1996, Paris, 10 p.

POTTIER N. L'utilisation des mesures non structurales pour la gestion du risque d'inondation. Dans Le Coz (dir.). Pluie et environnement, Presses de l'ENPC, 1998, pp. 143-175.

RAPPEL, 2008. Diagnostic environnemental global du bassin versant du lac Denison, Réd. D. Poirier, M. Dubois, Sherbrooke, 105 p., 6 annexes.

ROBITAILLE P. 1994. Qualité des eaux du bassin de la rivière Nicolet, 1979 à 1992. Direction des écosystèmes aquatiques. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, rapport no QE-87, Envirodoq EN 940249. 74 p., 6 annexes.

ROHR J.R. and CRUMRINE P.W., 2005. Effects of an herbicide and an insecticide on pond community structure and processes. Ecological Applications. Vol. 15, No. 4, pp. 1135-1147.

ROHR J.R., SCHOTTHOEFER A.M., RAFFEL T.R., CARRICK H.J., HALSTEAD N., HOVERMAN J.T., JOHNSON C.M., JOHNSON L.B., LIESKE C., PIWONI M.D., SCHOFF P.K. and BEASLEY V.R., 2008. Agrochemicals increase trematode infections in a declining amphibian species. *Nature* 455, pp. 1235-1239.

RONDEAU B., GIROUX I., LAMONTAGNE J., DEBLOIS C., ST-AMAND A. et DASSYLVA N., 2005. Suivi des pesticides dans les eaux du fleuve Saint-Laurent et de ses tributaires, Environnement Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Rapport d'étape. 15 p.

SAMUEL O., 2005. Votre santé vous préoccupe ? Attention aux pesticides ! Colloque sur la serriculture. Des outils à votre portée... question de santé et de rentabilité.

SANTÉ CANADA, 2008. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - tableau sommaire (préparé par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du comité fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement). 14 p.

THIERREN K., 2004. Les milieux humides : un patrimoine naturel à conserver – Inventaire biologique de 31 milieux humides de la région du Centre-du-Québec. Rapport présenté au Centre de recherche et d'éducation à l'environnement régional (CRÉER). 190 p., 4 annexes.

WALL G.J., COOTE D.R, PRINGLE E.A., et SHELTON I.J., 2002. RUSLE-CAN - Équation universelle révisée des pertes de sol pour application au Canada. Manuel pour l'évaluation des pertes de sol causées par l'érosion hydrique au Canada. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, No de la contribution AAC2244F. 117 p.

WISCHMEIER W.H. and SMITH D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., Agricultural Handbook. N° 537, 58 p.

YASSOGLU N., MONTANARELLA L., GOVERS G., VAN LYNDEN G., JONES R.J.A., ZDRULI P., KIRKBY M., GIORDANO A., LE BISSONNAIS Y., DAROUSSIN J. and KING D., 1998. Soil Erosion in Europe. European Soil Bureau.