

**Nom de la zone** : Nord, du **Date** : 1 mars. 24

**Catégorie de problématique** : 4. Érosion des berges/érosion côtière

**Catégorie présente** : ☒

1) Les problématiques de cette catégorie se définissent dans la zone par les éléments suivants :

## DESCRIPTION FACTUELLE

Selon la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, pour des raisons de santé publique et de protection environnementale des milieux humides et hydriques, les zones d'érosion et les glissements de terrain font partie des zones de contraintes devant être déterminées dans les schémas d'aménagement et de développement (SAD) des MRC (Chapitre A-19.1, Article 5). Les données actuellement disponibles concernant les zones d'érosion et les zones de glissements de terrain sur la ZGIE proviennent des SAD des MRC et de communications personnelles de certaines municipalités. Les données d'événements historiques d'érosion et de glissement de terrain proviennent quant à elles de l'historique des événements de la sécurité civile rendus disponibles par le ministère de la Sécurité publique (MSP) (Gouvernement du Québec, 2020).

### Hydrographie et hydrologie

La MRC des Pays-d'en-Haut a effectué des études le long de la rivière du Nord entre Sainte-Adèle et Piedmont dans les secteurs sensibles à l'érosion en raison du relief accidenté, de la présence de sédiments fins (limon et argile) et de la modification de la couverture végétale. Les relevés ont permis d'identifier des zones d'érosion actives sur plusieurs versants de talus riverains, situées sur le côté extérieur des méandres. Quelques zones d'érosion probables ont aussi été observées dans les secteurs ayant des talus boisés de plus de 10 m de hauteur et dont la pente excède 30 %. (MRC des Pays-d'en-Haut, 2005). Le territoire de la MRC de La Rivière-du-Nord comporte uniquement deux zones à risques de mouvement de terrain à Prévost en bordure de la rivière du Nord dans les limites de la ZGIE (MRC de La Rivière-du-Nord, 2017).

Plusieurs événements d'érosion et de glissement de terrain ont fait reconnaître à la MRC d'Argenteuil que les secteurs les plus sujets aux mouvements de sol sont situés aux abords du ruisseau des Vases et de la rivière de l'Ouest dans la ville de Brownsburg-Chatham (MRC d'Argenteuil, 2009). La rivière du Nord présente aussi quelques secteurs de mouvements de sol dans les limites de la MRC, soit deux à Lachute et un à Saint-André-d'Argenteuil. Pour la rivière du Nord, on peut remarquer que plusieurs événements d'érosion et de glissement de terrain sont survenus dans les rives concaves du cours d'eau avec des pentes généralement plus abruptes. Certains événements sont aussi localisés à la confluence d'un tributaire et de la rivière du Nord.

## HYPOTHÈSE DE SA PRÉSENCE

### Dépôts de surface

Selon la nature de ses sols, la Plate-forme du Saint-Laurent, située au sud, serait la province géologique de la ZGIE du Nord la plus propice aux phénomènes d'érosion et de transport des sédiments. On y retrouve en effet majoritairement des dépôts de surface de type marin, qui sont des dépôts fins, composés d'argile, mais qui peuvent renfermer du limon et du sable fin. Ils présentent une topographie relativement plane, ravinée par les cours d'eau durant l'exondation (MFFP, 2020). En bordure de la rivière du Nord et de ses principaux tributaires on retrouve également plusieurs secteurs avec des dépôts de surface de type fluvial, qui sont bien stratifiés. Ils se composent généralement de gravier et de sable, ainsi que d'une faible proportion de limon et d'argile. Ils représentent des dépôts qui ont été charriés et mis en place par un cours d'eau et présentent une surface généralement plane (MFFP, 2020). Dans le cas de la province géologique du Grenville, plusieurs zones de contraintes liées à l'érosion des berges existent en bordure de la rivière du Nord dans les limites municipales de Prévost, Piedmont et Sainte-Adèle. Les dépôts de surface en bordure de la rivière du Nord sont aussi majoritairement de type marin et fluvial dans les limites de Sainte-Adèle et Saint-Jérôme (MFFP, 2020).

En bordure de la rivière du Nord en amont de Sainte-Adèle, ainsi qu'en bordure des principaux tributaires situés dans la province géologique, les dépôts de surface sont plutôt de type fluvioglaciaire, glaciaire ou organique. Ces dépôts sont composés de sédiments hétérométriques, dont la forme varie de subarrondie à arrondie et ont été mis en place par l'eau de fonte d'un glacier. Ils sont stratifiés et peuvent renfermer des poches de till (MFFP, 2020). Les dépôts glaciaires sont quant à eux généralement composés de till et sont suffisamment épais pour créer un relief sur des formations meubles ou rocheuses.

### **Topographie**

Le phénomène d'érosion des rives de la rivière du Nord est observé lorsque des talus boisés de plus de dix mètres de hauteur et dont la pente excède 30 % sont présents (MRC des Pays-d'en-Haut, 2005). La limite de 30 % est d'ailleurs considérée pour caractériser les pentes fortes, sur lesquelles il doit toujours y avoir une protection au sol afin de contrer l'érosion (Provencher et Thibault, 1979). Il est à noter qu'environ 8 % du territoire de la ZGIE est constitué de pentes supérieures à 30 % et que celles-ci sont presque exclusivement situées dans le Plateau laurentien, à flanc de collines (Gouvernement du Québec, 2019).

### **Utilisation du territoire**

Les zones d'érosion de la rivière du Nord situées entre Sainte-Adèle et Piedmont sont en aval d'un secteur avec une importante densité de population (plus de 400 habitants par km<sup>2</sup> selon les îlots de diffusion) (Statistique Canada, 2016). On remarque un autre important secteur avec une densité de population élevée (plus de 400 habitants par km<sup>2</sup> selon les îlots de diffusion) tout juste en amont des zones d'érosion. Une évaluation du taux d'imperméabilisation des sols par bassins et sous-bassins-versants a été réalisée à l'aide de la méthode de mesures indirectes décrite par Mason et Knight (2001). Les calculs ont été basés sur les catégories d'utilisation du territoire (MELCC, 2018) et les taux d'imperméabilisation type (ex. : milieux ouverts, agriculture, urbain, transports). Les résultats pour chacun des bassins et sous-bassins-versants, ainsi que pour les municipalités de la ZGIE sont détaillés dans les tableaux ci-dessous.

### **Récréotourisme**

Les remous produits par les embarcations motorisées ont pour effet de créer le battement des vagues contre les rives, soit le batillage. Le batillage est une cause importante de l'érosion des rives. L'amplitude de l'érosion est variable et dépend étroitement de la nature du substrat des rives (Gouvernement du Canada, s. d.). La hauteur de la vague générée par les embarcations dépend de différents facteurs notamment, la vitesse, la distance de la rive, la profondeur de l'eau, la taille de l'embarcation, la forme de la coque et la distribution du poids à l'intérieur de l'embarcation (Gouvernement du Canada, s. d.). Une vitesse inférieure à 10 km/h est considérée comme raisonnable à proximité des rives sensibles puisque la hauteur de la vague ne causerait pas de dommages significatifs (Gouvernement du Canada, s. d.).

La rivière du Nord est navigable uniquement dans sa portion sud, à partir de sa confluence avec la rivière Rouge (Saint-André). Concernant les plans d'eau avec embarcations motorisées autorisées, malheureusement, les données ne sont pas exhaustives, mais pour en nommer quelques-uns :

- Lac Ludger – Lantier
- Lac Manitou – Ivry-sur-le-Lac
- Lac des Sables – Sainte-Agathe-des-Monts
- Lac Saint-Joseph – Saint-Adolphe-d'Howard
- Lac Théodore – Saint-Adolphe-d'Howard
- Lac Louisa – Wentworth
- Lac Masson – Sainte-Marguerite-du-Lac-Masson
- Lac Barron – Gore

Les installations récréatives comme les golfs et les stations de ski ou de glissade sur tube peuvent également contribuer à augmenter l'érosion des berges, lorsque près de celles-ci. La réduction du couvert végétal permet une moins grande infiltration des eaux de précipitation par les végétaux, augmentant ainsi le ruissellement de surface et modifiant le régime hydrologique, particulièrement dans les pistes de ski et de glissade.

**Tableau 1. Taux d'imperméabilisation des sols par bassin versant**

Bassins versants de niveau 2 Bassins versants de niveau 3	Taux d'imperméabilisation (%)
Cushing	7,5
Laughren	7,7
Mcvean	7,6
Watson	3,9
Sans noms et écoulements directs	8,3
Du Nord	8,6
Aux Mulets	8,3
Bellefeuille	14,1
Bonniebrook	5,3
De l'Ouest	4,0
Des Hauteurs	19,9
Doncaster	4,3
Grand Ruisseau	25,0
La Boucane	20,4
Lachapelle	11,7
Lachute	7,5
Marois	7,7
Morand	5,9
Noire	6,4
Petite Rivière	4,7
Régimbald	4,7
Robert	5,8
Ruisseau Doncaster	7,4
Saint-André (Rouge)	6,0
Saint-Antoine	29,0
Sainte-Marie	11,1
Saint-Louis	9,8
Simon	7,3
Walker	37,3
Williams	3,8
Sans noms et écoulements directs	10,6

**Tableau 2. Taux d'imperméabilisation des sols par municipalité**

Municipalité	Taux d'imperméabilisation (%)
Brownsburg-Chatham	5,8
Chertsey	4,3
Entrelacs	4,9
Estérel	5,5
Gore	3,2
Grenville-sur-la-Rouge	3,2
Harrington	2,2
Ivry-sur-le-Lac	4,5
Lachute	11,9
Lac-Supérieur	2,1
Lantier	5,0
Mille-Isles	4,9
Mirabel	13,0
Mont-Blanc	5,9
Montcalm	2,1
Morin-Heights	8,9
Notre-Dame-de-la-Merci	3,1
Piedmont	13,5
Prévost	22,8
Saint-Adolphe-d'Howard	4,9
Saint-André-d'Argenteuil	7,2
Saint-Colomban	12,5
Saint-Donat	3,4
Sainte-Adèle	11,6
Sainte-Agathe-des-Monts	9,0
Sainte-Anne-des-Lacs	7,1
Sainte-Lucie-des-Laurentides	4,5
Sainte-Marguerite-du-Lac-Masson	5,4
Sainte-Sophie	14,5
Saint-Hippolyte	7,1
Saint-Jérôme	32,5
Saint-Placide	6,0
Saint-Sauveur	16,9
Territoire Mohawks	1,6
Val-David	13,6
Val-des-Lacs	2,9
Val-Morin	9,8
Wentworth	2,1
Wentworth-Nord	3,0

### Attitude/comportement social

En zone agricole, beaucoup de cours d'eau naturels ont été redressés dans le but d'améliorer le drainage des terres. La zone agricole décrite sur la ZGIE du Nord est d'environ 467,8 km<sup>2</sup>. On retrouve dans cette zone, près de 992 km de cours d'eau dont 322 km sont des cours d'eau permanents et 580 km des cours d'eau intermittents (Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ), 2019). Il est cependant actuellement impossible de connaître combien de kilomètres de cours d'eau ont été linéarisés dans cette zone.

La dégradation des bandes riveraines, la linéarisation des cours d'eau et le remblayage de creux topographiques dans certains secteurs agricoles ont entraîné la perte de plusieurs milieux humides riverains. Cette artificialisation des rives a apporté son lot de problématiques interreliées : érosion verticale et horizontale du lit, décrochement de berges, sédimentation, etc. Par exemple, les rives de la rivière Rouge (Saint-André) ont été fortement artificialisées depuis plusieurs décennies. En 2019, lors d'une rencontre organisée par la MRC d'Argenteuil, des producteurs du bassin versant ont fait part de leurs inquiétudes concernant la problématique d'érosion des berges de la rivière, celle-ci étant tellement majeure que certains producteurs ont d'ailleurs affirmé craindre pour leur sécurité.

## **Changements climatiques**

L'augmentation des températures prévue pour la région des Laurentides, réduira la présence de neige ou de glace qui agit comme couche protectrice des berges afin d'atténuer les impacts des crues.

Une augmentation des fréquences et de l'intensité des précipitations peut également avoir un effet notable sur les risques d'érosion. Celles-ci pourraient entraîner des modifications importantes au niveau du régime hydrologique en augmentant la fréquence et l'ampleur des débits de pointe (maximal). La modification des débits entraînant un déséquilibre sédimentaire pourrait donc accentuer les processus d'érosion des berges (Roy, 2011).

1) Les problématiques de cette catégorie se définissent dans la zone par les éléments suivants :  
(Suite)

## CONSÉQUENCES PRINCIPALES

Source principale : (RAPPEL, s. d.).

### Environnementales

- Altération de la qualité de l'eau par l'augmentation des concentrations en matières en suspension (MES). Les MES retrouvées dans les plans d'eau peuvent provenir d'une érosion des sols suivie du transport des sédiments vers les plans d'eau ou d'une remise en suspension des sédiments déposés au fond.
- Libération d'éléments nutritifs (phosphore et azote) qui favorisent la prolifération des algues et de plantes aquatiques
- Altération des habitats fauniques par sédimentation et envasement
- Diminution de la transparence de l'eau
- Réchauffement de l'eau
- Diminution des concentrations d'oxygène dissous
- Diminution de la biodiversité aquatique
- Augmentation des risques d'inondation à cause du colmatage des cours d'eau
- Apport de produits toxiques (métaux) qui accompagnent les sédiments
- Vieillessement accéléré des plans d'eau

### Économiques

- Perte de sols fertiles affectant le rendement des cultures (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2008)
- Perte de terrain affectant la valeur des propriétés riveraines
- Endommagement ou destruction d'infrastructures privées ou publiques (routes, ponts, bâtiments). L'érosion des sols peut bloquer les ponceaux, les égouts pluviaux et les drains agricoles.
- Augmentation des coûts de filtration de l'eau potable
- Diminution de la valeur marchande des propriétés à la suite de l'altération de la qualité de l'eau et la prolifération des plantes

### Sociales

- Perte de terrains publics ou privés entraînant des risques pour la sécurité
- Perte de zones de baignade
- Diminution des superficies navigables
- Perte du sentiment d'appartenance envers le plan ou le cours d'eau. Les gens peuvent trouver que leur lac n'est plus propre/beau à cause des plantes par exemple.

1) Les problématiques de cette catégorie se définissent dans la zone par les éléments suivants :  
(Suite)

## LOCALISATION GÉNÉRALE

### Superficie totale et superficie dans les différents sous-bassins

Tableau 3. Superficie des zones d'érosions et de glissements de terrain (km<sup>2</sup>) par bassins versants de niveaux 3 et 4 de la ZGIE

Principaux bassins versants de niveau 3 Bassins versants de niveau 4	Superficie (km <sup>2</sup> )	% de la ZGIE	Superficie de zone d'érosion (km <sup>2</sup> )	Superficie de zone de glissement de terrain (km <sup>2</sup> )
Rivière de l'Ouest				
<i>Ruisseau des Vases</i>	63,5	2,8		2,3
Rivière à Simon	165,6	7,2		0,2
Ruisseau Laurin	6,8	0,3	0,6	
Ruisseau Morand	4,8	0,2	0,7	
Écoulements directs - Rivière du Nord	254,8	11,1	0,6	0,7

Tableau 4. Historique des événements de sécurité civile d'érosion et de glissements de terrain par bassins versants de niveaux 3 et 4 de la ZGIE

Bassins versants de niveau 3 Bassins versants de niveau 4	Superficie (km <sup>2</sup> )	% de la ZGIE	Nombre d'événement d'érosion répertorié	Nombre d'événement de glissement de terrain répertorié
Rivière de l'Ouest	369,2	16,1	3	3
<i>Ruisseau des Vases</i>	63,5	2,8		1
<i>Rivière de l'Est</i>	45,3	2,0	2	
Rivière à Simon	165,6	7,2	1	2
Rivière aux Mulets	137,7	6,0		2
Ruisseau Bonniebrook	86,6	3,8		1
Ruisseau Williams	61,8	2,7	1	
Rivière Bellefeuille	47,6	2,1		1
Ruisseau Saint-Louis	19,4	0,8		1
Ruisseau à Régimbald	17,1	0,7		1
Ruisseau Marois	13,7	0,6	1	
Ruisseau des Hauteurs	11,7	0,5		1
Autres	372,1	16,2	2	4
Écoulements directs – Rivière du Nord	254,8	11,1		37

### Limites physiographiques

Tableau 5. Superficie des zones d'érosions et de glissements de terrain (km<sup>2</sup>) par région physiographique

Région physiographique	Superficie dans la ZGIE (km <sup>2</sup> )	Superficie de zone d'érosion (km <sup>2</sup> )	Superficie de zone de glissement de terrain (km <sup>2</sup> )
Bouclier canadien	1841,4	0,6	0,9
Basses terres du Saint-Laurent	4578,0	1,3	3,3

Tableau 6. Historique des événements de sécurité civile d'érosion et de glissements de terrain par région physiographique

Région physiographique	Superficie dans la ZGIE (km <sup>2</sup> )	Nombre d'événement d'érosion répertorié	Nombre d'événement de glissement de terrain répertorié
Bouclier canadien	1841,4	8	42
Basses terres du Saint-Laurent	4578,0	0	8

## Limites administratives

Tableau 7. Superficie des zones d'érosions et de glissements de terrain (km<sup>2</sup>) par municipalités dans les limites de la ZGIE

Municipalités	Superficie			Superficie de zone d'érosion (km <sup>2</sup> )	Superficie de zone de glissement de terrain (km <sup>2</sup> )
	Totale (km <sup>2</sup> )	À l'intérieur de la ZGIE (km <sup>2</sup> )	% de la ZGIE		
Brownsburg-Chatham (V)	254,8	247,8	97,2	10,8	3,3
Mirabel (V)	486,0	171,8	35,4	7,5	1,3
Prévost (V)	35,1	35,1	100,0	1,5	0,7
Piedmont (M)	24,8	24,8	100,0	1,1	0,2
Sainte-Adèle (V)	124,8	118,8	95,2	5,2	0,2

Tableau 8. Historique des événements de sécurité civile d'érosion et de glissement de terrain par municipalités dans les limites de la ZGIE

Municipalités	Nombre d'événement d'érosion répertorié	Nombre d'événement de glissement de terrain répertorié
Brownsburg-Chatham	1	3
Gore	2	
Lachute		7
Mirabel		2
Piedmont		13
Prévost		11
Saint-Colomban	1	2
Saint-Jérôme		2
Sainte-Adèle	1	9
Sainte-Agathe-des-Monts	1	1
Sainte-Anne-des-Lacs	1	
Sainte-Lucie-des-Laurentides		1
Val-Morin		2
Wentworth	1	

## Dépôts de surface et topographie

Les dépôts de surface des zones d'érosion et de glissement de terrain de la rivière du Nord situées dans les limites administratives de Sainte-Adèle sont majoritairement de type fluvioglaciaire et marin (MFFP, 2020). Les dépôts de surface des zones d'érosion et de glissement de terrain de la rivière du Nord situées entre les limites administratives de Piedmont et Saint-Jérôme sont majoritairement de type fluvial et marin. On retrouve les mêmes dépôts de surface pour les zones de glissement de terrain situées dans le bassin versant de la rivière de l'Ouest (niv.3) à Brownsburg-Chatham (MFFP, 2020). La granulométrie des zones d'érosion et de glissement de terrain de la rivière du Nord est généralement loameuse grossière.

Les zones de glissement de terrain situées dans le bassin versant de la rivière de l'Ouest ont quant à elles une granulométrie argileuse fine. Elles sont également situées dans des secteurs où les pentes sont entre 31 % et 40 %. Les zones d'érosion situées dans le bassin versant du ruisseau Morand (niv.3) à Mirabel ont des dépôts de surface de types glaciaire et marin. La granulométrie est sableuse et loameuse grossière pour ces zones. Les pentes des rives des zones d'érosion et de glissement de terrain de Sainte-Adèle à Prévost sont majoritairement au-dessus de 51 % (Gouvernement du Québec, 2019).

Les glissements de terrain sont aussi présentés dans la catégorie de problématique *Érosion des berges*, car ceux qui se produisent en bordure de cours d'eau résultent généralement de la combinaison de facteurs aggravants ou déclencheurs, notamment la présence d'érosion en base de talus, l'inclinaison de la pente, les propriétés géologiques et géotechniques des sols, les conditions d'eau souterraine, etc. Ils surviennent majoritairement au printemps et à l'automne, lorsque les pressions d'eau dans les sols sont élevées et néfastes à la stabilité des talus (Gouvernement du Québec, 2017). Également, les glissements de terrain qui surviennent dans les sols argileux sont les plus préoccupants, car ils sont les plus fréquents et peuvent atteindre de très grandes dimensions (Gouvernement du Québec, 2017).

2) Les problématiques de cette catégorie sont causées par les éléments suivants dans la zone:

Les différentes causes de l'érosion des berges sont présentées dans le Tableau 9 selon les processus d'érosion possibles sur la ZGIE.

*Tableau 9. Classification des processus d'érosion des berges (Bernatchez et Dubois, 2004)*

Type de processus	Processus d'érosion
<b>Aérodynamique/hydrodynamique</b>	Éolisation Abrasion et sapement des vagues Prise en charge de sédiments par les glaces littorales Abrasion par variation des niveaux d'eau Dynamique fluviale
<b>Hydrogéologique/gravitaire</b>	Glissement (rotationnel, par décrochement, superficiel) Coulée (argileuse, boueuse, sableuse) Ravinement Écroulement Éboulis
<b>Météorisation</b>	Cryogénie (gélifraction, solifluxion) Dessiccation
<b>Anthropique</b>	Construction d'obstacles à la circulation des sédiments Excavation et prélèvement de matériaux Construction de structures de protection contre l'érosion Concentration de l'écoulement des eaux Dénudation des surfaces Compaction des sols Augmentation de l'abrasion et du sapement des vagues Captage d'eau Travaux ou nettoyage de cours d'eau Absence ou mauvais aménagement (ex. sortie de drain) Destruction/dégradation des milieux humides Activités récréatives terrestres
<b>Biologique</b>	Nidification Picorage Piétinement
<b>Chimiques</b>	Dissolution Corrosion

Compléments d'information pour certains processus d'érosion :

**Aérodynamique/hydrodynamique**

- Prise en charge de sédiments par les glaces littorales. Lorsque la glace se forme à la surface d'un cours d'eau, elle emprisonne certains éléments présents sur les rives. Durant l'hiver, s'il advient que le niveau de l'eau s'élève, la glace se soulève arrachant les éléments sous son emprise. La végétation, les empierrements avec aspérités et les aménagements de génie végétal (tels que les pieux) peuvent être emportés suite à des variations de niveau des eaux et de la glace (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2008).
- Dynamique fluviale. Dans un méandre, l'érosion se fait sur la rive concave, à pente raide, là où la vitesse du courant est la plus grande, alors que le dépôt se fait sur l'autre rive, convexe, là où la vitesse du courant est plus faible, formant une terrasse alluviale (Université Laval, s. d.).

**Hydrogéologique/gravitaire**

- La nature du sol. Les sables fins, les limons, les argiles et la matière organique ont une granulométrie fine qui est facilement transportée par l'eau. Les dépôts de surface de type marin, fluvial et organique qu'on retrouve généralement en bordure de la rivière du Nord et de quelques tributaires sont composés de matériaux fins (sables, limons, argiles) (MFFP, 2020)
- La pente de la rive. La limite de 30 % est considérée pour caractériser les pentes fortes, sur lesquelles il doit toujours y avoir une protection au sol afin de contrer l'érosion (Provencher et Thibault, 1979).



## Anthropique

Les modifications apportées au lit et aux berges d'un cours d'eau, comme un déplacement, un redressement, un dragage ou une stabilisation de berge peuvent avoir des impacts à long terme sur la dynamique du cours d'eau et sur son fonctionnement. Le cours d'eau tendra toujours à retrouver un état d'équilibre entre le transport sédimentaire et le débit. Une intervention mal planifiée peut avoir des répercussions à long terme, car le cours d'eau cherchera à s'ajuster afin de retrouver une forme stable (L'Association des gestionnaires régionaux des cours d'eau du Québec (AGRCQ), 2017).

- Construction d'obstacles à la circulation des sédiments. Afin de retrouver un équilibre lors de déficit sédimentaire, le cours d'eau se retrouve dans une phase d'érosion, provoquant des ajustements majeurs de la morphologie du cours d'eau qui peuvent s'avérer extrêmement dommageables, tant pour les infrastructures anthropiques que pour les écosystèmes (AGRCQ, 2017).
- Construction de structures de protection contre l'érosion. Les modifications apportées aux berges d'un cours d'eau, comme une stabilisation de berge peuvent avoir des impacts à long terme sur la dynamique du cours d'eau et sur son fonctionnement. Le cours d'eau tendra toujours à retrouver, à s'ajuster vers un état d'équilibre, une forme stable entre le transport sédimentaire et le débit. L'évolution des méandres dans les cours d'eau ayant une certaine puissance est naturelle et inévitable. En tout temps, le cours d'eau doit équilibrer son débit sédimentaire et son débit liquide. En stabilisant une berge à un endroit donné, les berges s'éroderont ailleurs (AGRCQ, 2017).
- Concentration de l'écoulement des eaux. Le redressement (linéarisation) de plusieurs segments de cours d'eau peut donner lieu à une instabilité dans le débit et le transport sédimentaire. Ainsi, un cours d'eau sinueux qui a été redressé tendra naturellement à retrouver une forme sinueuse. En éliminant les méandres et en augmentant la pente du lit, le cours d'eau avec un plus grand débit, cherchera à éroder les berges pour transporter une plus grande charge de sédiments (AGRCQ, 2017). Les activités agricoles, le milieu bâti et les infrastructures routières contribuent à limiter la création de nouveaux méandres et donc à restreindre la mobilité du cours d'eau. Plusieurs interventions humaines ont participé à contrôler le processus de migration naturelle du cours d'eau.
- Dénudation des surfaces. La diminution du couvert végétal (déforestation, dévégétalisation) réduit l'infiltration des eaux de précipitation par les végétaux et augmente le ruissellement. Les eaux de ruissellement (de précipitations) atteignent plus rapidement les cours d'eau et augmentent les débits, provoquant ainsi une instabilité et favorisant l'érosion des berges. Les activités agricoles, les activités forestières mal planifiées, le développement anthropique et le développement des infrastructures routières (remblais, artificialisation des rives, etc.) sont des activités pouvant diminuer le couvert végétal.
- Compaction des sols. La compaction des terres agricoles et des sols de chantier de construction peut augmenter la compaction du sol et diminuer ses caractéristiques hydrologiques et ses propriétés d'infiltration et de drainage des eaux de ruissellement.
- Augmentation de l'abrasion et sapement des vagues par les embarcations de plaisance. Certaines embarcations de plaisances produisent des remous qui génère des vagues qui viennent frapper les berges, entraînant la perturbation des rives (Das et Johnson, 1970). Contrairement aux vagues d'origine naturelle, les vagues générées par les bateaux exercent une pression supplémentaire sur les rives, car elles sont intermittentes, rapides et soudaines (Lindholm, Svartström, Spooft et Meriluoto, 2001).
- Capture d'eau. La modification des régimes des nappes phréatiques situées en bordure de rives peut jouer un rôle sur la stabilité des dépôts de surface (Roy, 2011).
- Travaux ou nettoyage de cours d'eau. Les travaux dans le lit des cours d'eau, par exemple l'entretien des cours d'eau, entraînent une érosion accrue lorsque les méthodes appropriées ne sont pas mises en place pour la réduire.
- Destruction/dégradation des milieux humides. On peut observer des changements dans le régime hydrologique causés par la perte de régulation des crues par les milieux humides.
- Activités récréatives terrestres. Le passage répété sur des sentiers mal aménagés peut induire une érosion significative qui, lorsque située à proximité d'un plan d'eau, pourrait entraîner un apport en sédiments. De plus, le piétinement peut compacter le sol et le rendre imperméable, créant davantage de ruissellement. La ZGIE compte un bon nombre de sentiers de randonnée pédestre ou de vélo en saison estivale et plusieurs sentiers de ski de fond et de raquette en saison hivernale.

### 3) Bibliographie

- Agriculture et Agroalimentaire Canada. (2008). Diagnostic et solutions des problèmes d'érosion des berges de cours d'eau. Services régionaux, région du Québec, Gare maritime Champlain 901, rue du Cap-Diamant, no 350-4 Québec. Repéré le 18 septembre 2023 à [https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Berges\\_FR\\_web.pdf](https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Berges_FR_web.pdf)
- Association des gestionnaires régionaux des cours d'eau du Québec (AGRCQ). (2017). Dynamique des cours d'eau. Dans *Guide sur la gestion des cours d'eau du Québec* (p. 321). Granby. Repéré le 18 juin 2020 à [https://agrcq.ca/wp-content/uploads/2016/11/GuideAGRCQ\\_Chapitre-3\\_27032017.pdf](https://agrcq.ca/wp-content/uploads/2016/11/GuideAGRCQ_Chapitre-3_27032017.pdf)
- Bernatchez, P. et Dubois, J.-M. (2004). Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien. *Géographie physique et Quaternaire*, 58(1), 45-71. doi:10.7202/013110ar
- Das, M. M. et Johnson, J. W. (1970). Waves generated by large ships and small boats. *Coastal Engineering Proceedings*, (12), 138-138. doi:10.9753/jicce.v12.138
- Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ). (2019). Jeu de données (mis à jour le 14 juillet 2023). Gouvernement du Québec.
- Gouvernement du Canada. (s. d.). Érosion des rives par le batillage. Repéré le 18 septembre 2023 à [https://www.marinfo.gc.ca/doc/erosion/erosion\\_des\\_berges\\_fr.pdf](https://www.marinfo.gc.ca/doc/erosion/erosion_des_berges_fr.pdf)
- Gouvernement du Québec. (2017). Glissements de terrain dans les dépôts meubles - Types et causes. Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire.
- Gouvernement du Québec. (2019). LiDAR - Modèles numériques (terrain, canopée, pente) - Données Québec. Repéré le 14 janvier 2021 à <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/produits-derives-de-base-du-lidar>
- Gouvernement du Québec. (2020). Historique des événements de la sécurité civile. Repéré à [https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset?q=historique+s%C3%A9curit%C3%A9&extras\\_organisation\\_principale=](https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset?q=historique+s%C3%A9curit%C3%A9&extras_organisation_principale=)
- L'Association des gestionnaires régionaux des cours d'eau du Québec (AGRCQ). (2017). Impacts de la gestion des cours d'eau. Repéré le 25 septembre 2023 à [https://agrcq.ca/wp-content/uploads/2016/11/GuideAGRCQ\\_Chapitre-5\\_27032017.pdf](https://agrcq.ca/wp-content/uploads/2016/11/GuideAGRCQ_Chapitre-5_27032017.pdf)
- Lindholm, T., Svartström, M., Spoof, L. et Meriluoto, J. (2001). Effects of ship traffic on archipelago waters off the Långnäs harbour in Åland, SW Finland. *Hydrobiologia*, 444(1), 217-225. doi:10.1023/A:1017518131889
- Loi sur l'aménagement et l'urbanisme. , RLRQ c A-19.1. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/A-19.1>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2018). Utilisation du territoire : Méthodologie et description de la couche d'information géographique. Repéré à [ftp://ftp.mddelcc.gouv.qc.ca/DONNEES\\_OUVERTES/Utilisation\\_territoire/Utilisation\\_territoire\\_MELCC\\_2017.pdf](ftp://ftp.mddelcc.gouv.qc.ca/DONNEES_OUVERTES/Utilisation_territoire/Utilisation_territoire_MELCC_2017.pdf)
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2020). Dépôts de surface. Données Québec. Repéré le 17 janvier 2022 à <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/depots-de-surface>
- Municipalité régionale de comté (MRC) d'Argenteuil. (2009). Schéma aménagement et de développement révisé (SADR). Repéré le 25 mai 2020 à [https://www.argenteuil.qc.ca/database/Image\\_usager/2/Amenagement/SADR/SADR%201re%20partie%20cod%20administrative%209%20ao%20BBt%2018.pdf](https://www.argenteuil.qc.ca/database/Image_usager/2/Amenagement/SADR/SADR%201re%20partie%20cod%20administrative%209%20ao%20BBt%2018.pdf)
- Municipalité régionale de comté (MRC) de La Rivière-du-Nord. (2017). Schéma d'aménagement et de développement révisé. Repéré le 25 mai 2020 à [https://mrcrdn.qc.ca/IMG/pdf/20150903\\_section\\_3\\_schema\\_amenagement.pdf](https://mrcrdn.qc.ca/IMG/pdf/20150903_section_3_schema_amenagement.pdf)
- Municipalité régionale de comté (MRC) des Pays-d'en-Haut. (2005). Schéma d'aménagement et de développement. Repéré le 25 mai 2020 à <https://lespaysdenhaut.com/wp-content/uploads/2019/07/Schema-damenagement-et-de-developpment.pdf>
- Provencher, L. et Thibault, J.-C. (1979). *Géomorphologie appliquée à la localisation de sites propices à la récréation en milieu naturel: Haut-bassin de la rivière au Saumon, comté de Sherbrooke et Shefford*, (Mémoire). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Qc.
- RAPPEL. (s. d.). Érosion. Repéré le 18 septembre 2023 à <https://rappele.qc.ca/fiches-informatives/erosion/>
- Roy, A. (2011). Impacts des changements environnementaux sur les tributaires du Saint-Laurent. Repéré le 15 septembre 2023 à [https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/roy\\_a.pdf](https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/roy_a.pdf)
- Statistique Canada. (2016). Fichier des limites des îlots de diffusion. Repéré le 16 février 2021 à <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/92-163-X>
- Université Laval. (s. d.). Les eaux de ruissellement. Repéré le 19 septembre 2023 à <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/eaux.ruissellement.html>