UQAC
Université du Québec
à Chicoutimi

Analyses quantitatives et qualitatives de l'ancien village de Saint-Jean-Vianney afin d'évaluer la possibilité de le faire reconnaitre comme un géomorphosite

Par Lisa Depriester

Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue de l'obtention du grade de maîtrise en études et interventions régionales

Québec, Canada

© Lisa Depriester, 2021

RÉSUMÉ

Dans le contexte des cinquante ans de la tragédie de Saint-Jean-Vianney, en 2021, la Ville de Saguenay souhaite commémorer la mémoire des sinistrés par la création d'un parc géotouristique valorisant les éléments géomorphologiques et géologiques. Ainsi, un projet de recherche est effectué sur le secteur de l'ancien village de Saint-Jean-Vianney dans la région de Saguenay, au Québec, afin d'évaluer la possibilité de faire reconnaitre le site comme un géomorphosite. Ce territoire a été le théâtre de deux glissements de terrain majeurs : un premier en 1663 et un second le 4 mai 1971 et comporte de nombreux éléments pertinents pour la création d'un site d'intérêt géotouristique. Aujourd'hui abandonné, celui-ci possède un fort potentiel, notamment géologique et géomorphologique, mais également des points faibles.

Les désignations de « géosite » (pour les sites géologiques) et « géomorphosite » (pour les sites géomorphologiques) dominent dans la littérature depuis les années 2000 et plusieurs méthodes quantitatives existent afin de classer la valeur de chaque géomorphosite. Pour ce projet, trois objectifs spécifiques ont été réalisés afin de quantifier le potentiel du site :

1) une analyse de l'évolution historique et de la trajectoire géomorphologique du territoire ;
2) une caractérisation actuelle de la géomorphologie et de la géologie du site d'étude ;
3) une identification des sites d'intérêt géomorphologique et/ou géologique (à l'aide de fiches d'analyses quantitatives et qualitatives).

Étant donné la superficie du site d'étude, il a été décidé de travailler par zones homogènes afin de faciliter l'analyse. Le territoire a donc été découpé en treize secteurs. Parmi ceux-ci, certains ressortent plus aisément pour l'identification de géomorphosites potentiels. On peut citer par exemple, la zone de la rivière (zone 3) où de nombreux glissements ont eu lieu et où ils continuent d'évoluer, ou encore, la zone 4, qui possède un fort potentiel touristique. Certains secteurs contrastent notamment grâce à la présence de zone humide (zone 12), d'autres se distinguent en raison de leur importance géologique telle que le plateau intact (zone 10). En définitive, le parcours géotouristique propose un total de dix stations.

Un autre aspect important du territoire d'étude à considérer est le potentiel du risque naturel. Pour ce faire, l'étude de la trajectoire historique du territoire a son importance afin d'identifier les changements marquants. Elle permettra de connaitre l'évolution des glissements de terrain selon leurs superficies le long de la rivière Petit-Bras, mais aussi d'estimer l'évolution de l'érosion ou de la sinuosité de la rivière aux Vases depuis les années cinquante.

Finalement, le site de SJV possède un fort potentiel en termes de recherche, de tourisme ou d'éducation. Il semble primordial de mettre en avant ces atouts et permettre à la population de connaître ce lieu à fort potentiel et de valoriser la région de Saint-Jean-Vianney, autant pour commémorer la mémoire des victimes de 1971, que pour préserver ce territoire où un évènement unique est survenu dans le passé afin de conserver cet évènement dans la mémoire collective du Québec et d'ailleurs.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ 2
TABLE DES MATIÈRES 3
LISTE DES TABLEAUX 5
LISTE DES FIGURES 6
LISTE DES EQUATIONS 8
LISTE DES ABREVIATIONS 9
REMERCIEMENTS 12
INTRODUCTION 1
CHAPITRE 1 4
1.1 Problématique 4
1.2 Localisation et site d'étude 5
1.3 Pertinence de la recherche 8
1.4 Objectifs de recherche 9
CHAPITRE 2 - CADRE THEORIQUE ET ETAT DES CONNAISSANCES 10
2.1 Cadre physique régional 10
2.2 Géosites/géomorphosites 11
2.3 UNESCO, géoparcs et géomorphosites 13
2.4 Étude de la trajectoire 13
2.5 Argiles sensibles et glissement de terrain 15
2.6 Géorisques 21
2.7 Lois et catastrophes naturelles 22
CHAPITRE 3 - METHODOLOGIE 25
3.1 Méthodologie par objectif 25
3.1.1 Méthodologie pour l'objectif 1 : évolution historique et trajectoire 25
3.1.2 Méthodologie pour l'objectif 2 : caractérisation géomorphologique et géologique . 26
3.1.3 Méthodologie pour l'objectif 3 : sites d'intérêt géomorphologique 27
CHAPITRE 4 - RESULTATS 34
4.1 Zone 1 : Le glissement de 1971 34
4.2 Zone 2 : Le village 36
4.3 Zone 3 : La rivière Petit-Bras et la rivière aux Vases 38
4.3.1 Évolution de la trajectoire de la rivière Petit-Bras 41
4.3.2 Évolution de la trajectoire de la rivière aux Vases 42
4.4 Zone 4 : Secteur confluence avec le Saguenay 45
4.5 Zone 5 47
4.6 Zone 6 : Secteur privé de l'Alcan 48
4.7 Zone 7 50
4.8 Zone 8 51
4.9 Zone 9 53
4.10 Zone 10 : Le plateau intact 54
4.11 Zone 11 55
4.12 Zone 12 57

4.13 Zone 13 59
4.14 Résultats globaux des zones 1 à 13 61
4.15 Parcours géotouristique 62
CHAPITRE 5 - DISCUSSION 65
5.1 Évolution historique du territoire 65
5.2 Analyse de géomorphosites 66
CONCLUSION 68
Bibliographie 70
ANNEXES 75
ANNEXE 1 : Grilles détaillées de la zone 1 75
ANNEXE 2 : Grilles détaillées de la zone 2 77
ANNEXE 3 : Grilles détaillées de la zone 3 79
ANNEXE 4 : Croquis de formes morphologiques présentes dans le secteur de la zone 3 (zone de la rivière) 81
ANNEXE 5 : Grilles détaillées de la zone 4 83
ANNEXE 6 : Grilles détaillées de la zone 5 85
ANNEXE 7 : Grilles détaillées de la zone 6 87
ANNEXE 8 : Grilles détaillées de la zone 7 89
ANNEXE 9 : Grilles détaillées de la zone 8 91
ANNEXE 10 : Grilles détaillées de la zone 9 93
ANNEXE 11 : Grilles détaillées de la zone 10 95
ANNEXE 12 : Grilles détaillées de la zone 11 97
ANNEXE 13 : Grilles détaillées de la zone 12 99
ANNEXE 14 : Grilles détaillées de la zone 13 101

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : GRILLE D'ANALYSE DE LA VALEUR SCIENTIFIQUE 30
TABLEAU 2 : GRILLE D'ANALYSE DE LA VALEUR ADDITIONNELLE.....32
TABLEAU 3 : RESULTATS DE LA ZONE 1. 35
TABLEAU 4 : RESULTATS DE LA ZONE 2. 37
TABLEAU 5 : RESULTATS DE LA ZONE 3. 40
TABLEAU 6 : RESULTATS DE LA ZONE 4. 46
TABLEAU 7 : RESULTATS DE LA ZONE 5. 47
TABLEAU 8 : RESULTATS DE LA ZONE 6. 48
TABLEAU 9 : RESULTATS DE LA ZONE 7. 50
TABLEAU 10 : RESULTATS DE LA ZONE 8. 51
TABLEAU 11 : RESULTATS DE LA ZONE 9. 53
TABLEAU 12 : RESULTATS DE LA ZONE 10 55
TABLEAU 13 : RESULTATS DE LA ZONE 11 56
TABLEAU 14 : RESULTATS DE LA ZONE 12 58
TABLEAU 15 : RESULTATS DE LA ZONE 13 60
TABLEAU 16 : CLASSEMENT DES ZONES DU SITE D'ETUDE.....62
TABLEAU 17 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 1. 75
TABLEAU 18 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 2. 77
TABLEAU 19 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 3. 79
TABLEAU 20 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 4. 83
TABLEAU 21 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 5. 85
TABLEAU 22 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 6. 87
TABLEAU 23 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 7. 89
TABLEAU 24 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 8. 91
TABLEAU 25 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 9. 93
TABLEAU 26 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 10 95
TABLEAU 27 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 11 97
TABLEAU 28 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 12 99
TABLEAU 29 : GRILLES D'ANALYSES DE LA ZONE 13 101

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 – PHOTO DU GLISSEMENT DE 1971 2
FIGURE 2 – LIMITE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN DE 1663 ET 1971 (A), CARTE DE LOCALISATION DU SITE D'ETUDE (B)..... 6
FIGURE 3 – TOPOGRAPHIE ET TYPES DE MATERIAUX DANS LE SOL DU SITE D'ETUDE 7
FIGURE 4 – DEPOTS MARINS DE L'EST DU CANADA..... 11
FIGURE 5 – CONCEPT DE TRAJECTOIRE MORPHOLOGIQUE 14
FIGURE 6 – IMAGE LIDAR DU SITE DE SAINT-JEAN-VIANNEY 17
FIGURE 7 – UN ECHANTILLON D'ARGILE SENSIBLE A L'ETAT INTACT (A GAUCHE) ET REMANIE (A DROITE)..... 18
FIGURE 8 – DISTRIBUTION DES DEPOTS MARINS POST-GLACIAIRES (TRAME PLEINE GRISE) ET REPARTITION DES DONNEES DE L'INVENTAIRE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN DU MTQ (POINTS VERTS) 19
FIGURE 9 – ZONE DE CONTRAINTES RELATIVES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN DANS LA REGION DU SAGUENAY..... 20
FIGURE 10 – FRISE CHRONOLOGIQUE DES CATASTROPHES NATURELLES ET DES LOIS SUR LA SECURITE CIVILE AU QUEBEC. 23
FIGURE 11 – CARTE DU DECOUPAGE DES DIFFERENTS SECTEURS ETUDIES..... 27
FIGURE 12 – TRACES DE GLISSEMENTS (A) ; PRESENCE D'ARGILE DANS LA ZONE 1 (B) ; CARTE DE LA ZONE 1 (C)..... 35
FIGURE 13 – ANCIENNE ROUTE PRINCIPALE DU VILLAGE (A) ; VESTIGES DE L'ECOLE DU VILLAGE (B) ; CARTE DE LA ZONE 2 (C)..... 37
FIGURE 14 – SYSTEME DE RAVIN DE LA RIVIERE (A) ; PHOTOGRAPHIE PAR DRONE DE LA CONFLUENCE (B) ; FORMES MORPHOLOGIQUES PRESENT DANS LA RIVIERE PETIT-BRAS (C)..... 38
FIGURE 15 – BARRAGE DE BOIS MORT DANS LA RIVIERE PETIT-BRAS (A) ; PRESENCE DE BLOCS DANS LE CHENAL (RIVIERE AUX VASES) (B) ; CARTE DE LA ZONE 3 (C) 40
FIGURE 16 – GRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DES CICATRICES ENTRE 1950 ET 2017 41
FIGURE 17 – LOCALISATION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN LE LONG DE LA RIVIERE PETIT-BRAS SUR UNE PHOTOGRAPHIE AERIENNE DE 2017 (A) ; EVOLUTION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN LE LONG DE LA RIVIERE PETIT-BRAS ENTRE 1968 ET 2017 (B). L'ETOILE PERMET DE SE REPERER SELON LES ANNEES..... 42
FIGURE 18 – SUPERFICIES DES GLISSEMENTS PAR POINT KILOMETRIQUE DE LA RIVIERE AUX VASES PAR M² (A) ; SUPERFICIES D'EROSION PAR POINT KILOMETRIQUE DE LA RIVIERE AUX VASES PAR M² (B) ; EVOLUTION DE L'INDICE DE SINUOSITE DE LA RIVIERE AUX VASES PAR ANNEE (C) ; EVOLUTION DE LA LARGEUR DE LA RIVIERE AUX VASES EN METRE PAR ANNEE (D)..... 44
FIGURE 19 – PHOTOGRAPHIE PAR DRONE DE LA ZONE 4 (A) ; CARTE DE LA ZONE 4 (B) 46
FIGURE 20 – EXEMPLES DE POINT DE VUE DANS LA ZONE 5 47
FIGURE 21 – CARTE DES POINTS D'INTERETS DE LA ZONE 5 48
FIGURE 22 – PRESENCE DES LIGNES ELECTRIQUES DANS LA ZONE 6 49
FIGURE 23 – CARTE DES POINTS D'INTERETS DE LA ZONE 6 49
FIGURE 24 – PRESENCE DE RIVIERE SUR LE TERRITOIRE (A) ; PRESENCE DE CHEMINS ACCESSIBLES (B) ; TRACES DE GLISSEMENTS DE TERRAIN (C) 50
FIGURE 25 – CARTE DES POINTS D'INTERETS DE LA ZONE 7 51
FIGURE 26 – PRESENCE DE BARRAGES DE CASTOR (A) ; ZONES HUMIDES (B) ; CHEMIN PIETON (C) 52

FIGURE 27 – CARTE DES POINTS D'INTERETS DE LA ZONE 8 52
FIGURE 28 – TROU DE BOUE (A) ; PRESENCE DE VESTIGE (B) ; TRACE DE GLISSEMENT DE TERRAIN ENTRE LA ZONE 3 ET LA ZONE 9 (C) 53
FIGURE 29 – CARTE DES POINTS D'INTERETS DE LA ZONE 9 54
FIGURE 30 – POINT DE VUE PRES DE L'ANCIEN CHATEAU D'EAU (A) ; POINT DE VUE SUR UNE ZONE HUMIDE DE LA ZONE 11 (B) ; EXEMPLE DE SENTIER PIETON DISPONIBLE (C) ; CARTE DE LA ZONE 10 (D) 55
FIGURE 31 – ESPACE VIDE (A) ; VESTIGES DU VILLAGE (B) ; ZONE HUMIDE (C) 56
FIGURE 32 – CARTE DES POINTS D'INTERETS DE LA ZONE 11 57
FIGURE 33 – ZONE HUMIDE ET CABANE DE CASTOR (A) ; LIGNES ELECTRIQUES (B) ; ESPACES VIDES (C) 58
FIGURE 34 – CARTE DES POINTS D'INTERET DE LA ZONE 12 59
FIGURE 35 – PRESENCE DE ZONE HUMIDE (A) ; TERRAINS PRIVES (B) 60
FIGURE 36 – CARTE DES POINTS D'INTERET DE LA ZONE 13 61
FIGURE 37 – POSITION DES STATIONS DU PARCOURS GEOTOURISTIQUE. LES NUMEROS BLANCS REPRESENTENT LES ZONES ET LES NUMEROS JAUNES REPRESENTENT LES STATIONS 63
FIGURE 38 – IMAGE LIDAR D'UNE PARTIE DU SITE DE SAINT-JEAN-VIANNEY 67
FIGURE 39 – CROQUIS DE FORMES MORPHOLOGIQUES DANS LE SECTEUR DE LA RIVIERE 81
FIGURE 40 – CROQUIS DE LA CONFLUENCE 82

LISTE DES EQUATIONS

ÉQUATION 1.....33

LISTE DES ABREVIATIONS

BP : Before Present

CSCQ : Comité de sécurité civile du Québec

DGPS : Differential Global Positioning System

GGN : Global Geoparks Network

GPS : Global Positioning System

LiDAR : Laser Imaging Detection and Ranging (détection et estimation de la distance par la lumière » ou « par laser »)

MERN : Ministère de l'énergie et des ressources naturelles

MRC : Municipalité Régionale de Comté

MTQ : Ministère des Transports du Québec

ONU : Organisation des Nations Unis

OWHC : Organization of World Heritage Cities

PK : Point Kilométrique

PPRLPI : Politique gouvernementale en matière de Protection des Rives, du Littoral et des Plaines Inondables

SAD : Schéma d'Aménagement et de Développement

SJV : Saint-Jean-Vianney

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je voudrais remercier mon directeur de mémoire, Maxime Boivin, sans qui la réalisation de ce mémoire n'aurait été possible. Sa disponibilité, sa patience ainsi que ses bons conseils, mais aussi ses encouragements m'ont permis de garder courage et de parvenir à bout de mes objectifs.

De même, je remercie Ali Saedi, mon codirecteur de mémoire qui a su me porter conseil lors de mes recherches et de la rédaction du mémoire.

Aussi, je tiens à exprimer ma gratitude envers Johan qui a su se rendre disponible afin de me consacrer du temps et de répondre à mes questions.
Un grand merci également à Léonie et Simon pour leur précieuse aide sur le terrain. Et à Jean-Benoît pour tout le temps consacré à ce projet. Ses compétences m'ont été plus qu'utiles.

Le groupe R2EAU, aussi ; grâce aux rencontres, j'ai appris à maitriser davantage les présentations orales, et les critiques constructives de chacun m'ont permis de consolider mes méthodes de recherche et de présentations.

Bien sûr, je remercie le programme Mitacs, la fondation UQAC, ainsi que Promotion Saguenay et la Ville de Saguenay pour le soutien financier tout au long de ma maîtrise.

Bien entendu, je remercie également mes amis proches, leur fidélité, malgré mes nombreuses absences, m'a beaucoup soutenu.

Enfin, et évidemment, je me dois de remercier ma famille, spécialement mes parents. Ils ont su garder auprès de moi un soutien sans faille durant mes trois années d'études au Québec, et particulièrement pendant la réalisation de mon mémoire. La distance ne fut pas toujours évidente, mais leur présence, malgré les 5000 km qui nous ont séparés, m'a permis de rester fidèle à mes objectifs. Aussi, ce voyage aura été pour moi une opportunité sans précédent. En plus de la sphère universitaire où j'ai pu développer de nombreuses compétences, j'ai eu la chance de parcourir une partie du monde et faire des rencontres mémorables.

Ce mémoire est une finalité à cette période remarquable.

INTRODUCTION

Le territoire de Saint-Jean-Vianney (SJV) au Saguenay (Québec) a été le théâtre de deux glissements de terrain majeurs dans son histoire. Le premier en 1663 (Potvin et al., 2001 ; Locat, 2011), et le second le 4 mai 1971. Le premier glissement est survenu suite à un tremblement de terre à Charlevoix le 5 février 1663. Celui-ci a était estimé de magnitude 7 et a provoqué des glissements dans diverses régions du Québec dont la région de Betsiamites, du Saguenay, de Charlevoix et de la Mauricie (Locat, 2011). L'épicentre du séisme serait localisé dans le Bouclier canadien au nord du Saint Laurent, dans la région du Haut Saguenay et couvrirait une superficie de 20,6 km² (Locat, 2008). En 1971, c'est un nouveau glissement de terrain qui survient près du centre de la cicatrice de 1663 (figure 1). Une partie du sol du village de SJV s'est liquéfié provoquant un immense glissement de 1 100 m de longueur par 600 m de largeur et de 15 à 30 mètres de profondeur (Tavenas et al., 1971 ; Larochelle, 1974 ; Roy, 2016). Suite aux recherches menées sur ce second évènement, il s'avère qu'un premier décrochement de 10 000 m² serait survenu le 20 avril 1971, entrainant le reste du glissement le 4 mai dans le versant SO du ruisseau Petit-Bras (Roy, 2016). Le glissement de mai 1971, bien que moins étendu, a engendré des dégâts beaucoup plus importants, notamment du fait de la présence humaine. En effet, cette catastrophe a couté la vie de 31 personnes et détruit 42 résidences ainsi qu'un pont. Le coût total des pertes matérielles s'est élevé à 2 millions de dollars (Tremblay, 2005). À la suite de ces évènements, le village a été fermé et les terrains ont été rachetés par le gouvernement du Québec (Service de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme Saguenay, 2017). Aujourd'hui abandonné, ce site possède un fort potentiel, mais également des points faibles. En effet, Saint-Jean-Vianney a l'avantage géographique de se situer en bordure de la rivière Saguenay, Petit-Bras et aux Vases. D'autre part, c'est un site très vaste qui offre un potentiel considérable en termes d'activités récréatives, touristiques, agricoles et scientifiques/pédagogiques. Il est aussi désormais ancré dans l'histoire du Québec et du Canada par la tragédie de 1971. Cependant, ce territoire manque d'intégration au reste de la région du Saguenay et n'est pas valorisé depuis les cinquante dernières années. De plus, de nombreux adeptes d'activités illicites et non encadrées se sont approprié le site, ce qui entraîne d'autant plus la dégradation du milieu (sport motorisé, drogues, chasse, etc.).

Figure : 1 Photo du glissement de 1971
Source : Le Progrès-Dimanche

À ce jour, une des causes du glissement de 1971 est connue ; la présence d'argiles sensibles. Les impacts de cet évènement ont permis de relancer un certain nombre de recherches sur les argiles sensibles au Québec. En effet, ce n'est qu'à partir du glissement dans les argiles sensibles de Saint-Jean-Vianney en 1971 que le gouvernement du Québec a commencé à se doter d'outils et de politiques afin de mieux gérer les risques de glissements de terrain sur son territoire (Demers et al., 2008). La problématique des glissements de terrain dans les argiles survient malheureusement souvent au Québec. Ils sont provoqués par la présence d'argiles qualifiées de « sensibles au remaniement ». C'est-à-dire qu'ils sont capables de soutenir une charge très lourde, tels que des maisons ou des routes, mais sont également très fragiles puisqu'il suffit que leur structure soit perturbée (saturation en eau, écrasée ou brassée par exemple) pour que cette argile se liquéfie (Lebel, 2018).

Pour cette étude, trois objectifs spécifiques ont été développés afin de répondre à l'objectif principal : analyser quantitativement la possibilité de faire reconnaitre le site de Saint-Jean-Vianney comme un géomorphosite. Le premier objectif est d'analyser l'évolution historique et la trajectoire hydrogéomorphologique future du territoire. Le second objectif est de caractériser la géomorphologie actuelle du site d'étude, et d'identifier les sites d'intérêts géomorphologique et géologique. Le troisième objectif spécifique consiste à l'identification des sites d'intérêt géomorphologique et/ou géologique à l'aide de fiches d'analyses quantitatives et qualitatives.

Finalement, la question qui se pose est de savoir si un territoire comme celui de Saint-Jean-Vianney pourrait être reconnu comme géomorphosite. C'est-à-dire, « *des zones spécifiques de valeur ou d'intérêt spécial (ou SSSI ; «* Sites of Special Scientific Interest »*) qui sont généralement d'importance internationale, ou en visualisant les sites comme des ensembles géologiques avec une géologie importante qui doit être protégée en tant qu'ensemble (géoparcs*) » (Errami et al., 2015). De cette façon, il bénéficierait des avantages de préservation et de développement économique durable mais également d'une conservation pour l'éducation et la pédagogie.

CHAPITRE 1

1.1 Problématique

Cinquante ans après les évènements, la ville de Saguenay a décidé de redorer l'image de ce site désormais laissé à l'abandon. Un projet a donc été conçu ayant pour vocation de faire reconnaitre le site de Saint-Jean-Vianney comme un géomorphosite pour une accréditation potentielle auprès d'instances locales, provinciales ou internationales, par exemple, auprès de l'UNESCO. La problématique qui se pose alors pour ce projet de maîtrise est d'établir si le site de Saint-Jean-Vianney a le potentiel géomorphologique et géologique pour être reconnu en tant que géomorphosite. Pour cela, il est primordial de connaitre quels sont les secteurs dotés d'intérêts géomorphologiques et géologiques sur le territoire. Des grilles d'analyses, adaptées au secteur de SJV, pourront ainsi permettre d'identifier les atouts et les faiblesses de chacun des secteurs du site par une approche la plus objective possible.

L'identification de géosite/géomorphosite est un sujet qui a déjà été abordé à travers plusieurs études. Les auteurs évoquent des grilles d'analyses différentes selon les études. Poirier (2008) et Daigneault (2011), par exemple, s'appuient sur des indicateurs relatifs à la valeur de représentation des géosites pour identifier des géosites potentiels. Les nombres d'entités impliquées, la rareté, l'intégrité, la représentativité et la qualité des points d'observation sont donc évalués. Poirier (2008), évoque également l'étude de Zouros (2005) pour l'identification des géosites. Cet auteur évalue la rareté, l'intégrité, la représentativité et l'exemplarité d'un territoire. L'étude de Pralong (2006) prend en compte, comme de nombreuses grilles, la rareté, l'intégrité et la représentativité. Cependant, Pralong (2006) ajoute le critère de la superficie, de l'intérêt écologique ainsi que l'intérêt paléogéographique. Serrano et Gonzales (2005) utilisent des critères différents des autres auteurs. Pour eux, le processus de formation, la morphologie, la dynamique, la chronologie, la lithologie ainsi que les structures géologiques et sédimentaires sont prises en compte dans l'évaluation des sites.

Enfin, les grilles d'évaluations de Massé et *al*., (2011) se composent de deux valeurs principales : la **valeur scientifique et la valeur additionnelle**. Elles évaluent respectivement l'intégrité, la représentativité, la rareté, la valeur paléogéographique et la valeur pédagogique pour la valeur scientifique. Par la suite, l'accessibilité (1) ainsi que la valeur écologique (2), esthétique (3) et culturelle (4) sont évaluées pour la valeur additionnelle. Chacune des valeurs étant détaillées par des sous-critères :

1) Accessibilité générale, accessibilité par un sentier pédestre, densité (nombre de géomorphosites à proximité (5 km)), niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique ;
2) Influence écologique, propriété des sites ;
3) Point de vue, niveau de contraste dans le paysage ;

4) Importance historique, importance religieuse et symbolique, importance iconographique.

La dernière problématique de cette étude est l'analyse géomorphologique du territoire par l'étude de photographies aériennes ; particulièrement, l'analyse de l'évolution des superficies des glissements de terrain, de l'érosion, de la sinuosité ou de la largeur des cours d'eau à travers les années depuis 1950 afin de quantifier le dynamisme géomorphologique du territoire.

1.2 Localisation et site d'étude

Le projet de recherche s'effectue sur le secteur de l'ancien village de Saint-Jean-Vianney dans la région de Saguenay (Québec, Canada) (figure 2B). Il comporte notamment le glissement de terrain majeur daté de 1663 ainsi que le glissement de 1971 (Potvin et al., 2001 ; Locat, 2011 ; Roy, 2016). Le site d'étude est délimité au nord par la limite du glissement de 1663, au sud par la rivière Saguenay, à l'ouest par la rivière Shipshaw et à l'est par les limites du glissement de 1663 ainsi qu'une partie de la route 172 et du chemin des Terres rompues. Le territoire correspond à une superficie totale de 22,5098 km² (Service de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme Saguenay, 2017).

Le glissement de 1971 est délimité au nord par la rivière Petit-Bras, à l'est par la rivière aux Vases jusqu'au Saguenay, au Sud par la rivière Saguenay de part et d'autre de l'embouchure de la rivière aux Vases (figure 2A). De plus, le site est délimité par les terrains privés de Rio Tinto Alcan et produits Forestiers Résolu, et à l'ouest par les terrains privés de Produits Forestiers Résolu et d'un lot privé en culture.

La figure 2A ci-dessous, met en évidence la particularité du glissement de 1971 ; c'est un glissement qui a eu lieu à l'intérieur même du premier glissement de 1663.

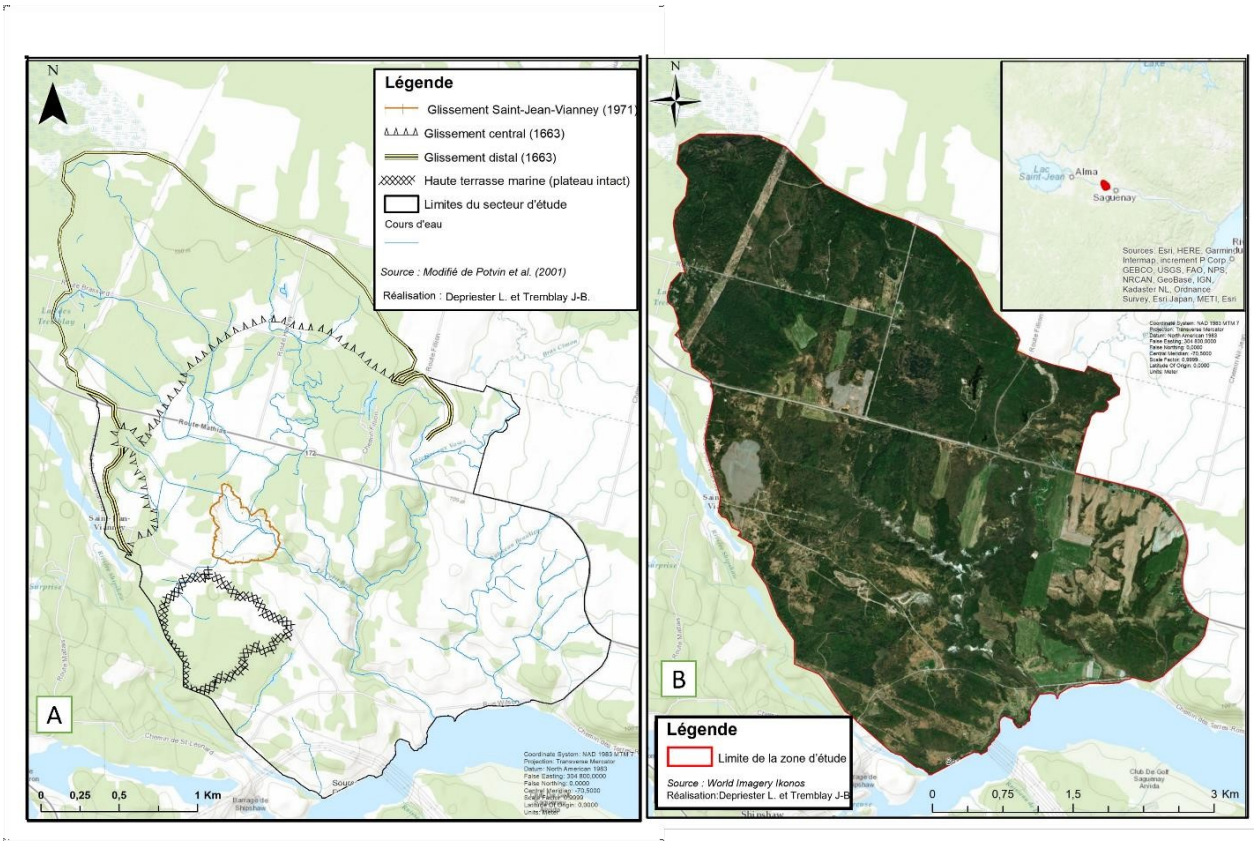


Figure : 2 Limite des glissements de terrain de 1663 et 1971 (A), carte de localisation du site d'étude (B)

Dans cette étude est présentée la caractérisation géomorphologique et géologique des zones à l'étude, ainsi que leurs résultats d'évaluation. Pour l'ensemble des résultats, un texte explicatif sera accompagné d'un tableau résumant les résultats obtenus pour chacune des zones, de photographies ainsi que d'une carte des points d'intérêt de la zone en question.

Un modèle 3D développé par Richer (2021) (figure 3) propose une vision du territoire, notamment en ce qui concerne la topographie, le type de dépôt et l'épaisseur des dépôts meubles d'une partie du site d'étude (une partie de la zone 13, 5 et 6 ainsi qu'une légère partie de la rivière aux Vases n'apparaissent pas sur le modèle). Néanmoins, on remarque la topographie escarpée de la rivière aux Vases et Petit-Bras (en bleu) ainsi que le plateau intact (en orange).

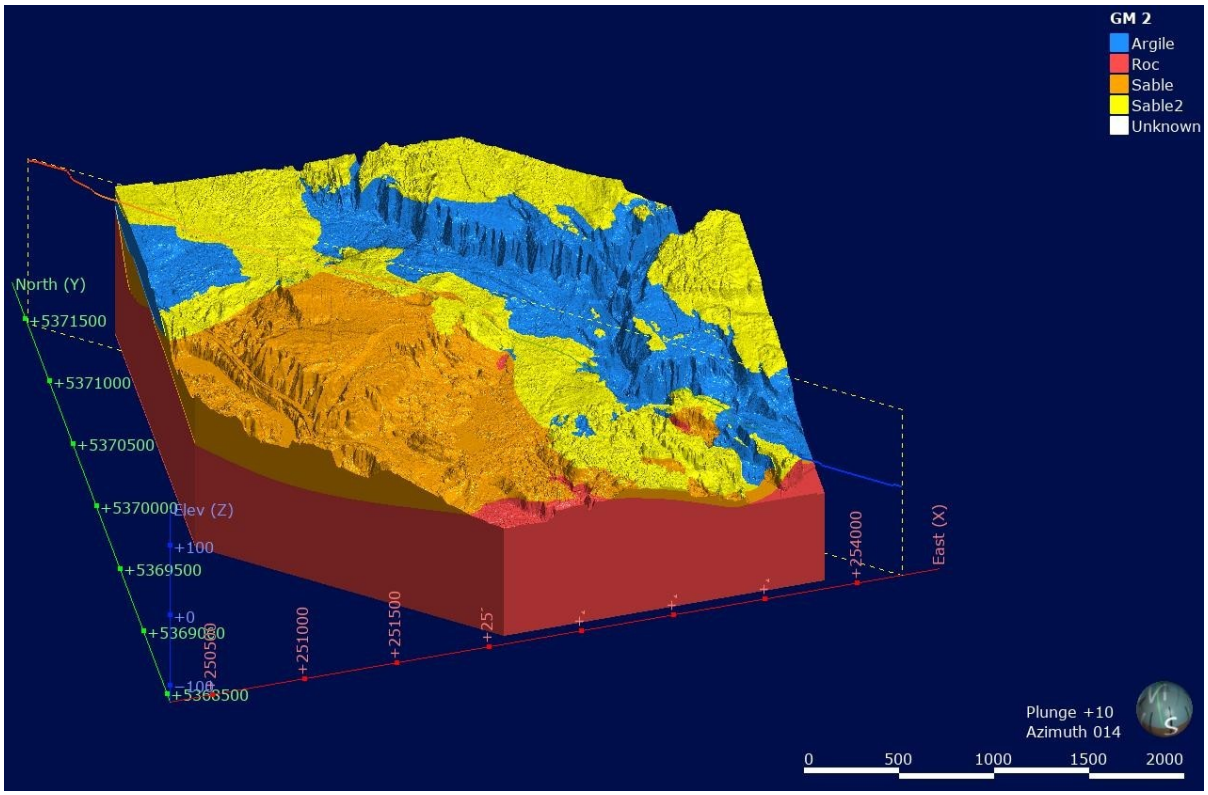


Figure : 3 Topographie et types de matériaux dans le sol du site d'étude
Source : Richer, 2021

L'une des caractéristiques principales du territoire d'étude est la présence d'argiles marines, qualifiées de sensibles. Ils sont particulièrement visibles dans la rivière Petit- Bras et aux Vases. Cependant, ils sont présents sur tout le territoire de Saint-Jean-Vianney hormis le plateau intact de la zone 10. Cependant le site ne possède pas seulement des dépôts d'argile sensible, plusieurs couches de matériaux sont réparties à différents endroits du territoire, notamment du sable, mais aussi la présence du roc dans certains secteurs et sous les dépôts meubles (figure 3).

Le roc dans le secteur de Saint-Jean-Vianney se compose de granite noir, une roche intrusive datant de 1,1600 millions d'années, mise en place pendant la construction de la chaîne du Grenville (Roy, 2016).

1.3 Pertinence de la recherche

Ce projet fournira les données nécessaires pour la ville afin de redorer l'image de ce site aujourd'hui laissé à l'abandon, et de commémorer la mémoire des victimes de cet évènement. Ce projet permettra également de mettre en avant la question du risque naturel au Québec auprès des populations et du gouvernement concernant les glissements de terrain et les argiles sensibles au remaniement : les études scientifiques menées permettent la réduction des risques de catastrophe naturelle afin de réduire la mortalité et le risque naturel et technologique (Ismail-Zadeh, 2006). De plus, si ce site est reconnu comme géomorphosite, cela permettra de mettre en avant les atouts du territoire et de sensibiliser la population à la conservation géologique, géomorphologique et environnementale de façon générale sur ce territoire. En effet, une reconnaissance de ce site en tant que géomorphosite serait un atout majeur pour celui-ci ; il bénéficierait des avantages de préservation et de développement économique durable, mais également d'une conservation géologique pour l'éducation et la pédagogie. Aussi, une reconnaissance auprès de l'UNESCO aiderait le développement des liens entre le patrimoine géologique et tous les autres aspects des patrimoines naturels, culturels et immatériels du territoire. L'UNESCO favorise donc la diversité culturelle, biologique et géologique du monde, tout en favorisant le développement économique durable (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, 2016).

Les évènements de 1971 ont de plus, permis d'entamer de nombreuses recherches sur les glissements de terrain ainsi que sur les argiles responsables de ce phénomène, en particulier, les argiles sensibles au remaniement, permettant alors d'éviter de nouvelles catastrophes de cette envergure. Un premier programme de cartographie des zones exposées aux mouvements de terrain a permis la mise en place d'une première politique de prévention des risques, puis deux lois importantes pour la gestion des risques furent adoptées par le gouvernement québécois (Demers et al., 2008).

Ainsi, la problématique générale sur ce territoire se divise en deux volets. Le premier est celui de la ville de Saguenay où il y a un désir de valoriser ce site et de commémorer les évènements de 1971. Selon le service d'aménagement du territoire et de l'urbanisme de Saguenay (2017), le territoire possède quatre enjeux majeurs. Le premier concerne les activités illicites sur le territoire. L'objectif ici sera d'encadrer et de contrôler ces activités, notamment les activités motorisées. Ensuite, étant donné que le territoire est essentiellement laissé à l'abandon, le second enjeu vise à accroître la qualité d'accueil et des services publics. Aussi, le troisième enjeu envisage la création d'un lieu attractif en diversifiant les activités. Enfin, le dernier porte sur l'intégration et la conciliation des différentes activités entre elles. Le deuxième volet est davantage centré sur les recherches géologiques et géomorphologiques du territoire. L'objectif principal ici sera alors d'analyser le potentiel du site pour la création d'un géomorphosite en identifiant les sites d'intérêt géomorphologique et géologique. Le concept de géomorphosite va alors être abordé ainsi que la question du risque dans le but de mettre en avant la gestion du risque au

Québec, étant donné que ce territoire possède encore un potentiel de risque de glissement de terrain.

1.4 Objectifs de recherche

Pour cette étude, trois objectifs spécifiques ont été développés afin de répondre à l'objectif principal : analyser quantitativement le potentiel géologique et géomorphologique du site de Saint Jean-Vianney comme un géomorphosite.

Objectifs spécifiques :

1) une analyse de l'évolution historique et de la trajectoire géomorphologique du territoire ;
2) une caractérisation actuelle de la géomorphologie et de la géologie du site d'étude ;
3) une identification des sites d'intérêt géomorphologique et/ou géologique (à l'aide de fiches d'analyses quantitatives et qualitatives).

CHAPITRE 2

CADRE THEORIQUE ET ETAT DES CONNAISSANCES

2.1 Cadre physique régional

Le territoire du Saguenay-Lac-Saint-Jean fait partie de la région physiographique laurentienne (Bostock, 1972), il est issu de la province géologique de Grenville (Leduc, 2016). Cette dernière se constitue de roches diverses d'âge archéen à protérozoïque qui varie entre 600 et 2700 millions d'années (Thériault, 2013). Plus précisément, la région du Saguenay est située à l'intérieur du bouclier précambrien ; une immense formation rocheuse datant de l'ère précambrienne. Cette dépression a été creusée dans les roches gneissiques du bouclier lors des différentes phases de glaciation (Bouchard et *al*., 1983). Le graben du Saguenay est alors un fossé d'effondrement, formé en quelques étapes entre 400 et 180 millions d'années (Roy, 2016) relié au système structural du rift de la vallée du Saint-Laurent (Kumarapeli et Sauli, 1966) il mesure 250 km de long, de Tadoussac jusqu'à l'ouest du lac Saint-Jean (Roy, 2016). Les escarpements de faille qui bordent celui-ci permettent de distinguer deux grands ensembles physiographiques : les hautes-terres laurentiennes et les basses-terres du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Leduc, 2016).

Le complexe du Saguenay renferme deux composantes ; l'une est d'origine ignée (formée de de la solidification du magma) tandis que l'autre est supracrustale (Hébert et Lacoste, 1998). Parmi les roches du Précambrien, on distingue trois grands ensembles lithologiques : un complexe gneissique à caractères mixtes, un complexe Métasédimentaire et un complexe plutonique (Leduc, 2016).

Comme toutes les vallées de l'est du Canada, la région a été soumise à un envahissement marin lors du retrait des glaciers de la dernière grande période glaciaire, dite Wisconsinienne (Dionne, 1972). La plupart des dépôts meubles constituant les dépôts de surface au Québec ont alors été mis en place pendant ou après cet évènement (Gouvernement du Québec, 2005). Près de 220 km² du territoire québécois ont été submergés par les eaux marines après le retrait des glaciers, formant ainsi la mer de Laflamme (Bouchard et *al*., 1983). Celle-ci a eu une durée de 10 300 - 8 000 B.P., soit environ 2000 ans (Dionne, 1972) (figure 4).

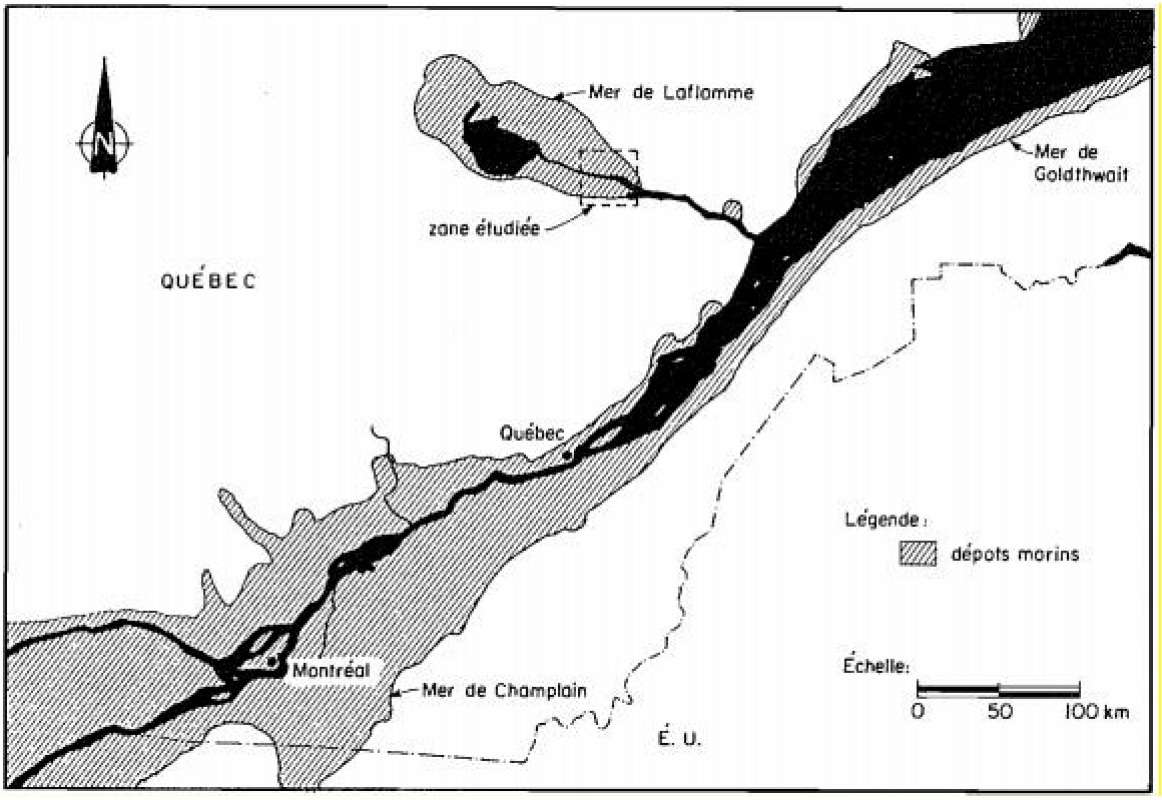


Figure : 4 Dépôts marins de l'est du Canada
Source : Bouchard et al., 1983

L'important apport d'eaux douces provenant de la fonte de l'Inlandsis Laurentidien et qui se déversaient dans la mer de Laflamme a eu pour conséquence de diminuer la salinité de la mer à cet endroit (Bouchard et *al*., 1983). Mais aussi, les eaux de fonte ont entraîné le dépôt de grandes quantités de sable et de gravier (Gouvernement du Québec, 2005). Suite au retrait des eaux marines et au relèvement du continent, du fait du retrait des glaciers, les cours d'eau ont commencé à éroder progressivement la plaine argileuse et à l'inciser de plus en plus profondément au fur et à mesure qu'elle émergeait. Selon le gouvernement du Québec (2005) c'est à ce moment que des glissements de terrain ont commencé à se produire sur les talus devenant alors de plus en plus instables avec la modification des pentes liées à l'incision de ces dépôts meubles.

2.2 Géosites/géomorphosites

Le terme « géomorphosite » a été introduit par Panizza (2001). Il se définit comme étant « *des formes du relief ayant acquis une valeur scientifique, culturelle et historique, esthétique et/ou socio-économique, en raison de leur perception ou de leur exploitation par l'Homme* » (Panizza, 2001, Giusti, 2012a). Cependant, le terme de géotopes fut utilisé initialement par Bertrand (1968) pour désigner « *la plus petite unité géographique homogène directement discernable sur le terrain* » (Perret, 2014).

Selon Strasser et al., (1995) les géotopes sont :

> « *[…] des portions de territoire dotées d'une valeur pour les sciences de la Terre. Ce terme comprend […] des sites qui apportent des informations indiscutables et caractéristiques sur une situation ou un évènement que la Terre a connus au cours des temps géologiques ou sur l'histoire de la vie et du climat. Les géotopes permettent de comprendre l'évolution spatio-temporelle d'une région, la signification des processus superficiels et l'importance des roches en tant qu'élément de l'édification du paysage. Les géotopes, dans ce sens, sont des monuments naturels d'une grande importance, voire même indispensables, aussi bien pour le public que pour la science* ».

Giusti (2012b), évoque aussi l'importance de ces sites pour la compréhension de l'histoire de la terre. Il émet le lien entre le patrimoine géomorphologique, le géopatrimoine, le patrimoine de la terre ainsi que l'interface entre la nature et la culture.

Reynard (2005) émet une distinction claire entre les paysages et les géomorphosites. Selon cet auteur, le paysage n'est pas seulement un écosystème ou simplement un espace, mais un processus d'interprétation. Le paysage dépend de l'observateur et peut donc être interprété de manière différente. À l'inverse, un géomorphosite étudie les formes du relief terrestre et possède une valeur scientifique. Selon Perret (2014), le géomorphosite doit alors être très exactement identifié : il doit faire référence à une forme, un processus ou un objet géologique ou géomorphologique.

La totalité du territoire ne pouvant être protégée ou valorisée, il s'agit de concentrer les efforts sur des portions de ce territoire qui rassemblent des valeurs liées au milieu des sciences de la terre (valeur scientifique) ou liées aux activités humaines (valeurs additionnelles). La présence de géosite présente des intérêts majeurs. Tout d'abord, un territoire devenant un géosite aura le privilège d'être protégé et/ou valorisé. Ils permettent également de constituer des éléments concrets, des formes et des objets identifiables dans le paysage (Perret, 2014). Selon Reynard (2009), la dynamique est une caractéristique spécifique aux géomorphosites. En effet, les géomorphosites peuvent être actifs, la dynamique du site d'étude est donc à prendre en considération pour son évaluation et sa gestion (Bollati, 2011).

Comme évoqué précédemment, le terme géosite renvoie à une étude géologique des sols, tant dis qu'un géomorphosite est défini selon le contexte géomorphologique. Dans ce mémoire, le terme 'géomorphosite' a donc été privilégié pour une raison simple ; l'étude s'attarde essentiellement sur l'aspect morphologique en surface du territoire d'étude.

2.3 UNESCO, géoparcs et géomorphosites

L'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (L'UNESCO), créée en 1946, est une branche de l'Organisation des Nations unies (ONU). Les géoparcs quant à eux, sont des territoires regroupant un ensemble de géosites identifiés pour leur valeur géologique. Ils permettent de « *promouvoir un réseau mondial de géosites présentant des caractéristiques géologiques particulières »* (Tranquard et al., 2018, UNESCO 2000). Et vise essentiellement *« les formations géologiques et physiographiques et les zones strictement délimitées constituant l'habitat d'espèces animales et végétales menacées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation* » (Tranquard et al., 2018, UNESCO 2000).

En 2001, l'UNESCO commence à travailler avec les géoparcs. Formé de 17 Géoparcs européens et 8 géoparcs chinois (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, 2017), c'est l'organisme « Global Geoparks Network » (GGN) qui agit en son nom (Tranquard al., 2018). C'est en 2015 que l'appellation « géoparcs mondiaux UNESCO » voit le jour (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, 2017). Il est certain que l'UNESCO possède un intérêt pour les géoparcs ; ils ont pour objectifs d'explorer et de développer les liens entre le patrimoine géologique et tous les autres aspects des patrimoines naturels, culturels et immatériels du territoire. Ils préservent donc la diversité culturelle, biologique et géologique du monde, tout en favorisant le développement économique durable (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, 2016).

Selon l'UNESCO (2016), les sites géologiques exceptionnels (géosites) sont des terrains dont les caractéristiques géologiques, géomorphologiques, paysagères, biologiques présentent un intérêt du point de vue de l'enseignement, de la recherche scientifique, de la conservation et qui mérite d'être protégés en raison notamment d'une menace, de sa rareté ou de sa vulnérabilité (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, 2016). Pour devenir un géosite, le territoire en question est évalué par des scientifiques professionnels, membres de « l'équipe d'évaluation des Géoparcs mondiaux UNESCO », à la suite d'examens scientifiques préliminaire et des recherches publiées au niveau international (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, 2016).

2.4 Étude de la trajectoire

Le concept de trajectoire est relativement nouveau. Il étudie l'évolution d'un système dans le temps selon différentes variables. En outre, c'est l'étude de l'évolution d'un système dans le temps afin de comprendre les changements dans l'occupation du territoire. Essentiellement utiliser pour les systèmes fluviaux, l'étude de trajectoire peut également s'effectuer pour toutes les analyses historiques de phénomènes. C'est pourquoi, bien que l'analyse de la trajectoire provienne de l'hydrogéomorphologie, l'étude de la trajectoire a été appliqué à l'analyse historique des glissements de terrain.

La trajectoire est un concept qui tient compte de deux aspects principaux : premièrement, elle investit le champ systémique par l'étude des vitesses des processus et par la notion de résilience associée notamment à des dynamiques territoriales. Deuxièmement, elle tient de l'approche géohistorique qui permet de reconstituer des trajectoires géographiques. Lorsque, dans son article, Aschan-Leygonie (1999) évoque le terme de résilience, elle parle de la capacité d'un système à intégrer dans son fonctionnement une perturbation, sans pour autant changer sa structure. Cependant, la notion de résilience peut également renvoyer à la mesure du temps de retour à 1'équilibre d'un système après une perturbation (Aschan-Leygonie, 1999).

La figure 5 illustre le concept de trajectoire géomorphologique avec un exemple de variation de la trajectoire sur une période de temps donné. Particulièrement, la figure représente la réponse d'un système fluvial face aux dynamiques des variables (conditions hydroclimatiques, activation de sources sédimentaires, interventions anthropiques). Ce type d'analyse permet de quantifier les changements survenus sur un territoire et d'estimer sa trajectoire dans le futur. Il s'agit ainsi d'une approche pertinente dans le cadre d'analyse d'un géomorphosite (Reynard, 2009).

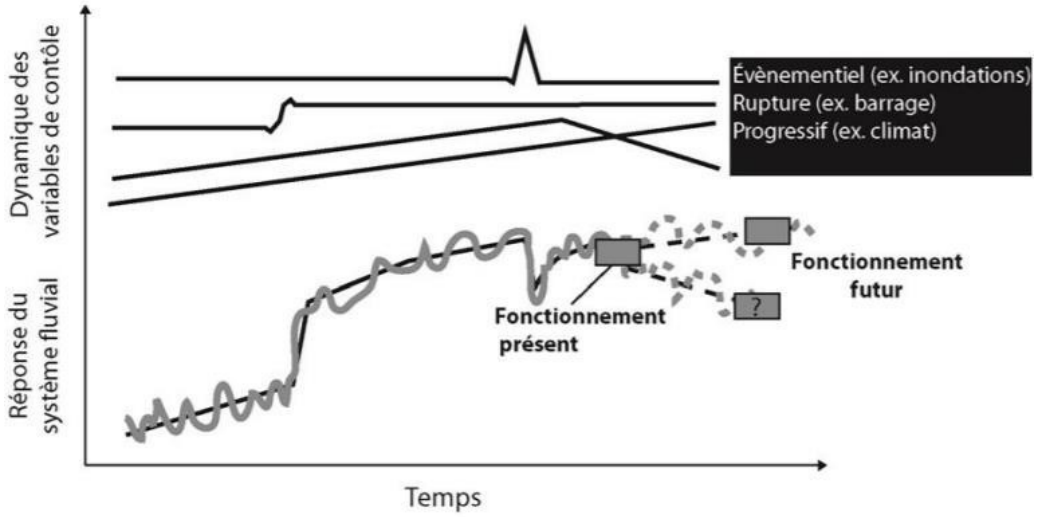


Figure : 5 Concept de trajectoire morphologique
Source : Buffin-Bélanger et al., 2015, modifié de Dufour et Piégay, 2009

Aussi, la notion de trajectoire touche également une approche culturelle (Portal, 2012). Ce concept dans l'étude de la trajectoire, datant du début du XXe siècle, permet dorénavant de prendre en compte la valeur culturelle d'un paysage (Antrop, 2005). Panizza et Piacente (2009) montrent que les reliefs, perçus comme un composant de l'héritage culturel d'un territoire peuvent être complémentaires avec les relations entre les éléments culturels (archéologique, historique, architectonique, etc.) et le contexte géomorphologique dans lequel ils s'inscrivent et composent le patrimoine culturel d'un territoire (Portal, 2012). Le patrimoine géomorphologique existe donc à travers la reconnaissance des géomorphosites (Portal, 2012).

Au niveau de l'hydrogéomorphologie, le concept de trajectoire peut évoluer sur de nombreuses variables ; les méandres, les bancs d'accumulations, la dimension des cours d'eau, les transports de sédiments, etc. Tout comme les paysages naturels, certains facteurs de transformations sont d'ordre humain ou naturel. Sur le plan naturel, la présence de barrages de castor est à souligner, ce qui provoque assurément des changements brusques dans la morphologie du paysage hydrique et végétal. Ils portent également de ce fait, une incidence directe sur le développement des plaines inondables par exemple (Liarsou, 2014).

2.5 Argiles sensibles et glissement de terrain

Les argiles sensibles se sont accumulées pendant et après les périodes glaciaires les plus récentes. On les retrouve dans les pays nordiques, essentiellement en Russie, au Canada, en Norvège ou en Suède (L'Heureux et al., 2014). Au Canada, les terrains formés de basses terres, comme celles de la vallée du Saint-Laurent et de la vallée de la rivière Saguenay jusqu'au lac Saint-Jean ont connus la présence des mers postglaciaires sur des périodes diverses après le retrait des glaciers. Ces mers postglaciaires présentaient un environnement propice au dépôt de particules de sol très fines (silt et argile) (Gouvernement du Québec, 2017). Ensuite, le retrait des mers a progressivement lessivé l'eau à haute salinité dans les argiles. Ce retrait de la salinité dans ces sédiments les a alors rendus plus sensibles au remaniement. En effet, la salinité et la composition des ions dans l'eau interstitielle sont des caractéristiques importantes du développement des argiles sensibles. Particulièrement, le sel est à l'origine de la liaison entre les particules d'argile, il est donc essentiel à son maintien. Suite à un passage d'un milieu marin à un milieu d'eau douce, les argiles subissent un lessivage qui les rendent sensibles (L'Heureux et al, 2014). De plus, suite au retrait des glaciers, la croûte terrestre s'est légèrement soulevée laissant les argiles à l'air libre. Les pluies ainsi que les rivières ont alors davantage débarrassé progressivement les argiles de leur salinité. Par la suite, la végétation a pu reprendre ses droits et les argiles se sont finalement retrouvées sous terre. Les cours d'eau ont commencé à éroder progressivement ces plaines et à les inciser de plus en plus profondément au fur et à mesure qu'elles émergeaient (Gouvernement du Québec, 2017). A ce jour, près de 90 % des Québécois vivent sur les immenses plaines d'argile héritées de la dernière période glaciaire (Lebel, 2018).

Les argiles sensibles sont susceptibles de déclencher des glissements de terrain de différentes manières. Par définition, un glissement de terrain est un système physique qui se développe dans le temps à travers plusieurs étapes (Hungr et al., 2013). Il correspond au déplacement de terrains meubles ou rocheux le long d'une surface de rupture (Poncet, 2016).

Les causes de déclenchement sont généralement d'ordre naturel ; l'érosion, les pluies diluviennes, les tremblements de terre, etc. Mais elles peuvent aussi être la conséquence de l'activité humaine comme les constructions de remblai ou des excavations, ou une combinaison des deux (Bouchard et al., 2017). L'Heureux et al., (2014), constatent également que les vibrations dues au dynamitage et aux séismes peuvent déclencher un glissement de terrain dans les argiles sensibles. Comme à La Baie, par exemple, où des travaux de dynamitage ont entrainé un glissement majeur et causé la mort de huit personnes en 1910 (gouvernement du Québec,

2005). Selon L'Heureux et al., (2014), les principaux glissements de terrain dans les argiles sensibles sont généralement dus aux écoulements et aux épandages. Les glissements par écoulement représentent 57 % des grands glissements dans la province de Québec (L'Heureux et al., 2014). Le Québec est l'une des provinces canadiennes la plus touchée par les mouvements de terrain dans tous les types de sols confondus ; depuis 1970, 4 085 cas ont été recensés par le MERN (ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles) et le MTQ (Ministère des Transports du Québec) (Poulin Leboeuf, 2020). Les inondations de juillet 1996 dans la région de Saguenay-Lac-Saint-Jean ont également eu une forte répercussion sur l'ensemble du territoire où plus de 1 000 glissements ont été répertoriés en moins de 36 heures (gouvernement du Québec, 2005).

Mais il existe plusieurs types de glissements qui se différencient en fonction de la géométrie de la surface de rupture : l'inclinaison de la pente, les propriétés géologiques et géotechniques des sols, les conditions d'eau souterraine, etc. (Gouvernement du Québec, 2017). Il existe particulièrement deux familles de glissement de terrain ; les glissements faiblement ou non rétrogressifs ou les glissements fortement rétrogressifs (Gouvernement du Québec, 2017). Les glissements faiblement ou non rétrogressifs comprennent les glissements superficiels (surface de rupture peu profonde) et rotationnels (surface de rupture en forme circulaire). Selon, le gouvernement du Québec, (2005) ils affectent le talus et peuvent emporter une bande de terrain situé au sommet du talus. Les débris s'étalent généralement à la base du talus sur les distances variables. Leur largeur peut atteindre quelques dizaines de mètres (gouvernement du Québec, 2005). Les glissements fortement rétrogressifs, qui se produisent uniquement dans les sols argileux, comprennent les coulées argileuses ou les étalements (Gouvernement du Québec, 2017). Ils affectent non seulement le talus, mais aussi d'immenses bandes de terrain à l'arrière du sommet du talus. Les débris constituent une masse importante et peuvent sur plusieurs dizaines à centaines de mètres (Gouvernement du Québec, 2005).

D'après Hungr et al., (2013), le type de matériaux est l'un des facteurs les plus importants influençant le comportement des glissements de terrain. Par exemple un sol argileux ou saturé en eau sera davantage susceptible d'être déstabilisé et donc de glisser. Mais parmi ces facteurs, il est également primordial de citer l'importance des conditions météorologique comme l'érosion, la sécheresse, ou la fonte de la neige. Aussi, la gélifraction est un phénomène altérant les sols sur le long terme. Les activités sismiques peuvent également être à l'origine de glissement en déstabilisant le territoire, tout comme les activités anthropiques comme les excavations (Bouchard et al., 2017).

Selon Quinn et al., (2011), les grands glissements de terrain commencent généralement à la rive d'une rivière et progressent ensuite, ou reculent, au-delà de la crête de la rive pour toucher une partie importante des plaines d'argile. Ce fut le cas pour le village de SJV en 1971 ; le 20 avril, un décrochement de terrain a ouvert la brèche dans le versant sud-ouest du ruisseau Petit-Bras par laquelle la coulée principale s'est engouffrée le 4 mai 1971 (Roy, 2016). En effet, dans ces systèmes de ravinement, les bas des pentes sont très sensibles aux processus fluviaux. Elles

peuvent facilement s'éroder et fragiliser les pentes. Il est donc essentiel de les contrôler régulièrement afin de prévenir les risques de glissements.

L'image du Lidar de la figure 6 ci-dessous met en évidence les cicatrices des glissements de 1663 et 1971 dans les argiles. Celle-ci permet également de mettre en lumière la particularité de ces glissements, un glissement de terrain (1971) qui a eu lieu à l'intérieur d'un ancien glissement (1663).

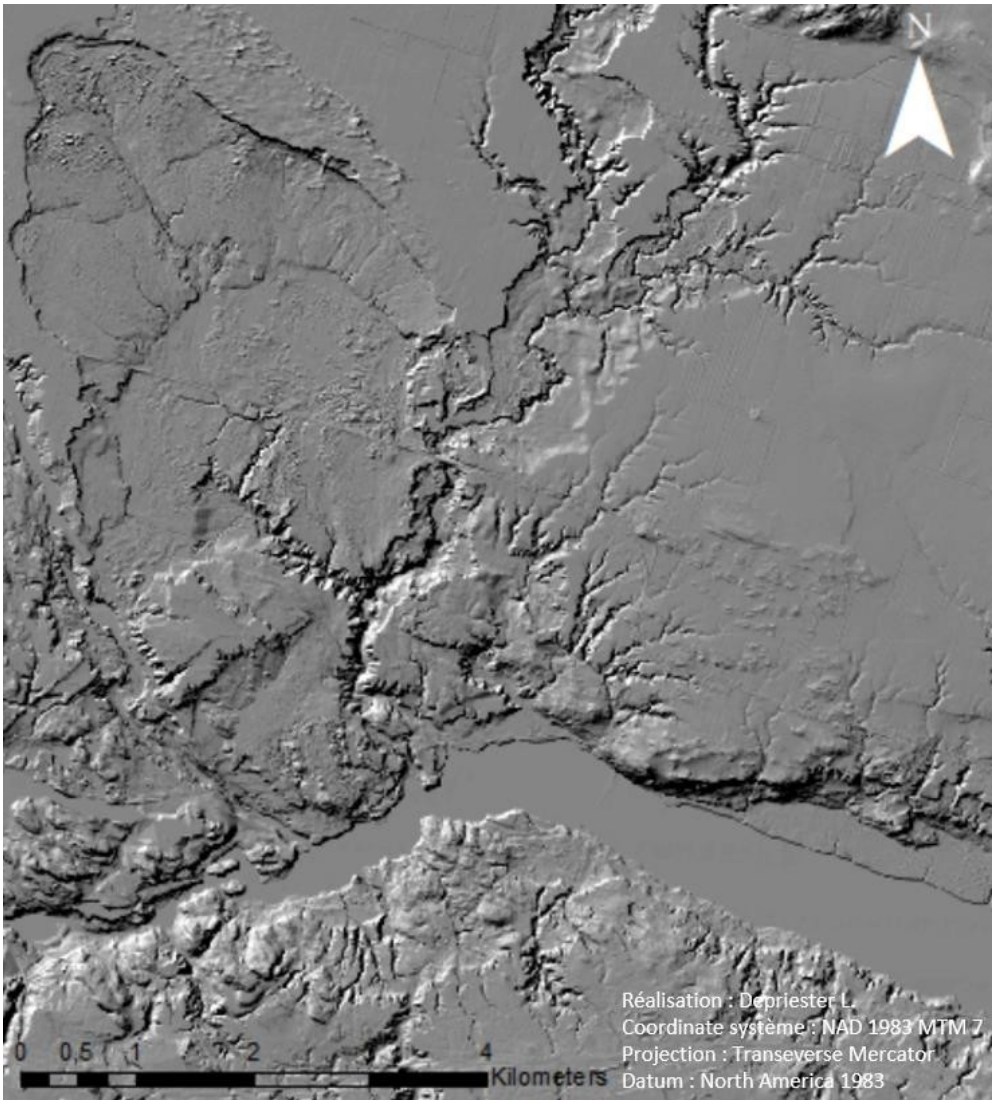


Figure : 6 Image Lidar du site de Saint-Jean-Vianney.

Finalement, suite à un facteur de déclenchement, les argiles sensibles se liquéfient comme l'illustre la figure 7 ci-dessous.

Figure : 7 Un échantillon d'argile sensible à l'état intact (à gauche) et remanié (à droite)
Source : Lebel, 2018

Les glissements de terrain dus aux argiles sensibles peuvent amener de nombreux préjudices plus ou moins importants. Les conséquences de ces glissements sont principalement des décès, des dommages aux routes, aux maisons et aux infrastructures (Bouchard et al., 2017). Mais d'autres études révèlent également des dégradations au niveau des lignes de transport d'électricité, des gazoducs, mais aussi une la perte de productivité pour l'agriculture ou la sylviculture (Quinn et al., 2011). Dans le secteur de Saint-Jean-Vianney, le premier glissement de 1663 ne compte pas de dégâts majeurs dans la mesure où aucune présence humaine importante n'était recensée à cette période.

La figure 8 ci-dessous illustre le nombre de demandes d'intervention pour des glissementsde terrain au Québec entre 1972 et 2005.

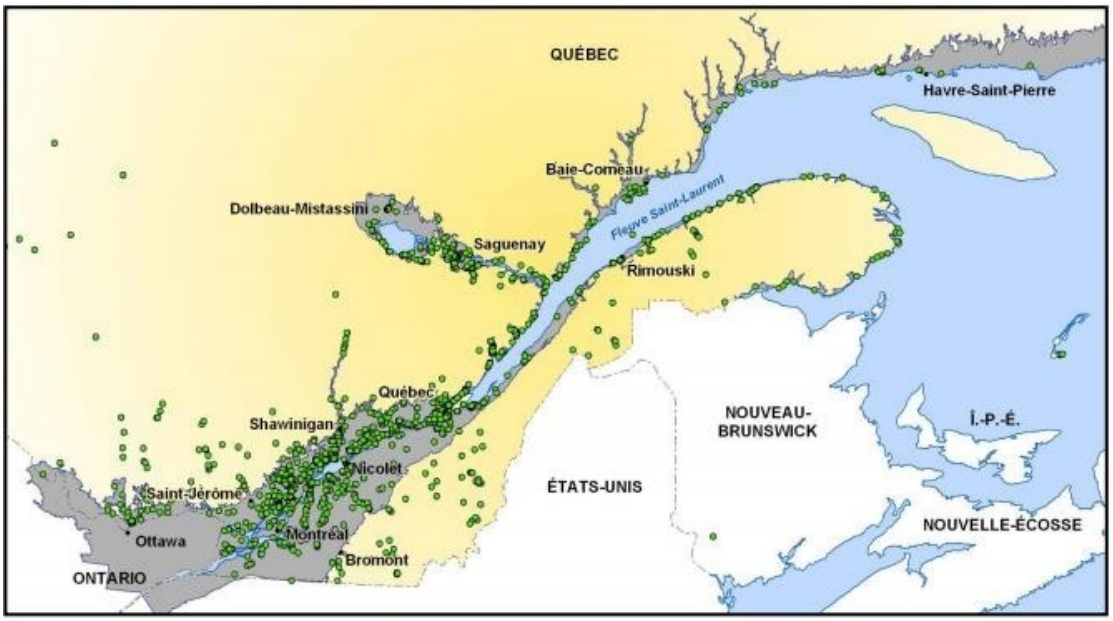


Figure : 8 Distribution des dépôts marins post-glaciaires (trame pleine grise) et répartition des données de l'inventaire des mouvements de terrain du MTQ (points verts)
Source : Demers, 2008

L'utilisation de cartes de contraintes est une des solutions proposées par le gouvernement afin de gérer le risque de glissement de terrain dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Ces cartes ne correspondent en aucun cas à des zones de risque, elles sont uniquement déterminées à des fins d'aménagement du territoire et de contrôle de l'utilisation du sol (gouvernement du Québec, 2005). Cette cartographie est basée essentiellement sur l'expertise de l'ex-Service de la géotechnique du ministère de l'Energie et des Ressources, mais aussi, sur de nouvelles connaissances résultant de l'inventaire des glissements de terrain, d'une revue de littérature et de recherche sur le glissement de Saint-Jean-Vianney (gouvernement du Québec, 2005). Une importante collecte de donnée a aussi été nécessaire sur la nature géologique et géomorphologique telles que le degré d'inclinaison des pentes des talus, de la nature des sols et leurs propriétés géotechniques, la localisation des secteurs en érosion, etc. (gouvernement du Québec, 2005).

À partir des données scientifiques recueillies, des classes de susceptibilité aux glissements de terrain sont établies. Les classes de susceptibilité sont ensuite transformées en zones de contraintes (gouvernement du Québec, 2005) (figure 9).

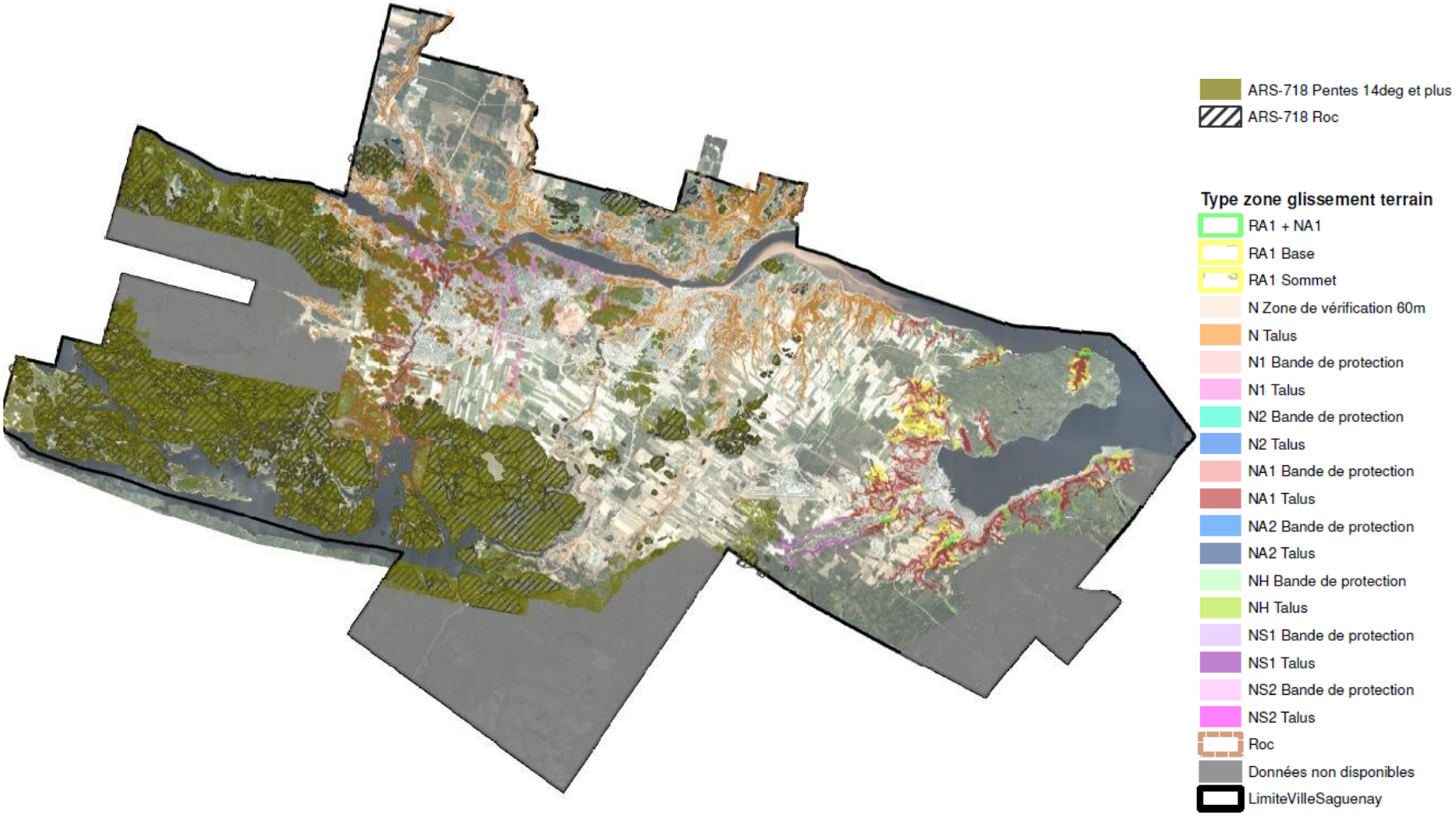


Figure : 9 Zone de contraintes relatives aux glissements de terrain dans la région du Saguenay
Source : Ville de Saguenay, 2017, mis à jour le 24 mars 2017

2.6 Géorisques

Au vu du contexte géologique et géomorphologique du territoire de SJV, il semble important d'insister sur la notion de géorisque. En effet, les recherches sont particulièrement tournées vers la notion de géoparc et géomorphosite. Néanmoins, il semble important de souligner le potentiel de SJV en tant que géomorphosite – mais qui mise sur le volet gestion des risques naturels. Plusieurs éléments tels que les risques de glissement de terrain ou la présence d'argile sensible conduisent la recherche vers ce concept.

D'après l'OWHC (Organization of World Heritage Cities, 2008), les géorisques peuvent être des tremblements de terre ; des éruptions volcaniques ; des processus associés à la tectonique ; des mouvements gravitationnels du matériau du substrat rocheux sous la forme de glissements de terrain, de coulées de boue, de coulées de débris, etc.

Le terme « risque » peut se définir comme étant un danger plus ou moins prévisible. C'est-à-dire qu'un territoire définit peut possiblement être victime d'un phénomène naturel dangereux (pour l'environnement ou l'humain), sans que l'on puisse pour autant prévoir si cela va se produire ou non, ni dans quelle mesure. C'est le cas pour SJV, notamment avec la présence de risque de mouvement de terrain, étant donné que de nombreux glissements ont déjà eu lieu, particulièrement le long des deux cours d'eau principaux : la rivière Petit-Bras et la rivière aux Vases. Mais, seule la présence d'éléments ou d'aléa relatif à un phénomène naturel géomorphologique ne suffit pas à qualifier un risque de glissement de terrain. Selon Malet (2003), les risques naturels majeurs sont la combinaison d'un aléa (un phénomène naturel) et d'une vulnérabilité liée à la présence humaine (personnes, habitations, activités économiques, infrastructures, etc.), ce fut le cas pour Saint-Jean-Vianney, précisément durant le glissement de 1971.

On peut également parler de « géo-héritage », selon Brocx, et Semeniuk, (2007), cette appellation englobe les caractéristiques mondiales, nationales et locales de la géologie. Il s'agit de sites culturellement importants livrant des informations ou des perspectives sur l'évolution de la Terre ou dans l'histoire de la science, qui pourraient être utilisés pour la recherche ou l'enseignement. Le terme de géo-heritage se concentre particulièrement sur la géologie, elle s'étend également à tout ce qui s'y rapproche, c'est-à-dire les aspects ; métamorphiques, sédimentaires, stratigraphiques, structurels, géochimiques, paléontologiques, géomorphiques, pédologiques et hydrologiques. Tout ce qui est englobé par cette discipline devrait être impliqué dans le géo-patrimoine, et potentiellement, la géoconservation (Brocx et Semeniuk, 2007).

Quoi qu'il en soit, il semble fondamental de souligner l'importance des études scientifiques appliquées à la réduction des risques de catastrophe naturelle afin de réduire la mortalité et la destruction du haut risque naturel et technologique (Ismail-Zadeh, 2006).

Ainsi, au-delà de l'objectif principal de faire reconnaitre le site d'étude comme géomorphosite, il semble également important de marquer le potentiel du territoire de SJV en tant que géorisque ou géoheritage dans le but d'une conservation géologique pour l'éducation et la pédagogie.

2.7 Lois et catastrophes naturelles

Le gouvernement du Québec a occasionné à des changements progressifs concernant les politiques visant une meilleure implication à la suite de catastrophes naturelles. En effet, l'évolution des lois, ou même leurs créations surviennent le plus souvent suite à de nouveaux sinistres naturels qui se sont produits au Québec. Il est donc intéressant de se demander comment et à quel moment ces lois se sont-elles acheminées vers la politique actuelle.

Pour commencer, il est important de noter la création de la protection civile du Québec en 1961. Relié à la politique de sécurité civile, elle représente *« l'ensemble des actions et des moyens mis en place à tous les niveaux de la société afin de connaître les risques, de prévenir les sinistres, d'en limiter les conséquences néfastes sur la population, les biens et l'environnement et de favoriser le retour à la vie normale »* (Sécurité publique Québec, 2010). Des modifications sur la « Loi sur la Protection civile » (LRQ, c. P-33) ont eu lieu en 1964, cependant, ce n'est qu'à partir de la catastrophe de Saint Jean-Vianney, en 1971, que le gouvernement a commencé à se doter d'outils et de politiques afin de mieux gérer les risques de glissements de terrain sur son territoire (Demers et al., 2008). Par la suite, le premier programme de cartographie des zones exposées aux mouvements de terrain a été créé, ainsi qu'une première politique de prévention des risques. De nombreux travaux de stabilisation furent alors entrepris à divers endroits (Demers et al., 2008).

Ensuite, en 1979, la loi sur la protection civile est remplacée par la Loi sur la protection des personnes et des biens en cas de sinistre (LRQ, c. P-38.1). Cette loi prévoit un soutien financier pour les victimes de sinistres. De plus, la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme, en 1979, institue les MRC (les municipalités régionales de comté) (Caron et al., 2019). Celles-ci deviennent responsables de l'aménagement du territoire et par conséquent, se doivent d'élaborer un schéma d'aménagement et de développement (SAD) et déterminer les zones soumises à diverses contraintes naturelles, parmi lesquelles les glissements de terrain et établir des normes visant le contrôle de l'utilisation du sol dans ces zones (Demers et al., 2008).

Le gouvernement du Québec se dote, en décembre 1987, d'une politique gouvernementale en matière de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI). Cette politique a pour objectif « *non seulement la protection des lacs et cours d'eau, mais aussi la sauvegarde de la ressource « eau » elle-même et de toutes les formes de vie qui en dépendent* ». Cette politique permet alors d'orienter les MRC et les communautés urbaines dans le cadre de la création de leurs schémas d'aménagement et de développement des municipalités régionales de comté. En juillet 1991, le gouvernement modifie la PPRLPI (décret 1010-91) pour que les normes et exigences couvrent l'ensemble des lacs et cours d'eau en milieu agricole. Ainsi, il impose le respect d'une bande minimale de protection de trois mètres de chaque côté de ces plans d'eau (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, 2013).

En 1988 se crée le Comité de protection civile provincial qui deviendra en 1990 le Comité de sécurité civile du Québec (CSCQ). Ce comité a pour objectif de conseiller le Bureau de la protection civile du Québec qui élabore la politique gouvernementale de prévention des sinistres et celle des mesures d'urgence à mettre en place en cas de sinistre (Sécurité publique Québec, 2015).

En juillet 1996, des pluies diluviennes s'abattent dans la région du Saguenay Lac-Saint-Jean, c'est le déluge du Saguenay. Mais aussi, dans les régions de la Mauricie et de la Côte Nord. En plus des inondations et des crues violentes qui perturbèrent de nombreux cours d'eau, plus de mille glissements de terrain sont recensés en moins de 36 heures dans ces régions (Demers et al., 2008).

Finalement, en 2001 la Loi sur la sécurité civile remplace la Loi sur la protection des personnes et des biens en cas de sinistre datant de 1979. Puis en 2003, trois programmes d'aide financière sont établis pour répondre immédiatement aux besoins après un sinistre récurrent ou imminent (Sécurité publique Québec, 2015).

Ensuite entre 2003 et 2013, les documents sur la protection civile au Québec ne cessent d'évoluer ; encadrement des centres d'urgence 9-1-1 (2008) ; publication de trois documents importants en sécurité civile permettant de partager une vision commune de la sécurité civile au Québec par tous les acteurs (2009) ; révision des programmes généraux d'aide financière aux sinistrés (2011) ; lancement du projet vigilance, un système de surveillance, de prévision, d'anticipation et de suivi des phénomènes dangereux, comme la crue des eaux (2013) (Ministère de la Sécurité Publique Québec, 2015).

Finalement, pour résumer voici une frise chronologique (figure 10) des évènements naturels marquants et des lois importantes sur les politiques concernant les sinistres.

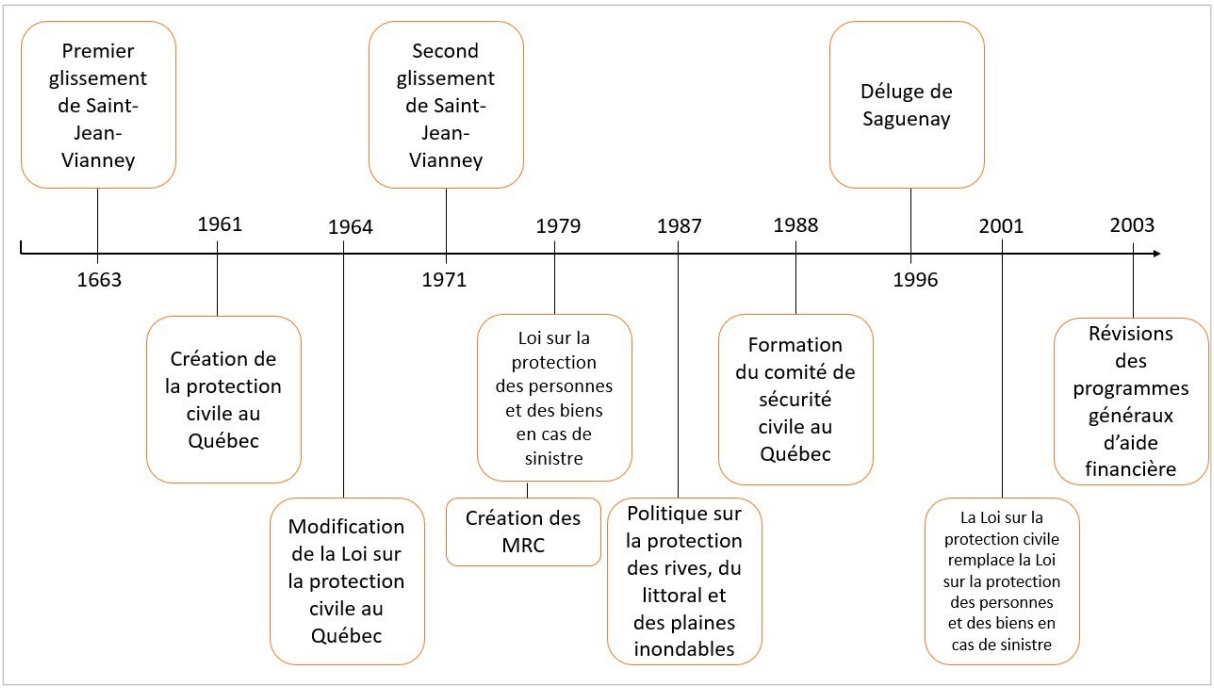


Figure : 10 Frise chronologique des catastrophes naturelles et des lois sur la sécurité civile au Québec

Aujourd'hui, selon Demers et al., (2008) la politique concernant la Loi sur la sécurité civile implique cinq objectifs particuliers : le premier objectif de la loi serait de réduire la vulnérabilité de la société québécoise face aux sinistres naturels ou technologiques (1). D'autre part, elle souhaite mettre en place des mesures de prévention, de préparation, d'intervention et de rétablissement dans le but d'une meilleure connaissance des risques (2). La sécurité civile permettrait de sensibiliser et responsabiliser davantage les citoyens, les entreprises, les municipalités ainsi que le gouvernement (3). Aussi, il est recommandé d'optimiser l'utilisation des ressources humaines, matérielles, financières et informationnelles consacrées à la sécurité civile par les municipalités et par le gouvernement (4). Enfin, le dernier objectif serait d'indemniser les sinistrés de façon adéquate et équitable (5).

Finalement, même si les lois relatives aux catastrophes naturelles se construisent progressivement, elles évoluent tout de même lentement et demandent parfois un évènement majeur pour les voir se développer davantage, comme le glissement de 1971 à Saint-Jean-Vianney.

CHAPITRE 3

METHODOLOGIE

3.1 Méthodologie par objectif

Afin d'atteindre les objectifs, trois approches méthodologiques ont été mises en place pour répondre aux trois objectifs définis précédemment. Cependant, la méthodologie générale a été d'effectuer une analyse historique du territoire à partir de données géospatiales, de données d'archives et par l'analyse de nouvelles données obtenue durant deux campagnes de terrain à l'été et à l'automne 2019.

3.1.1 Méthodologie pour l'objectif 1 : évolution historique et trajectoire

1er objectif ; il s'agit d'établir l'évolution historique du territoire dans le système de ravinement, c'est-à-dire identifier et analyser les changements dans l'occupation du territoire de Saint-Jean-Vianney sur une période de plus de cinquante ans. Cet objectif se décline en deux volets. Le premier concerne l'évolution des glissements de terrain le long de la rivière Petit-Bras (en lien direct avec le glissement de 1971), et le second concerne l'évolution de la trajectoire de la rivière aux Vases. Ces données permettront d'établir la trajectoire de ces systèmes afin de connaitre la dynamique géographique et géomorphologique du site d'étude.

Pour ce faire, une série de photographies aériennes, disponibles grâce à la ville de Saguenay et à la cartothèque de l'UQAC, remontant jusqu'aux années 1950 ont été utilisées. Cependant, pour l'étude des glissements de la rivière Petit-Bras, les analyses ont commencés à partir de l'année 1964, en effet, les photographies des années 1950 sont inexploitables. Pour l'évolution des glissements, toutes les photographies aériennes ont été traitées dans le logiciel ArcGis (version 10.8). Les photos ont été géoréférencées et analysées afin de répertorier les glissements de terrain le long des principales rivières. Une fois établis, seuls les glissements repérés sur plusieurs années ont été retenus. Ainsi, il est possible de calculer leur superficie selon les années afin d'étudier leur évolution entre 1950 et 2017. Ensuite, un graphique a été réalisé confrontant alors les glissements de terrain répertorier conformément à leur superficie et à leur évolution dans le temps. Il est alors possible de déterminer lesquels des glissements évoluent le plus rapidement.

Pour ce qui est de la trajectoire de la rivière aux Vases, l'objectif principal est de quantifier les taux d'érosion. Pour ce faire, il semble pertinent de reprendre la méthodologie du mémoire de Chauvette (2012). Donc, tout comme pour l'évolution des glissements, les photographies aériennes disponibles de la rivière aux Vases sont insérées dans le logiciel ArcGis. À l'aide d'une délimitation visuelle, de nombreux points sont tracés sur chacune des deux rives afin de créer une ligne médiane. Suite à cela, une série de points a été insérée le long de cette ligne médiane

tous les 10 mètres. Des perpendiculaires, ayant comme point d'attache chaque point de référence, ont ensuite été ajoutées, corrigées et couplées avec le fichier de berges, permettant ainsi d'obtenir les mesures de la largeur du cours d'eau de façon régulière. À l'aide de ces lignes, un polygone a ainsi pu être créé délimitant l'ensemble du cours d'eau (Chauvette, 2012).

Ensuite, pour ce qui est de la méthodologie pour quantifier l'érosion des berges, elle s'inspire grandement de celle utilisée par Brien (2006) dans le cadre de son mémoire de maîtrise. Cependant, dans le cas de la rivière aux Vases, c'est le jeu de données Lidar qui a été utilisé pour faire une approximation des superficies, et non les modèles numériques modélisés à partir des photographies aériennes. Il s'agit donc ensuite de comparer la trajectoire la plus ancienne avec la plus récente pour obtenir les polygones de déplacement latéral du cours d'eau. À partir de ces couches de polygones nouvellement créés, les taux de recul ou de migration (m) ainsi que les superficies (m²) ont été calculés (Brien, 2006). À l'aide de ces résultats, la ligne médiane de l'année la plus récente est marquée tous les 500 mètres afin de calculer le taux d'érosion dans chacune des portions de la rivière, et ce, pour chaque année à l'étude. De cette façon, il est possible de déterminer quelles sont les portions les plus touchées par l'érosion selon les années. Par la suite, un graphique est créé. Il permet ainsi de visualiser les volumes d'érosion des berges (pour chaque portion de 500 mètres, le long de la ligne médiane) et selon chaque année à l'étude.

3.1.2 Méthodologie pour l'objectif 2 : caractérisation géomorphologique et géologique

2e objectif ; il est question de caractériser les conditions actuelles sur le site à l'étude afin d'identifier les secteurs à risque et les secteurs potentiels pour la création d'un géomorphosite. Cette étude s'effectuera par zone ; le territoire a été découpé en 13 zones (figure 11). Celles-ci ont été identifiées à partir des différents sites importants recensés, comme le village (zone 2) par exemple, ou par une délimitation topographique, comme le plateau intact du glissement de 1663 (zone 10) (figure 11). Les campagnes de terrain permettent d'analyser dans un premiertemps les processus existant sur les différentes zones d'étude. Mais aussi, l'analyse dephotographies aériennes, d'images satellites, ainsi que des relevés lidars permettront d'approfondir les recherches. Une fois tous les éléments répertoriés, des recherches bibliographiques ont été effectuées afin de définir spécifiquement chacun des processus repérés.

Les zones à risque sont alors exclues des secteurs touristiques. Ce second objectif fut réalisé en collaboration avec une étudiante à la maîtrise au DSA (Blanche Richer).

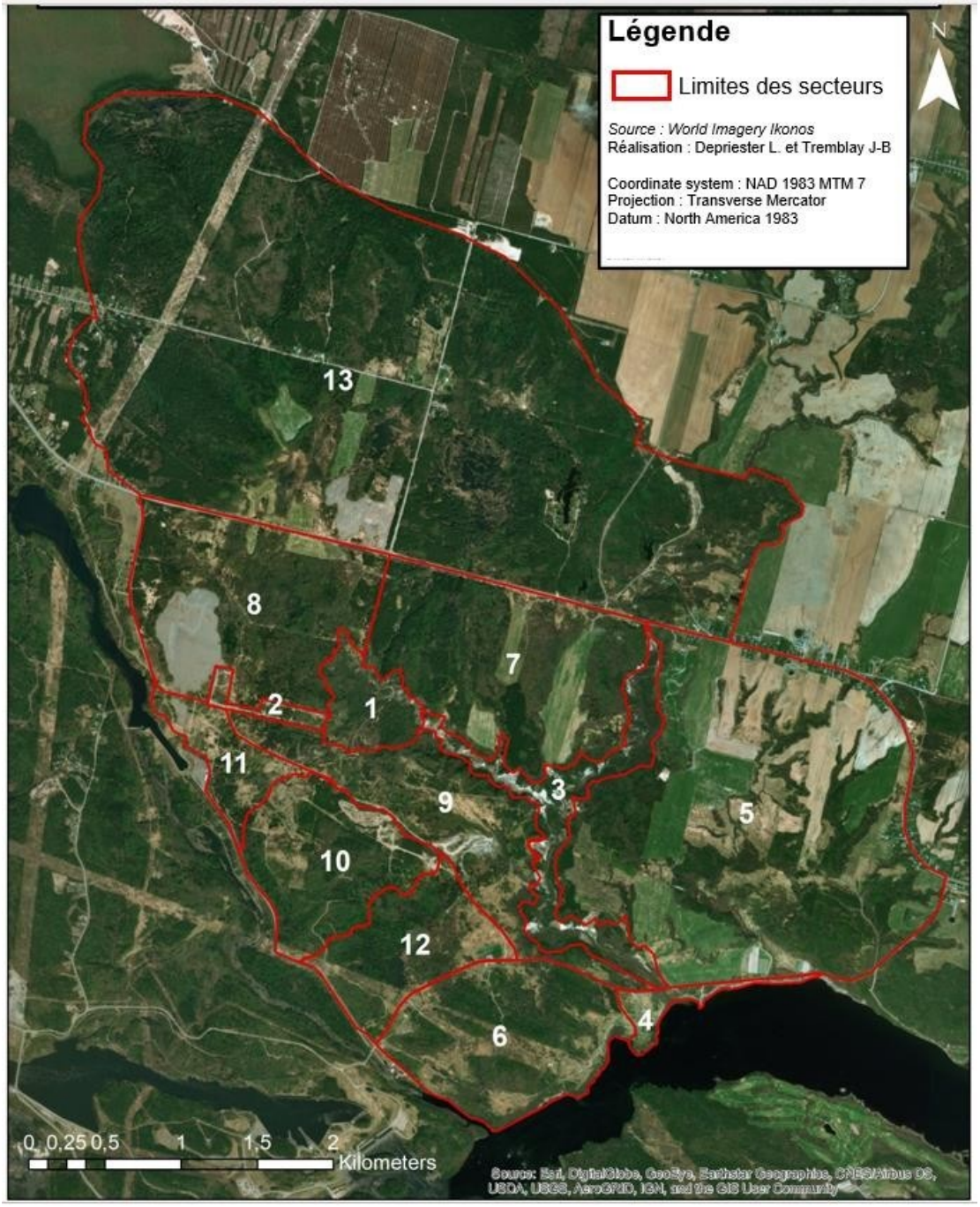


Figure : 11 Carte du découpage des différents secteurs étudiés

3.1.3 Méthodologie pour l'objectif 3 : sites d'intérêt géomorphologique

Pour le **3e objectif**, les sites d'intérêt géologique et géomorphologique du territoire ont été identifiés. Le recensement des sites d'intérêt a été caractérisé à l'aide de fiches d'analyses quantitative et qualitative, suite à une analyse paysagère, afin d'attribuer une valeur à chaque site d'intérêt. Ensuite, des relevés de terrain par drone et au DGPS ont aussi été réalisés pour les sites d'intérêt identifiés afin d'avoir des images récentes et d'avoir la topographie fine de ces sites d'intérêt. Enfin, ces données ont été traitées et valorisées pour le développement d'un futur

parc géotouristique.

Afin de définir la grille d'analyse, plusieurs méthodologies préconisées par différents auteurs sur leur territoire d'étude ont été recensées, tout particulièrement celles de Poirier (2008), Reynard (2006) et Massé et *al*., (2011). L'étude de Massé et *al.*, (2011) semble mieux détaillé et la plus complète. En effet, leurs grilles d'analyse ont été définies selon deux critères majeurs : la valeur scientifique et la valeur additionnelle. La valeur scientifique représente des facteurs tels que l'intégrité, la représentativité, ou encore la valeur paléogéographique. La valeur additionnelle représente des facteurs plus généraux comme la valeur écologique, touristique, esthétique ou l'accessibilité. En ce qui concerne la valeur additionnelle, la grille est très détaillée. En effet, chaque critère représentant la valeur additionnelle est caractérisé par d'autres sous critères. Par exemple, la valeur esthétique est évaluée selon la quantité des points de vue et par le niveau de contraste dans le paysage.

Au vu de la pertinence de leurs grilles d'évaluation, la méthodologie de Massé *et al*., (2011), a été appliquée au territoire de Saint-Jean-Vianney. Néanmoins, les grilles d'analyses quantitatives (tableau 1 et 2) ont été modifiées afin d'être mieux adaptées au site de SJV. Tout comme Massé et *al*., (2011), le territoire a été évalué selon les valeurs scientifiques et additionnelles. Chaque critère de la valeur additionnelle est également détaillé à l'aide de sous-critères. Pour ce qui est du critère de l'accessibilité, un sous-critère a été rajouté : les aménagements et les travaux nécessaires sur le site. En contrepartie, la densité des géomorphosites à proximité ou encore, de l'importance religieuse des sites ont été retirées. Finalement, comme dans l'étude de Massé et *al.*, (2011), chaque site étudié est accompagné de la grille d'analyse, d'une description générale (grâce à l'analyse de cartes, de photos et de références bibliographiques) et de données générales concernant le site en question (nom, photos prises sur chaque site, code d'identification, etc.). Lors du terrain d'été et d'automne 2019, un GPS a également été utilisé afin de géoréférencer chacun des sites répertoriés sur le territoire. Pour ce qui est de la notation de chaque critère, contrairement à certaines études, ces grilles d'évaluation fonctionnent avec une pondération de 0 à 1 par intervalle de 0,25. Ce système permet d'évaluer chaque territoire de la façon la plus précise possible.

La **valeur scientifique** (tableau 1), valeur centrale de l'étude, est donc représentée par cinq critères. En premier lieu, **l'intégrité** du site est évaluée selon l'état de conservation du site. La note 0 signifiera un site totalement détruit, la note 1 correspond à un site complètement intact. L'évaluation de la **représentativité** s'effectue selon l'espace de référence du territoire, c'est-à-dire la région où se situe le territoire d'étude. Les géomorphosites doivent être représentatifs de la géomorphologie de la région d'étude. Ils doivent couvrir les principaux processus, actifs ou passés, de la région (Massé et al., 2011). La **rareté** évalue les formes exceptionnelles et peu représentées dans la région à l'étude. Plus les éléments du territoire seront uniques, plus le potentiel sera élevé. La **paléogéographie** évalue l'importance de l'objet pour la reconstitution de l'histoire du climat et de la Terre (ex. : stade de référence glaciaire). Enfin, la valeur **pédagogique** renvoie à l'importance des éléments du territoire en termes d'éducation et de formation. Ainsi, les

sites particulièrement lisibles dans le paysage, ainsi que les sites qui permettent une observation de processus actifs obtiendront une note élevée (Massé et al., 2011).

Tableau 1 : Grille d'analyse de la valeur scientifique

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	
Valeur scientifique totale						

Pour cette étude, la **valeur additionnelle** (tableau 2) sera la valeur secondaire après la valeur scientifique et sera évaluée à l'aide de cinq critères, eux-mêmes représentés par des sous-critères. Elle fournit l'information servant essentiellement à appuyer la sélection des sites pour une valorisation géotouristique. Par conséquent, les résultats sont pondérés, car on estime que la grille scientifique possède un plus grand impact dans le diagnostic de chaque zone. Les résultats sont alors multipliés par 0,5 afin de connaître les valeurs totales.

La valeur **écologique** correspond à l'influence écologique ainsi qu'à la propriété des sites. La première évalue la présence d'une faune ou d'une flore particulière ou d'une diversité écologique importante. Pour ce critère particulièrement, on se base sur les deux sessions de terrain effectué. Le second vise à mettre en avant les sites libres d'accès. Les terrains privés ont donc une moindre valeur. La valeur **esthétique** comprend la quantité des points de vue présents à moins d'un kilomètre du site, ainsi que le niveau de contraste dans le paysage, c'est-à-dire, les différents reliefs, les couleurs, mais également les odeurs perceptibles sur le territoire. « Selon Reynard (2006), « la littérature sur l'esthétique des paysages, et notamment les enquêtes réalisées sur le concept de « beauté » paysagère, montre que les paysages contrastés (différences de couleurs), à fort développement vertical (Ex. : montagnes) et avec une présence d'éléments individualisés structurant le paysage (ex : colline isolée) sont généralement qualifiés de plus beaux que les paysages peu contrastés, plats et monotones d'un point de vue visuel. » (Massé et *al*., 2011). Pour la valeur **culturelle**, l'importance historique est évaluée. Est donc pris en considération, le lien entre l'histoire locale et le site étudié. Les vestiges historiques sur le territoire sont alors une plus-value pour le potentiel du site, de même pour les traces de glissement de terrain ou de cicatrices. En effet, ces glissements sont à l'origine d'une prise de conscience collective (citoyenne, scientifique et dirigeante) et ont engendré des changements à long terme, notamment dans l'aménagement du territoire et particulièrement dans les textes de lois. L'**accessibilité** tient compte d'une part, de l'accessibilité générale, des travaux et aménagements nécessaires, de l'accessibilité par un sentier pédestre. L'accessibilité générale est évaluée en fonction de la distance en km du lieu par rapport une infrastructure routière ou un sentier pédestre. De plus, le type de route est pris en considération. Les travaux et aménagements nécessaires sur le territoire sont également évalués. Plus un territoire nécessite de travaux ou d'aménagement, moins la cote sera élevée. L'accessibilité par un sentier pédestre tient compte des sentiers pédestres déjà existants dans le géomorphosite. Enfin, **le niveau de risque naturel** permet d'identifier les sites dont l'exploitation à des fins géotouristiques représente le moins de risque pour le tourisme et les utilisateurs potentiels (Massé et *al*., 2011). Ce critère prend en compte la présence d'élément à risque passé ; c'est-à-dire, si le territoire a déjà été confronté à un glissement de terrain ou autres risques dans le passé. Le niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique futur est évalué et tient compte des éléments à risques pour l'avenir.

Finalement, la cote totale de chaque critère de la valeur additionnelle est notée en établissant la moyenne des sous-critères.

Tableau 2 : Grille d'analyse de la valeur additionnelle

Critère/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé		
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée		
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus		
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé		
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié		
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée		
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun		
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible		
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié		
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun		
Valeur additionnelle totale (pondéré : x0,5)								

Ensuite, après avoir évalué toutes les valeurs, une note globale est fixée à chaque site en fonction de la moyenne obtenue. La valeur scientifique étant plus importante, la valeur additionnelle sera pondérée (×0,5). La valeur globale est ensuite traduite en pourcentage.

La valeur globale est définie comme suit :

$$[(1+2)/150*100], \qquad (1)$$

1 = Valeur scientifique totale
2 = Valeur additionnelle totale (pondérée)
150 = somme totale maximale des valeurs scientifiques et additionnelles
100 = conversion en pourcentage.

CHAPITRE 4
RESULTATS

4.1 Zone 1 : Le glissement de 1971

La spécificité du secteur du glissement est la présence d'argile sensible ainsi que les traces du glissement de 1971 (figure 12A et B*).* Bien que ces éléments soient présents dans différentes zones, c'est dans ce secteur (avec la rivière, zone 3) qu'ils sont le plus représentés. Selon la modélisation 3D de Richer (2021), les argiles ne sont pas la seule composante du sol. Il est possible de trouver également un niveau de sable et du roc sous les dépôts de surface. Mais la présence d'argile domine, ce qui a engendré le glissement de 1971, et qui, de ce fait, laisse ce territoire incertain en termes de mouvement. Il est donc difficile de prévoir la mise en place d'infrastructures sur cette portion du territoire.

Dans la mesure où cette zone est la cause de la tragédie de Saint-Jean-Vianney, il possède une représentativité élevée grâce aux processus passés de la zone d'étude ; argile présente sur le territoire, très représentatif de la région (mer de Laflamme), glissement, etc. Mais aussi, une rareté unique et un potentiel modéré de valeur paléogéographique et pédagogique étant donné les évènements passés. Cependant, très peu de trace du glissement ou de phénomènes géomorphologiques sont visibles à l'œil nu en raison de la forte couverture végétale (figure 12A) et du remaniement post-tragédie de 1971. Malgré cela, certains glissements sont observables à l'est de la zone, le long de la rivière Petit-Bras (figure 12C). L'ensemble de l'analyse lui confère une valeur scientifique de 0,60 (tableau 3 et voir annexe 1).

Le territoire possède également une valeur esthétique faible ; aucun point de vue et très peu de contraste dans le paysage. De plus, le niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique semble être très élevé. Cependant, il est aussi très facile de se rendre sur le lieu, cependant, une fois sur le site, il devient difficile de s'y déplacer librement (figure 12B). Tout ceci place la zone du glissement en 3e position sur les 13 zones à l'étude avec un total de 59 points (tableau 3).

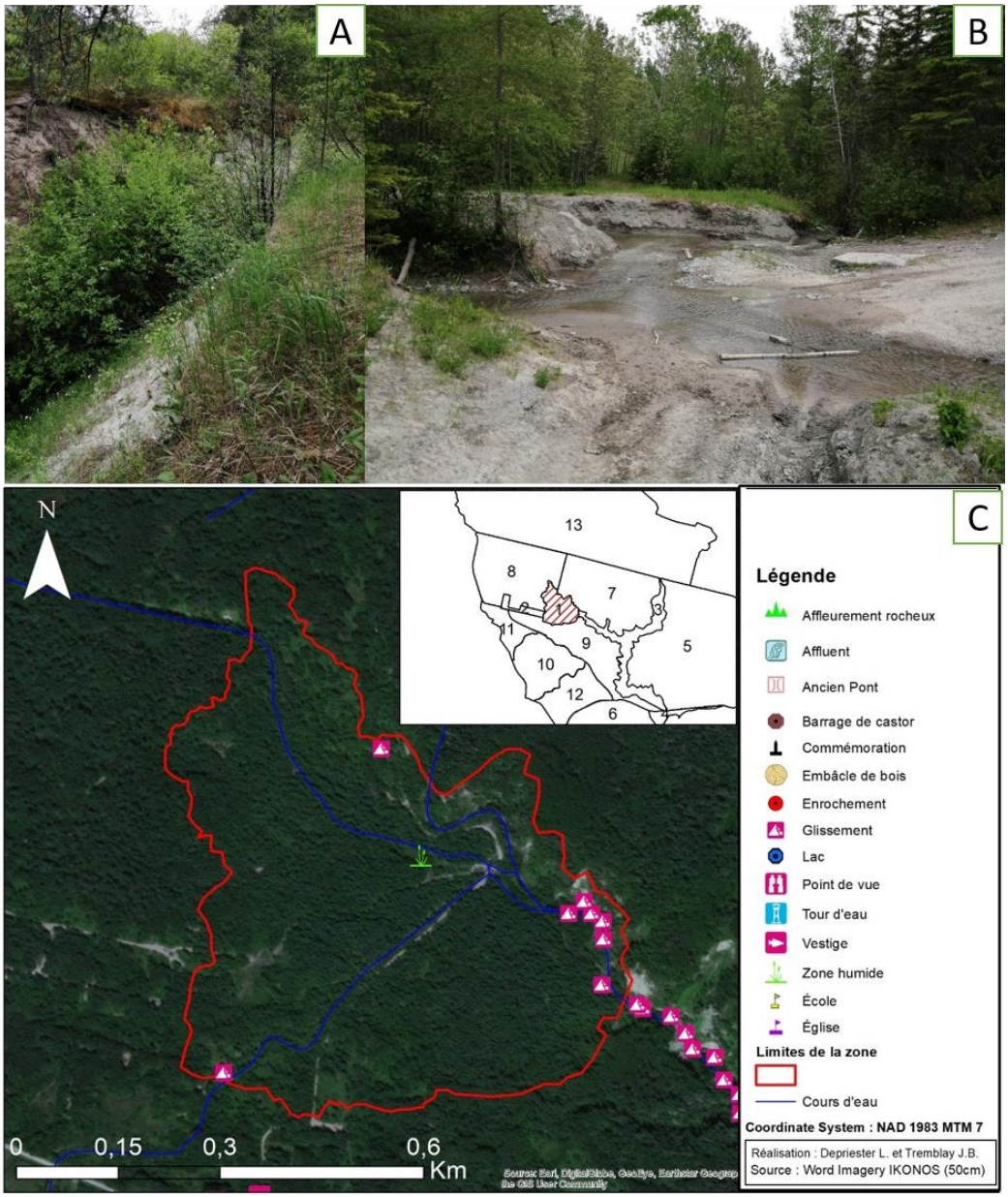


Figure : 12 Traces de glissements (A) ; Présence d'argile dans la zone 1 (B) ; Carte de la zone 1 (C)

Tableau 3 : Résultats de la zone 1

Zone 1	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondéré
Résultat : **59**	**0,6**	0,58	**0,29**

4.2 Zone 2 : Le village

En termes de géomorphologie, cette zone a un potentiel modéré, pourtant elle reste l'une des zones principales du site d'étude puisque c'est à cet endroit qu'ont eu lieu les évènements de 1971. La zone du village est peu représentative ; seules les anciennes routes du village et quelques vestiges (écoles, parvis de l'église, maisons) (figure 13) sont encore présents et le site ne présente aucune visibilité sur le glissement. Cependant, le secteur du village reste un symbole fort pour la commémoration de la catastrophe de mai 1971.

La zone 2 se situe à la frontière de la zone de glissement de terrain de 1971 (zone 1) (figure 13C). Elle bénéficie donc du même niveau de rareté et d'importance historique que le secteur du glissement puisque la zone 2 est la conséquence directe du glissement de la zone 1. En effet, aujourd'hui, la catastrophe de Saint-Jean-Vianney est ancrée dans l'histoire du Québec et du Canada. Néanmoins, elle possède une faible valeur au niveau de l'intégrité dans la mesure où le village n'existe plus, seules les anciennes routes (figure 13A) ainsi que quelques traces de vestiges sont encore présentes (figure 13B). Les valeurs pédagogique et paléogéographique sont ainsi également faibles : ce site ne permet pas une observation de processus actifs étant donné que très peu d'éléments sont présents pour la reconstitution de l'histoire du climat et de la Terre. Aussi, le niveau esthétique de la zone est très faible puisqu'aucun point de vue n'a été recensé et que le paysage ne compte aucun contraste particulier. Aussi, au vu de son histoire, le niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique est assez élevé, ce qui n'avantage pas cette zone pour le classement. Cependant, ce site a le privilège d'être très accessible, il est possible de s'y rendre grâce à la route principale (la route 172) et de s'y déplacer aisément grâce notamment au chemin de Shipshaw. Finalement, ce territoire se situe en 8e position du classement avec un total de 42 points (tableau 4 et voir annexe 2).

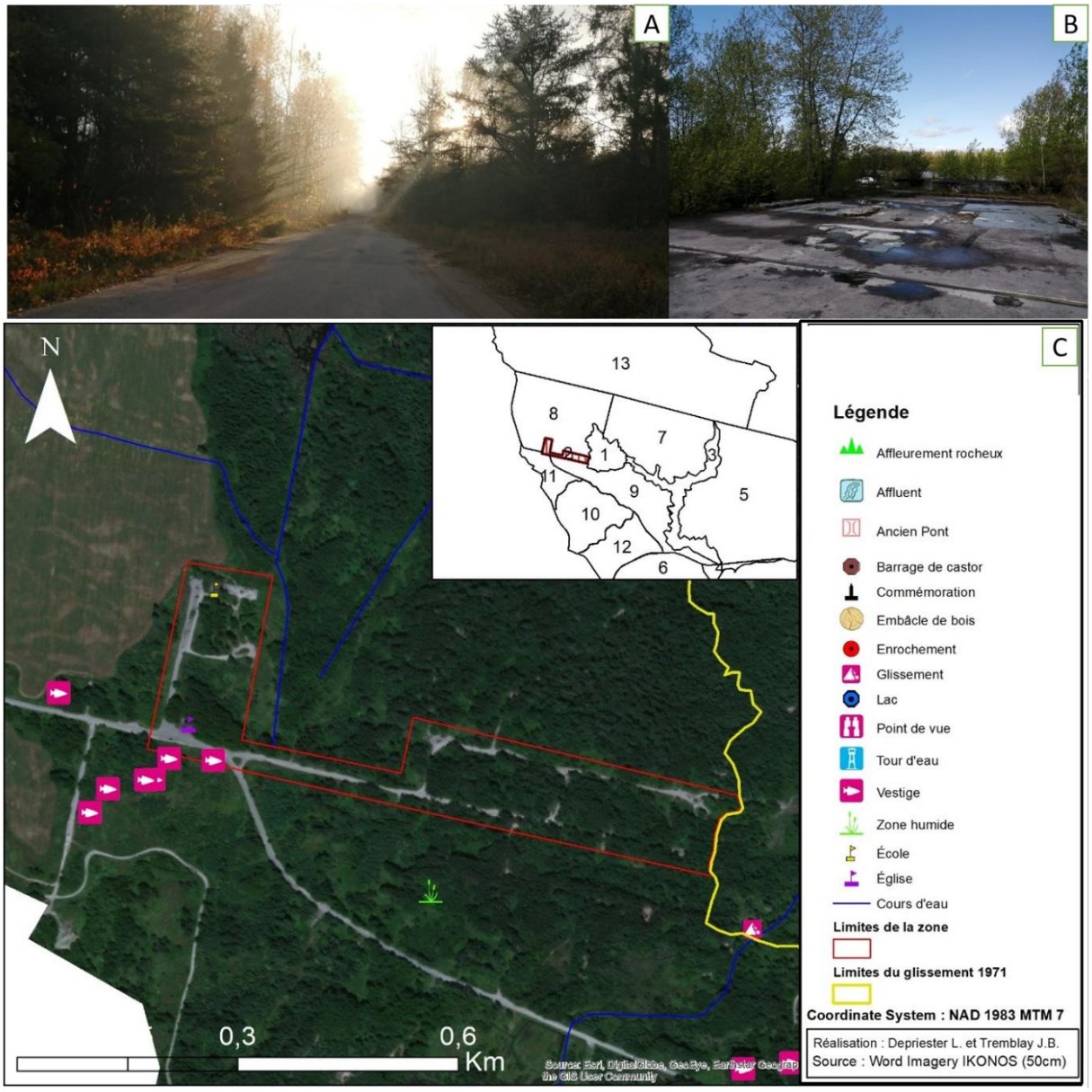


Figure : 13 Ancienne route principale du village (A) ; Vestiges de l'école du village (B) ; Carte de la zone 2 (C)

Tableau 4 : Résultats de la zone 2

Zone 2	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondéré
Résultat : **42**	**0,35**	0,56	**0,28**

4.3 Zone 3 : La rivière Petit-Bras et la rivière aux Vases

La zone 3 est l'une des zones les plus caractéristiques du site d'étude. Ce territoire rassemble les deux branches de la rivière traversant le secteur de Saint-Jean-Vianney ; la rivière aux Vases (artère principale du nord au sud) et la rivière Petit-Bras (de l'est à l'ouest) (figure 14C). L'une de ses caractéristiques est son système de ravin qui forge cette zone (figure 14A). Les rivières s'incisent dans les dépôts argileux, ce qui permet le développement de systèmes de ravinement profonds et encaissés. Tout au long de celles-ci se trouvent différents types de dépôt ; sédiments graveleux, galets et argiles dans la rivière aux Vases ainsi que dans la rivière Petit-Bras qui se trouvent sous différentes formes selon les endroits de la rivière (voir annexe 4). Elle présente de nombreuses formes morphologiques typiques des environnements fluviatiles ; des bancs d'accumulation, des confluences, de nombreuses zones de glissement de terrain, des portions d'érosion des berges, etc. Tout au long des rivières, des bancs d'accumulation graveleux, de sable ou encore des accumulations de bois sont présents (figure 14C, annexe 4). Une autre des particularités de ce secteur est la confluence de la rivière aux Vases et la rivière Petit-Bras (figure 14B). Aussi, la rivière aux Vases possède une confluence avec la rivière Saguenay. Le relief escarpé engendré par la présence d'argile et le développement de vallée encaissée dans l'argile est aussi caractéristique de la région et est relativement rare au Québec.

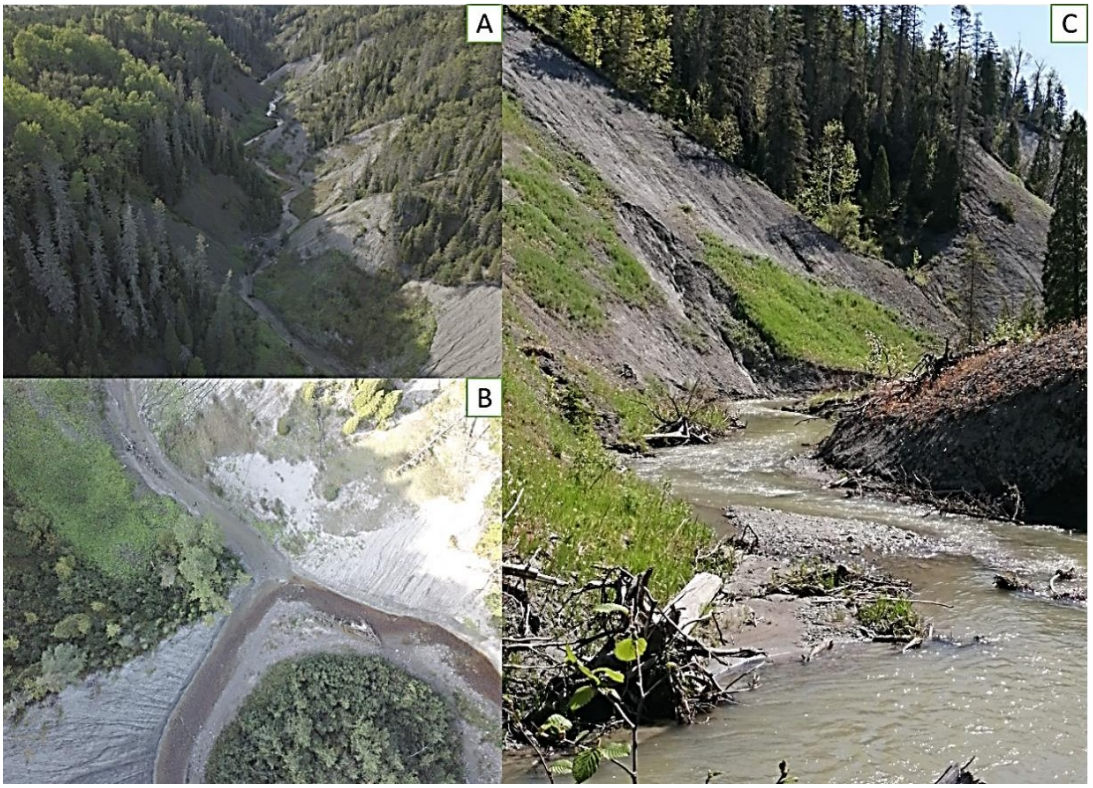


Figure : 14 Système de ravin de la rivière (A) ; Photographie par drone de la confluence (B) ; Formes morphologiques présent dans la Rivière Petit-Bras (C)

Aussi, il est intéressant de noter la présence de gabions sur certaines portions de la rivière Petit-Bras. Ils ont été instaurés après le glissement de 1971 afin de maintenir la stabilité du cours d'eau. Finalement, on retrouve un total de 46 glissements de terrain, majoritairement des glissements rotationnels, le long de la rivière Petit-Bras et de la rivière aux Vases. Comme évoqué précédemment, ces glissements, particulièrement ceux le long de la rivière Petit-Bras ont largement évolué (la plupart se sont agrandis et certains se sont même assemblés) après le glissement majeur de 1971, bien qu'une majorité étaient déjà présents avant cette date.

La zone de la rivière (aux Vases et Petit-Bras) se situe approximativement au centre du territoire à l'étude. Ce secteur est particulièrement remarquable par sa grande valeur pédagogique et paléogéographique ; de nombreuses formes morphologiques, une géodiversité des types d'accumulation, le système de ravinement et d'incision dans l'argile, la possibilité d'observer plus d'une quarantaine de glissements ainsi que d'autres phénomènes géomorphologiques (bancs d'accumulations de roche ou de sable, interface entre les deux rivières, etc.) (figure 15A et B) se retrouvent concentrés dans cette zone. En ce qui concerne les glissements, la figure 15C montre le positionnement de ceux-ci tout au long des deux rivières. Cependant, une grande majorité se retrouve dans la rivière Petit- Bras, et particulièrement à l'endroit où a eu lieu la première zone de décrochage engendrant par la suite, la tragédie de 1971. Cette zone est également très représentative de la région, non seulement par l'existence de zone de glissement, mais aussi par la présence d'argile visible en surface. L'ensemble des éléments présents sur cette zone lui octroie une valeur scientifique de 0,70. En ce qui concerne la valeur additionnelle, il est aussi essentiel de noter l'importance culturelle vraisemblablement liée au glissement de terrain de 1971. De nombreux vestiges du village ont été transportés par la rivière jusqu'au Saguenay, encore aujourd'hui, on retrouve la présence de vestige dans l'eau, notamment dans la rivière aux Vases. Cependant, même si les éléments à risque passés contribuent à la valeur additionnelle de ce site, le risque élevé d'une exploitation géotouristique future n'avantage pas sa valeur puisque cette zone pourrait se révéler dangereuse. Finalement, ce territoire se situe en 2e position du classement avec un total de 65 points (tableau 5 et voir annexe 3).

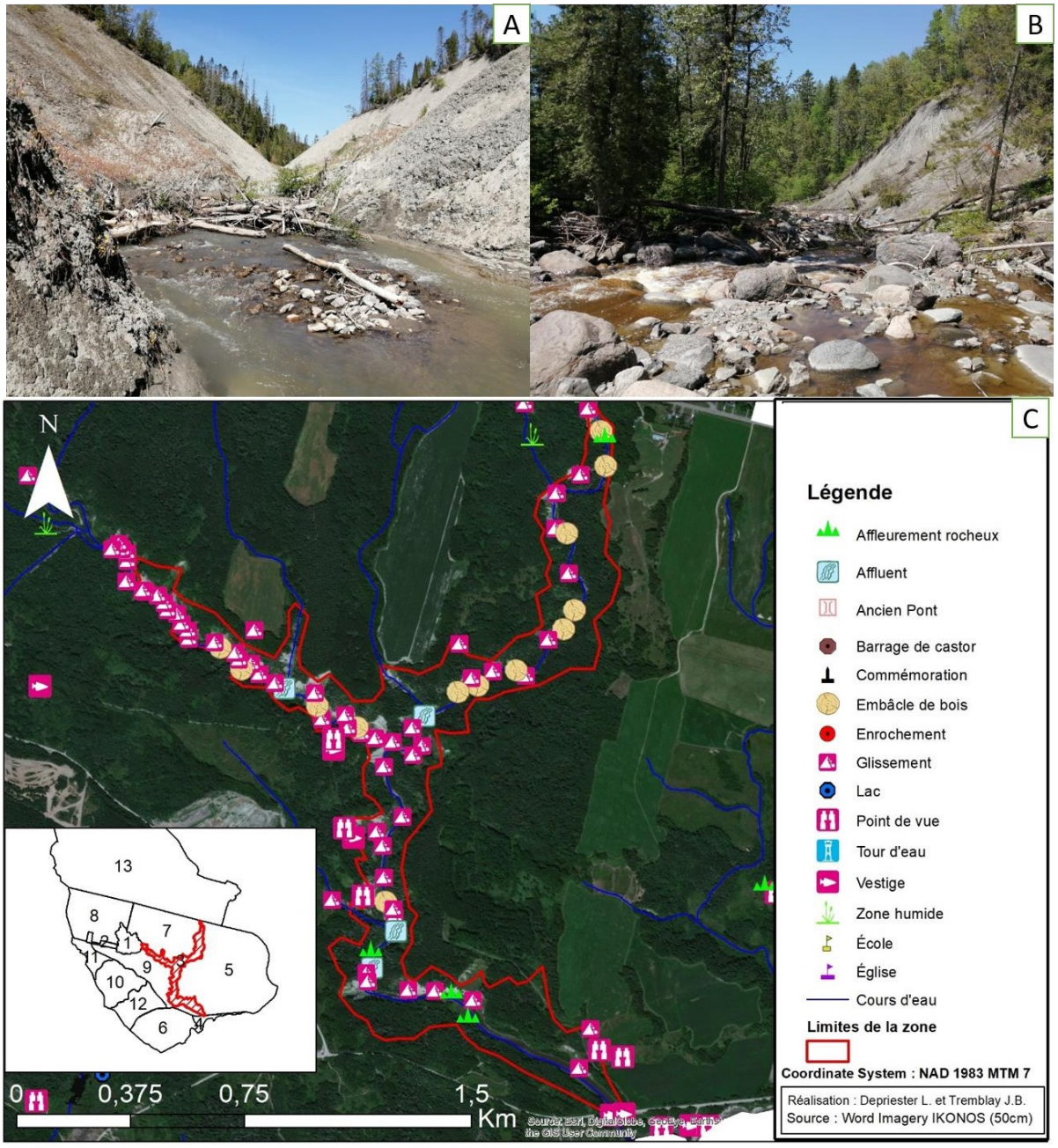


Figure : 15 Barrage de bois mort dans la rivière Petit-Bras (A) ; Présence de blocs dans le chenal (rivière aux Vases) (B) ; Carte de la zone 3 (C)

Tableau 5 : Résultats de la zone 3

Zone 3	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **65**	**0,70**	0,53	**0,27**

4.3.1 Évolution de la trajectoire de la rivière Petit-Bras

Pour l'étude de la trajectoire, une analyse de l'évolution des cicatrices le long de la rivière Petit-Bras a été réalisée grâce à l'analyse de photographies aériennes. L'évolution historique dans le temps des glissements de terrain les plus importants (en m²) le long de la rivière Petit-Bras a été étudiée entre les années 1950 et 2017 (figure 16). Les analyses permettent de comparer l'évolution de ces glissements selon les années et leurs superficies (figure 17A et 17B). Donc, plus la valeur de la superficie augmente, plus le glissement s'agrandit. Cependant, il est important de souligner que certains existaient déjà auparavant, seulement ils sont très peu visibles sur les photographies aériennes. Il est tout de même possible de constater l'évolution des superficies avant et après 1971. Le glissement G0, par exemple avait une superficie de 6 400m² en 1950 et de 11 300m² en 1971. Pour deux d'entre eux (G2 et G3), leur évolution est assez rapide. La superficie de G2 passe de 4 400m² en 1971 à 7 800m² en 1977. Ensuite il atteint 12 600m² en 1985 pour finalement atteindre 13 800m² en 2015. En ce qui concerne le glissement G3, sa superficie est de 3 200m² en 1971, 6 500m² en 1993 et 10 300m² en 2017.

Il est à souligner que sur le graphique, la courbe représentant le glissement G1 décroît légèrement après 1971, lié à la qualité des images aériennes. Selon les analyses des photographies, seuls les glissements G1, G2 et G3 seraient apparus lors du glissement de 1971 avec une superficie respective de 4 100 m², 4 400m² et de 3 200 m² en 1971. De façon générale, la figure 16 permet de constater une forte activité pendant la période suivant les évènements de 1971 (1976-1981), notamment par l'accroissement considérable de G2, l'apparition de G4 et G12. Il est aussi possible d'observer une activité importante depuis les années 2000, particulièrement avec l'évolution de G3 et G9 entre 2005 et 2017 et légèrement de G1 et de G11.

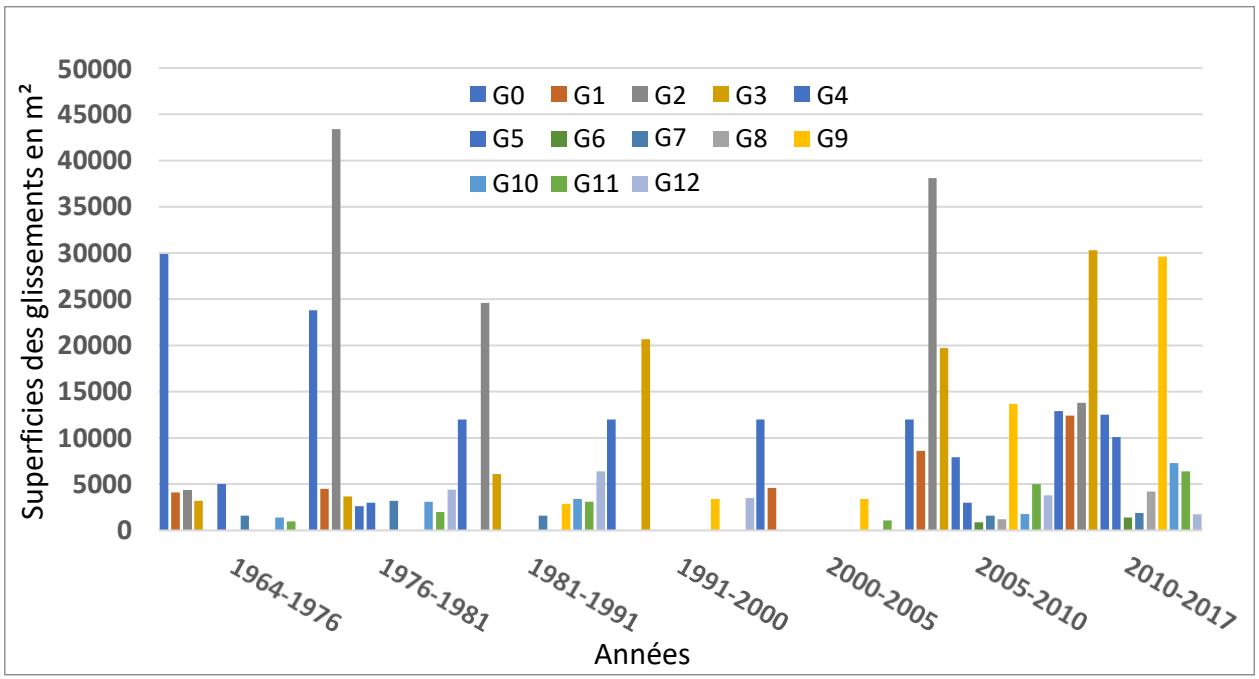


Figure : 16 Graphique de l'évolution des cicatrices entre 1950 et 2017

La figure 17B présente l'évolution des glissements majeurs le long de la rivière Petit-Bras entre 1968 et 2017. Sur la photographie de 1979, il est possible d'identifier les limites du glissement de 1971, et aussi, du fait de la disparition d'une partie de la végétation, de visualiser plus facilement les glissements apparus entre 1968 et 1979. On remarque alors l'agrandissement du glissement G2 ainsi que l'apparition de G3. Le glissement de G3 est passé d'une superficie de 3 700m² en 1977 à 6 100m² en 1991 et à 10 300m² en 2017. Le glissement G0, quant à lui, évolue plus lentement entre ces périodes ; sa superficie passe de 6 400m² en 1950 à 11 800m² en 1979 à 12 000m² en 1991 et à 12 900m² en 2015.

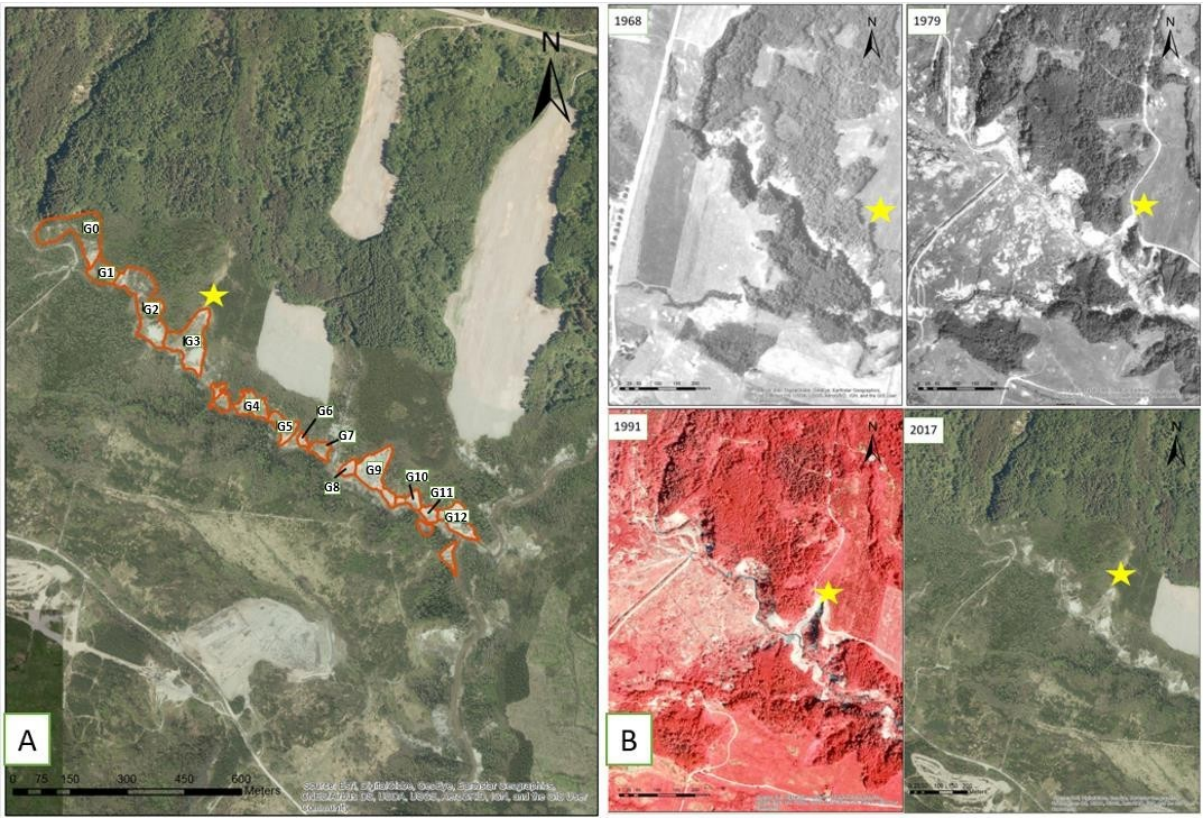


Figure : 17 Localisation des glissements de terrain le long de la rivière Petit-Bras sur une photographie aérienne de 2017 (A) ; Evolution des glissements de terrain le long de la rivière Petit-Bras entre 1968 et 2017 (B). L'étoile permet de se repérer selon les années

4.3.2 Évolution de la trajectoire de la rivière aux Vases

Pour l'étude de l'évolution de la trajectoire de la rivière aux Vases, plusieurs analyses ont été menées ; tout d'abord, l'analyse de l'évolution de la superficie des glissements de terrain le long de la rivière aux Vases, selon les points kilométriques sur la rivière (figure 18A). Cette figure montre que c'est particulièrement dans la portion aval de la rivière (entre 500 et 2500m) où se concentre la majorité des glissements, et essentiellement où les glissements évoluent le plus. La seconde concerne l'évolution de la superficie de l'érosion. La figure 18B présente l'évolution de l'érosion par point kilométrique de la rivière par m² selon les différentes années étudiées. Chacune des couleurs représente les points kilométriques (PK), soit chaque portion de 500

mètres de la rivière de l'aval vers l'amont. Pour la période 1964-1975, les données montrent un taux d'érosion plus élevé que sur les autres périodes, particulièrement sur la portion 1000-1500m. Ainsi, c'est dans la portion en aval de la confluence avec la rivière Petit-Bras que les superficies érodées sont les plus élevées, où a eu lieu le premier décrochement durant les évènements de 1971. Entre 1975 et 1993, l'érosion est marquée particulièrement dans les portions 0-1000m et 3500-4000m pour la période 1975-1985. L'érosion reste assez élevée sur la portion 500-1000m à travers les périodes. Ensuite, la figure 18C présente l'évolution de l'indice de sinuosité de la rivière aux Vases entre 1950 et 2017. L'indice de sinuosité (longueur du talweg totale divisée par la longueur euclidienne) montre une certaine augmentation dans le temps où la valeur passe de 1,65 en 1950 à plus de 1,8 en 2017. Les données montrent une diminution importante en 1975, c'est-à-dire après les évènements de 1971. La tendance depuis 1977 est à la hausse, ce qui concorde avec les taux d'érosion qui augmentent depuis cette période. À travers les années, les analyses indiquent tout de même une certaine tendance de l'accroissement du taux de sinuosité entre 1950 et 2017. Enfin, la figure 18D révèle une certaine continuité dans l'évolution de la largeur du cours d'eau. Cependant, les valeurs les plus importantes, où la largeur est à son maximal se situe en 1971. Une autre augmentation apparaît aussi en 1993, mais elle s'avère être moins importante que la précédente. Aussi, il est possible de constater que les dernières données démontrent une hausse de la largeur du cours d'eau depuis 1996.

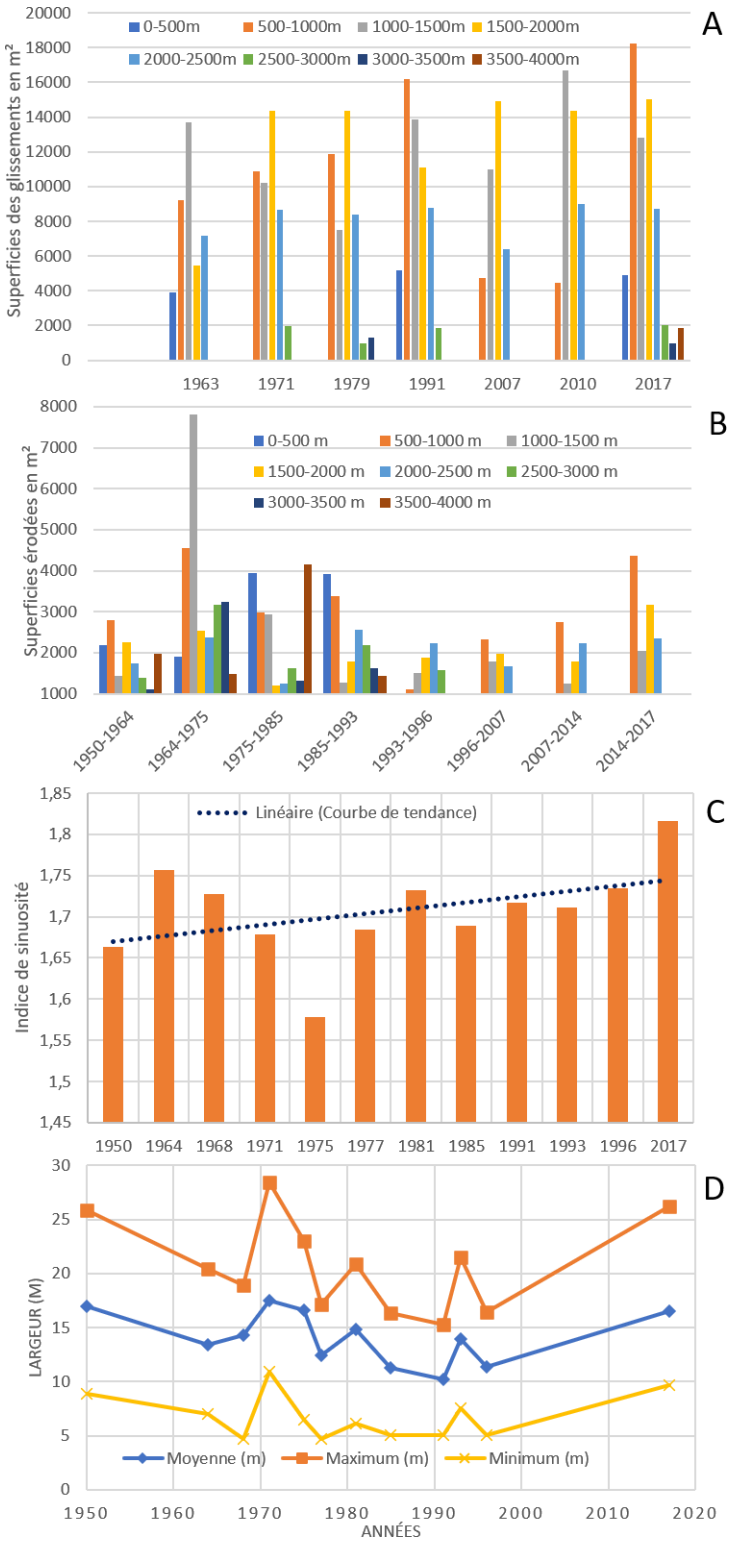


Figure : 18 Superficies des glissements par point kilométrique de la rivière aux Vases par m² (A) ; superficies d'érosion par point kilométrique de la rivière aux Vases par m² (B) ; évolution de l'indice de sinuosité de la rivière aux Vases par année (C) ; évolution de la largeur de la rivière aux Vases en mètre par année (D)

4.4 Zone 4 : Secteur confluence avec le Saguenay

La spécificité de ce secteur est la présence de berges érodées au niveau du Saguenay et la présence de la confluence avec la rivière aux Vases. L'érosion des berges du secteur des Terres rompues représente fréquemment un défi dans la gestion des risques naturels, et comporte plusieurs enjeux. Dans le cas de la zone 4, il est question d'une érosion par l'eau, visible à l'œil nu, particulièrement du fait de la présence du Saguenay (figure 19A). Cette zone est délimitée par le Saguenay au sud, par la zone 6 à l'ouest et la zone 5 à l'est (figure 19B). Située au sud-est du territoire d'étude, de nombreux phénomènes sont visibles sur cette zone telle que ; des glissements dans les argiles, la présence de roc en surface, l'érosion des berges ou encore à la présence du Saguenay et de la rivière aux Vases (dynamique du Saguenay, pont cassé, débris, etc.) (figure 19). De ce fait, elle possède un fort potentiel pédagogique et paléogéographique. Le site dispose également d'une bonne intégrité : seule la présence de sentiers abîmés est à noter. Cette zone obtient alors une valeur scientifique de 0,8. De plus, on dénombre un total de 6 points de vue (figure 19B), ainsi qu'une excellente accessibilité générale pour atteindre le site. En effet, même si les sentiers sur la zone sont abîmés, ils sont tout de même présents et sont accessible depuis une route asphaltée (route Saint Léonard). Par ailleurs, cette zone possède également une forte importance culturelle puisque les vestiges du village, lors du glissement de 1971, se sont déversés dans la rivière aux Vases jusqu'à la limite de la zone. Le pont cassé de la rivière aux Vases se trouve encore dans le Saguenay en face de la zone 4 et est visible à marée basse. Aussi, ce secteur a subi auparavant de fortes perturbations, mais ne compte aujourd'hui qu'un niveau moyen de risque naturel futur. Cette valeur est évaluée selon les risques passés sur le territoire ainsi que sur les connaissances de la topographie et des types de matériaux du sol (roc, argile, sable). Ainsi le site n'ayant pas été impacté par les deux précédents glissements, et présentant des matériaux comme le sable et le roc lui confère un niveau de risque plus faible. Cependant, la présence d'argile nécessite une attention particulière, c'est pourquoi le niveau de risque est évalué à moyen. Tout ceci lui confère une valeur additionnelle de 0,33 et une note totale de 75. Ainsi, la zone 4 atteint la première place du classement global (tableau 6 voir annexe 5).

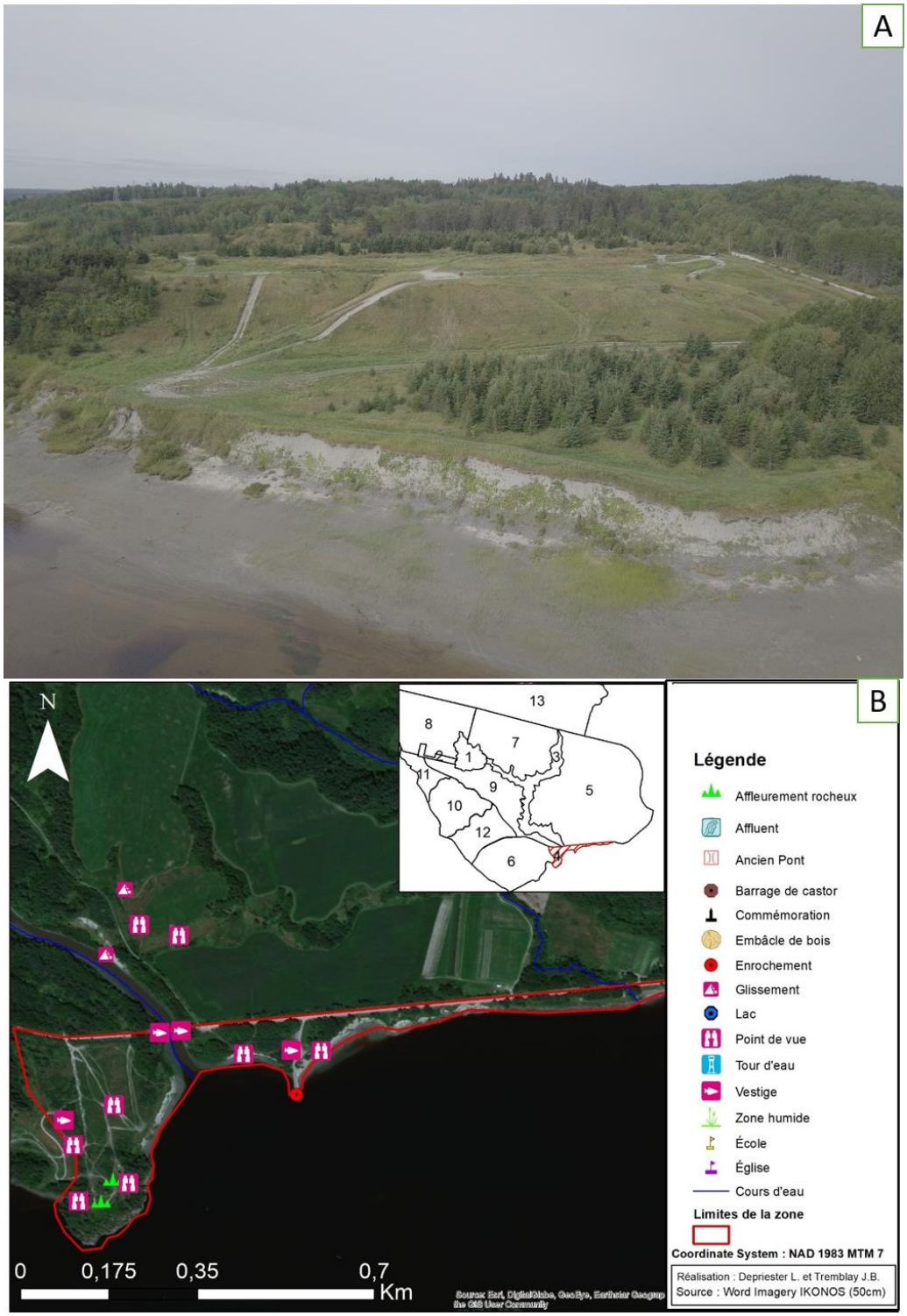


Figure : 19 Photographie par drone de la zone 4 (A) ; Carte de la zone 4 (B)

Tableau 6 : Résultats de la zone 4

Zone 4	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **75**	**0,80**	0,65	**0,33**

4.5 Zone 5

La zone 5 se situe à la limite Est de notre zone d'étude (figure 20). Elle est délimitée au Nord et à l'Est par la route 172, et au Sud par le Saguenay et le chemin des Terres rompues. Cette zone se place en 9e position du classement avec un total de 40 points (tableau 7 et voir annexe 6). Cette place se justifie notamment par sa mauvaise valeur scientifique (0,40). Effectivement, la rareté de ce territoire est nulle. Il ne possède pas d'éléments remarquables en matière de géomorphologie, ce qui lui confère une mauvaise valeur paléogéographique et pédagogique. En termes de rareté, ce territoire a tout de même le mérite d'être intact, cependant, il est très faiblement lié au glissement de 1971, du fait de la distance avec la zone 1. Pour ce qui est de la valeur additionnelle pondérée (0,20), elle est également peu élevée, mais possède tout de même certains privilèges ; on dénombre un total de 6 points de vue (figure 20 et 21), le niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique future est très faible étant donné qu'il possède peu de lien avec les glissements de 1663 et 1971 et très peu de travaux et d'aménagements seront nécessaires pour l'utilisation de ce site. Néanmoins, les terres privées qui se trouvent sur ce territoire ne facilitent pas son exploitation.

Tableau 7 : Résultats de la zone 5

Zone 5	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **40**	**0,40**	0,40	**0,20**

Figure : 20 Exemples de point de vue dans la zone 5

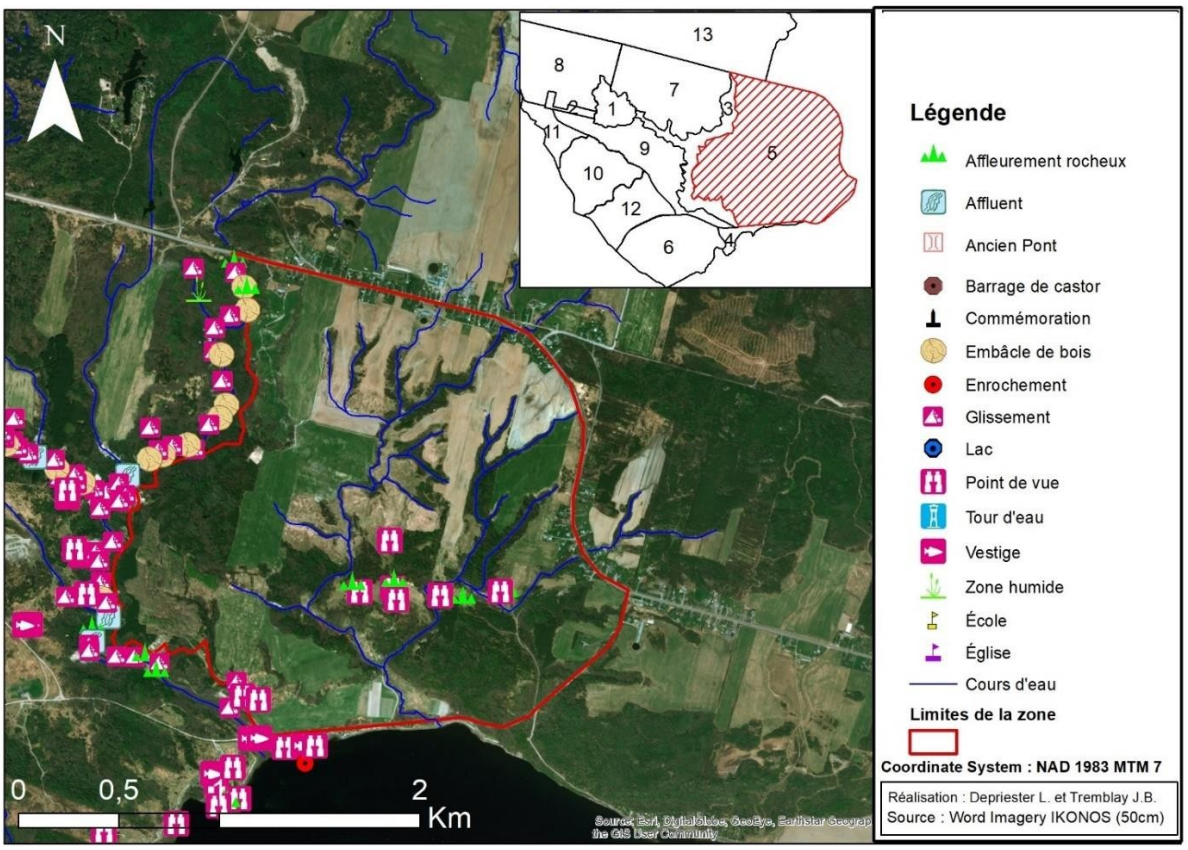


Figure : 21 Carte des points d'intérêts de la zone 5

4.6 Zone 6 : Secteur privé de l'Alcan

Ce secteur est assez spécifique puisqu'il s'agit du terrain privé de l'Alcan (figure 23). Il est donc difficile d'y prévoir un parcours géotouristique sur cette zone. Malgré tout, il bénéficie tout de même d'une intégrité parfaite ainsi que d'une très bonne accessibilité pour atteindre le site. Malheureusement, sa faible valeur écologique et esthétique (présence de lignes électriques, peu de diversité et de contraste dans le paysage) (figure 22) ainsi que son importance culturelle aucunement liée à la catastrophe de 1971 ou de tout autre élément majeur lui prévaut également une faible valeur additionnelle (0,19). Finalement, la zone 6 se place au 10e rang du classement (tableau 8 et voir annexe 7).

Tableau 8 : Résultats de la zone 6

Zone 6	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **39**	**0,40**	0,37	**0,19**

Figure : 22 Présence des lignes électriques dans la zone 6

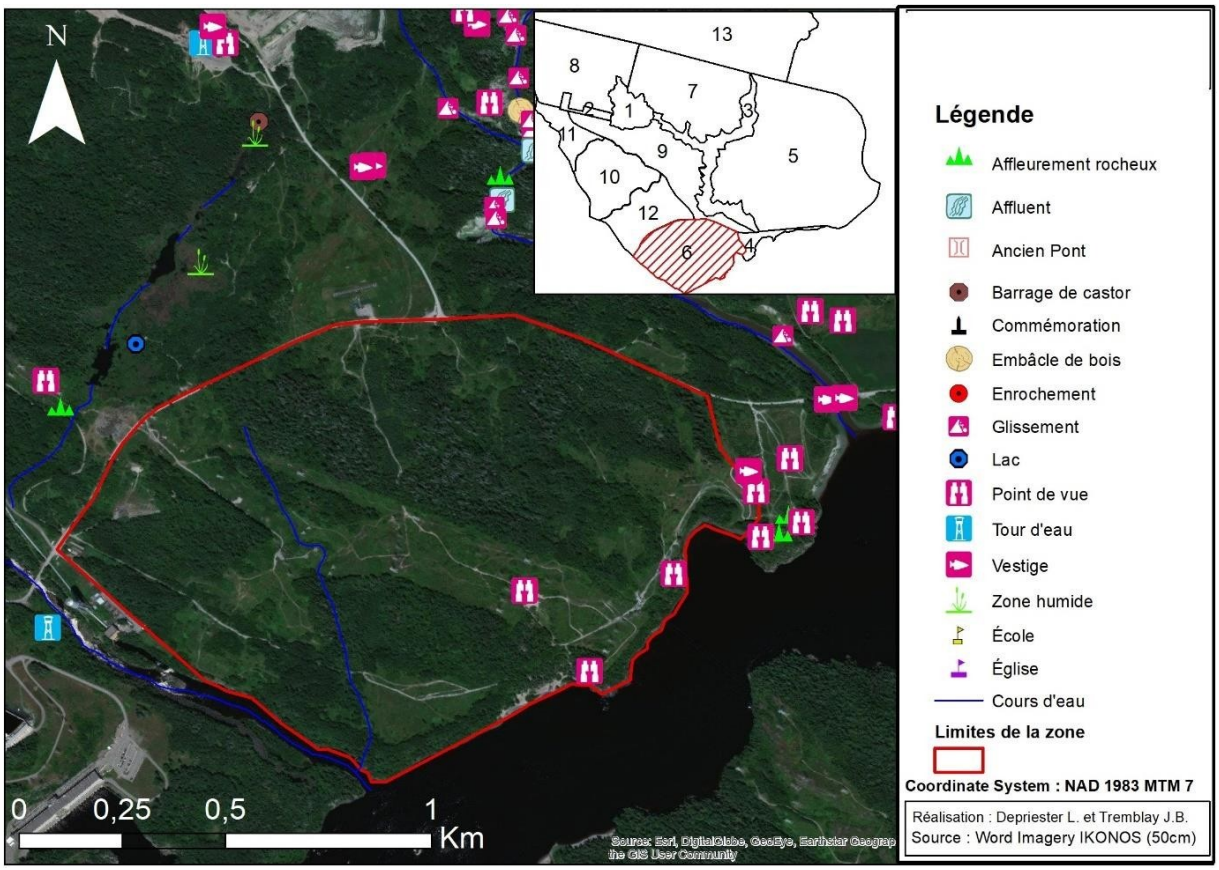


Figure : 23 Carte des points d'intérêts de la zone 6

4.7 Zone 7

Avec une valeur additionnelle de 0,18 et une valeur scientifique de 0.35, la zone 7 se place au dernier rang du classement avec 35 points (tableau 9 et voir annexe 8). Cette position se justifie, au niveau scientifique, non seulement par un paysage très commun (aucun élément particulier), une faible valeur pédagogique et paléogéographique (on constate uniquement la présence d'une rivière ou de quelques glissements) (figure 24), mais encore une faible représentativité du territoire. Relativement à la valeur additionnelle, la valeur esthétique ne rapporte aucun atout pour le territoire. En effet, on n'y dénombre aucun point de vue (territoire relativement plat et forte végétation). De même, le niveau de contraste dans le paysage ne rapporte aucun point, la végétation est plus ou moins identique sur l'ensemble du territoire, on y relève également des plantations de conifère. Toujours est-il que l'accessibilité générale ainsi que l'accessibilité à l'intérieur du site sont particulièrement bonnes (figure 24 B). De plus, de très faibles travaux et aménagement seront à prévoir dans le cadre d'une exploitation touristique. Aussi, le niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique est très faible. Hormis sa frontière commune avec la zone 1 (zone du glissement de 1971), la présence d'éléments à risque passée est quasi nulle, ce qui ne permet pas au territoire de se démarquer (figure 25).

Tableau 9 : Résultats de la zone 7

Zone 7	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **35**	**0,35**	0,35	**0,18**

Figure : 24 Présence de rivière sur le territoire (A) ; présence de chemins accessibles (B) ; traces de glissements de terrain (C)

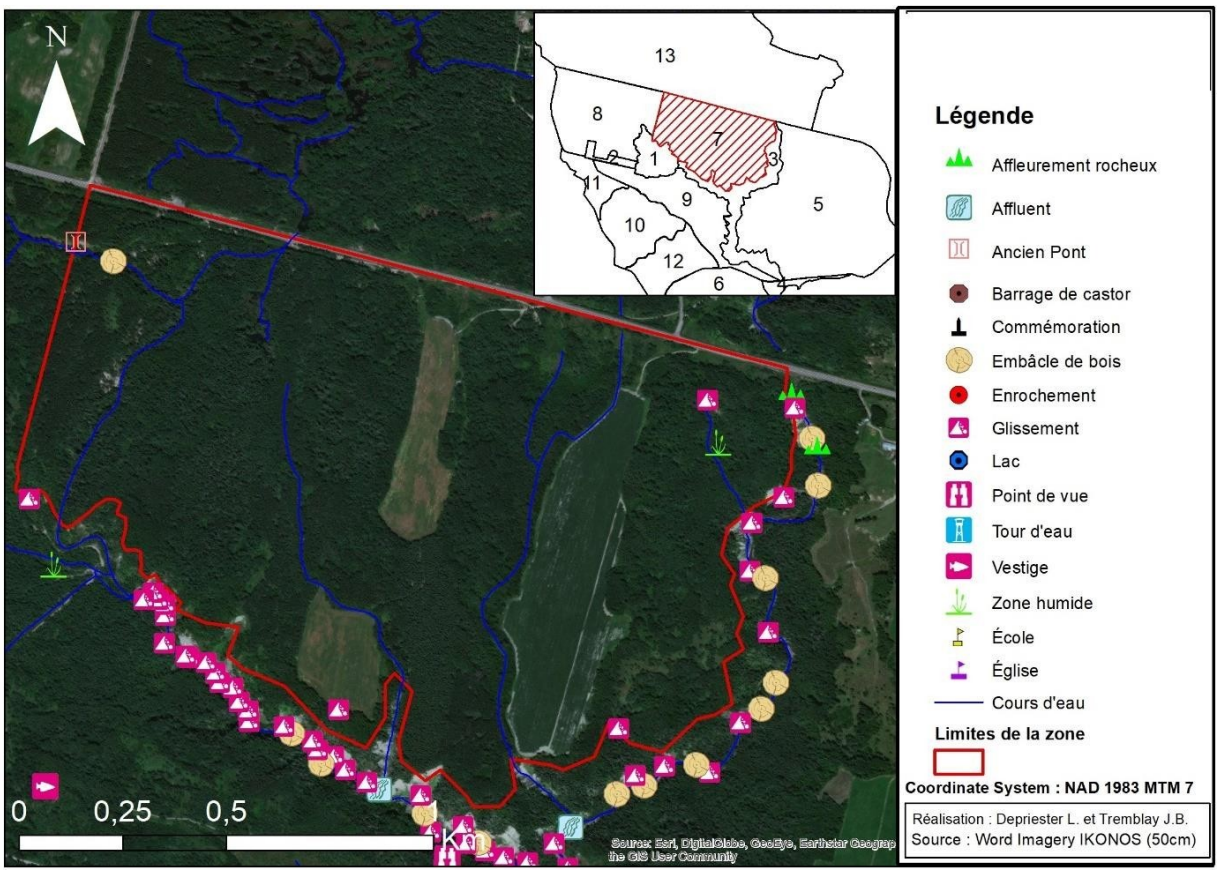


Figure : 25 Carte des points d'intérêts de la zone 7

4.8 Zone 8

La zone 8 se place à la 7e position du classement ex aequo avec la zone 9 (tableau 10 et voir annexe 9). Ceci s'explique notamment par une faible valeur scientifique ; un territoire ordinaire avec cependant quelques éléments particuliers (présence de zones humides, barrages de castors, etc.) (figure 26A et B). Par conséquent, au vu de ces éléments, ainsi que des traces du glissement de 1663 qu'il est possible d'observer, cette zone possède une valeur pédagogique modérée. Parmi ces atouts, il est important d'évoquer sa très bonne intégrité ; cette zone n'a pas été atteinte par le glissement de 1971. Il est également possible de contempler 4 points de vue sur le site (figure 27). D'autre part, il est très accessible et est assez simple d'y circuler grâce aux chemins piétons et 4 roues disponibles (figure 26C), de ce fait très peu de travaux seront nécessaires pour une possible exploitation future du site. Malgré tout, la présence d'une terre privée sur le site ne permet pas une exploitation totale du celui-ci, même si le niveau de risque pour une utilisation géotouristique est faible.

Tableau 10 : Résultats de la zone 8

Zone 8	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **43**	**0,4**	0,47	**0,24**

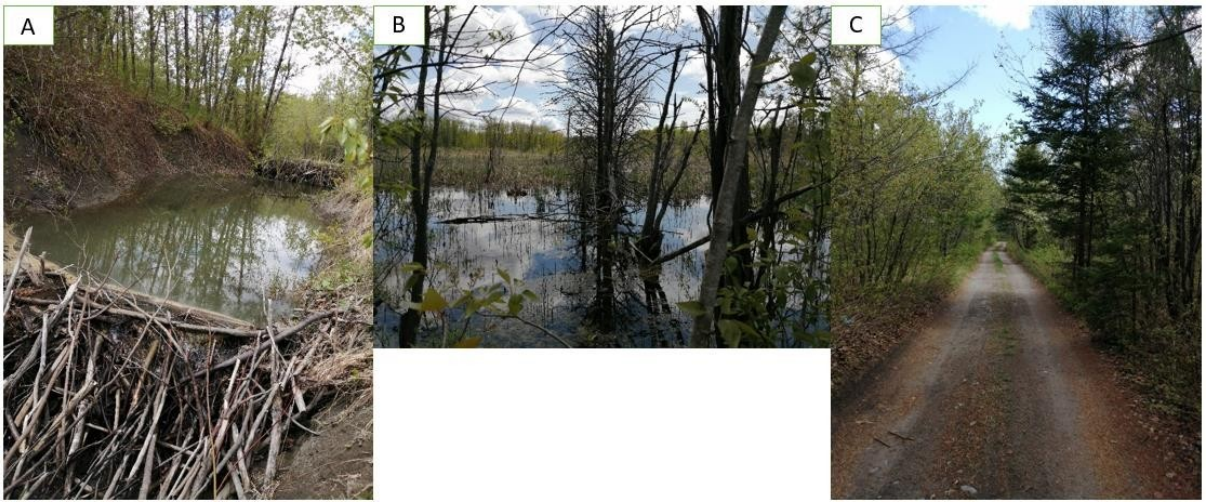


Figure : 26 Présence de barrages de castor (A) ; zones humides (B) ; chemin piéton (C)

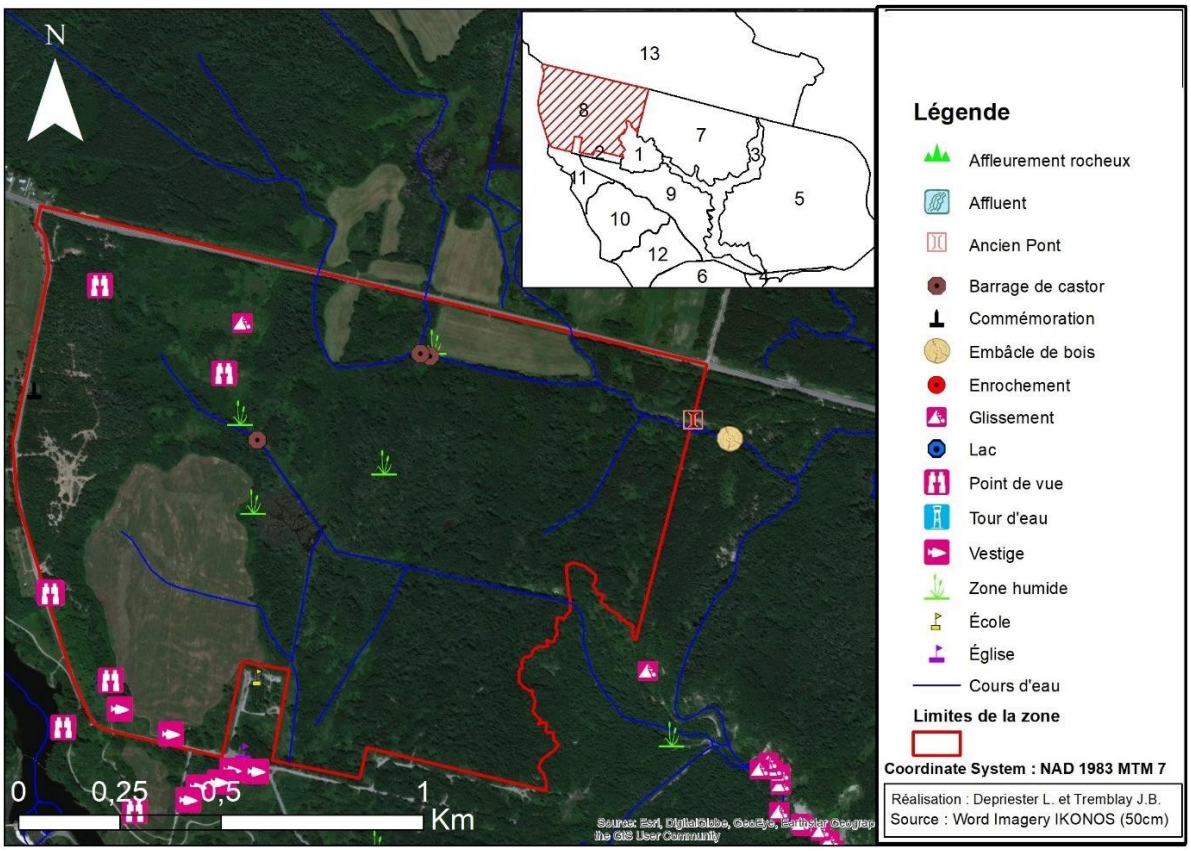


Figure : 27 Carte des points d'intérêts de la zone 8

4.9 Zone 9

C'est dans le secteur 9, au « trou de boue », que les amateurs de moto-cross peuvent se retrouver (figure 28A). Accessible par le chemin de Shipshaw (route asphaltée), il rassemble parfois de nombreuses personnes lors de rencontre (figure 29). En ce qui concerne l'importance historique de cette zone, elle a été évaluée comme moyennement lié. Étant donné qu'elle possède une limite commune avec la zone 1 et la zone 3, il est possible de relever des traces de glissement datant de 1971 ainsi que d'autres glissements plus récents (figure 28C). Aussi, on note la présence de vestiges repartis sur la zone (figure 28B). Bien que les terres ne soient pas privées et qu'il est possible de remarquer la présence de zone humide, ainsi que 3 points de vue sur le territoire (figure 29), les critères écologiques et esthétiques restent tout de même relativement faibles sur ce site ; le couvert végétal est assez commun et peu varié et on dénombre quelques espaces vides. De plus, même si l'accessibilité du territoire est simple, une fois sur le territoire, des sentiers sont existants, mais peu accessibles. Et le niveau de risque serait « moyen » pour une exploitation géotouristique future. Tout ceci place ce secteur à la 7e position ex aequo avec la zone 8 avec un score de 43 points (tableau 11 et voir annexe 10).

Tableau 11 : Résultats de la zone 9

Zone 9	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **43**	**0,40**	0,49	**0,25**

Figure : 28 Trou de boue (A) ; présence de vestige (B) ; trace de glissement de terrain entre la zone 3 et la zone 9 (C)

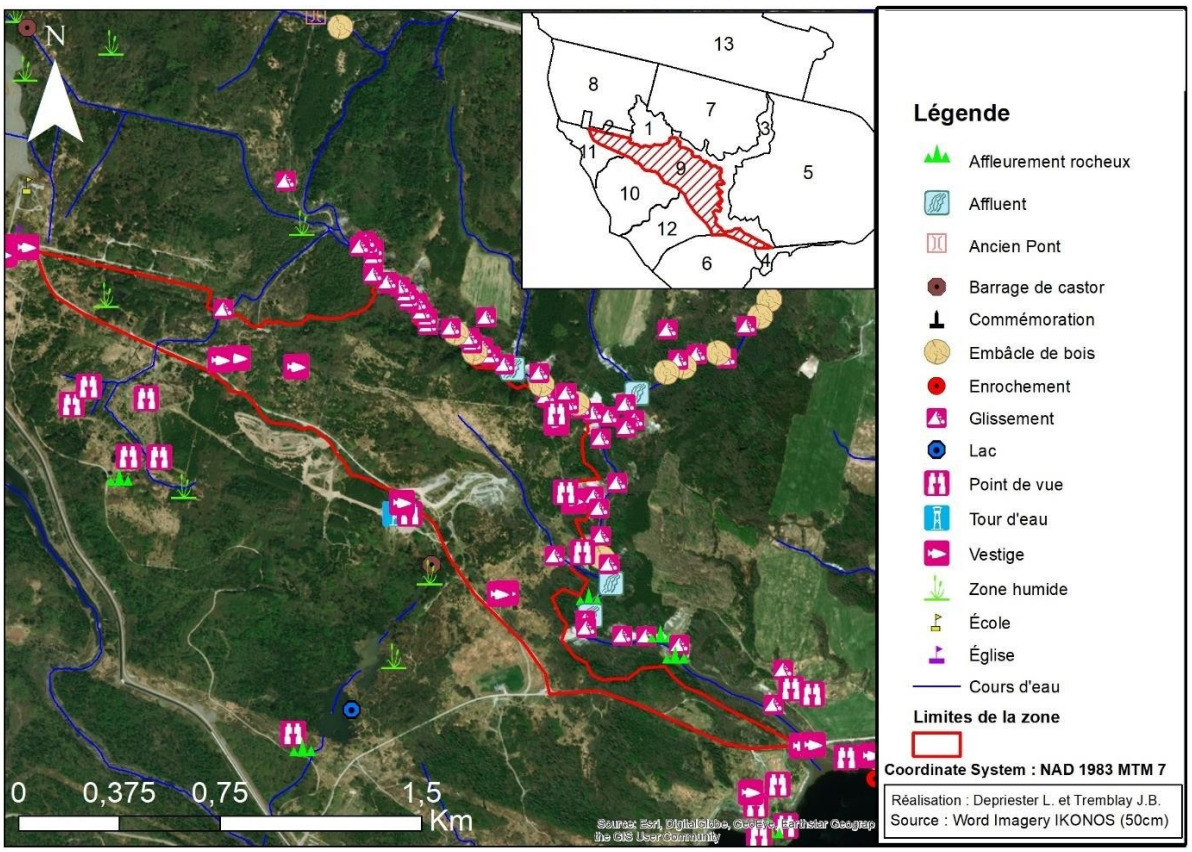


Figure : 29 Carte des points d'intérêts de la zone 9

4.10 Zone 10 : Le plateau intact

Le plateau intact de la zone 10 est un élément remarquable du site d'étude ; contrairement à l'ensemble du territoire, le plateau est essentiellement composé de roche et de sable (Richer, 2021). Elle se trouve être la zone la moins vulnérable de ce territoire étant donné qu'elle n'a été modifiée par aucun des deux glissements majeurs de Saint-Jean-Vianney (1663 et 1971). Cette partie du territoire s'élève à 100 mètres d'altitude et offre une vue imprenable sur la portion fluviale du Saguenay et le graben du Saguenay. Son importance historique est de ce fait, moyennement liée aux glissements. Les atouts de ce secteur sont donc l'intégrité du site, un niveau de risque naturel faible en cas de parcours géotouristique, mais aussi, une excellente accessibilité générale du site avec un sentier existant moyennement accessible (figure 30C). L'estimation des travaux ou des aménagements nécessaires est alors relativement faible. Au niveau de l'esthétique, on remarque peu de contraste dans le paysage (végétation commune, quelques sentiers à travers la forêt, etc.), mais un total de 4 points de vue rassemblés sur la partie nord-ouest et est du territoire (figure 30A et D), dont un, donnant sur une zone humide de la zone 11 (figure 30B). La zone 10 se classe alors 4e avec 57 points (tableau 12 et voir annexe 11).

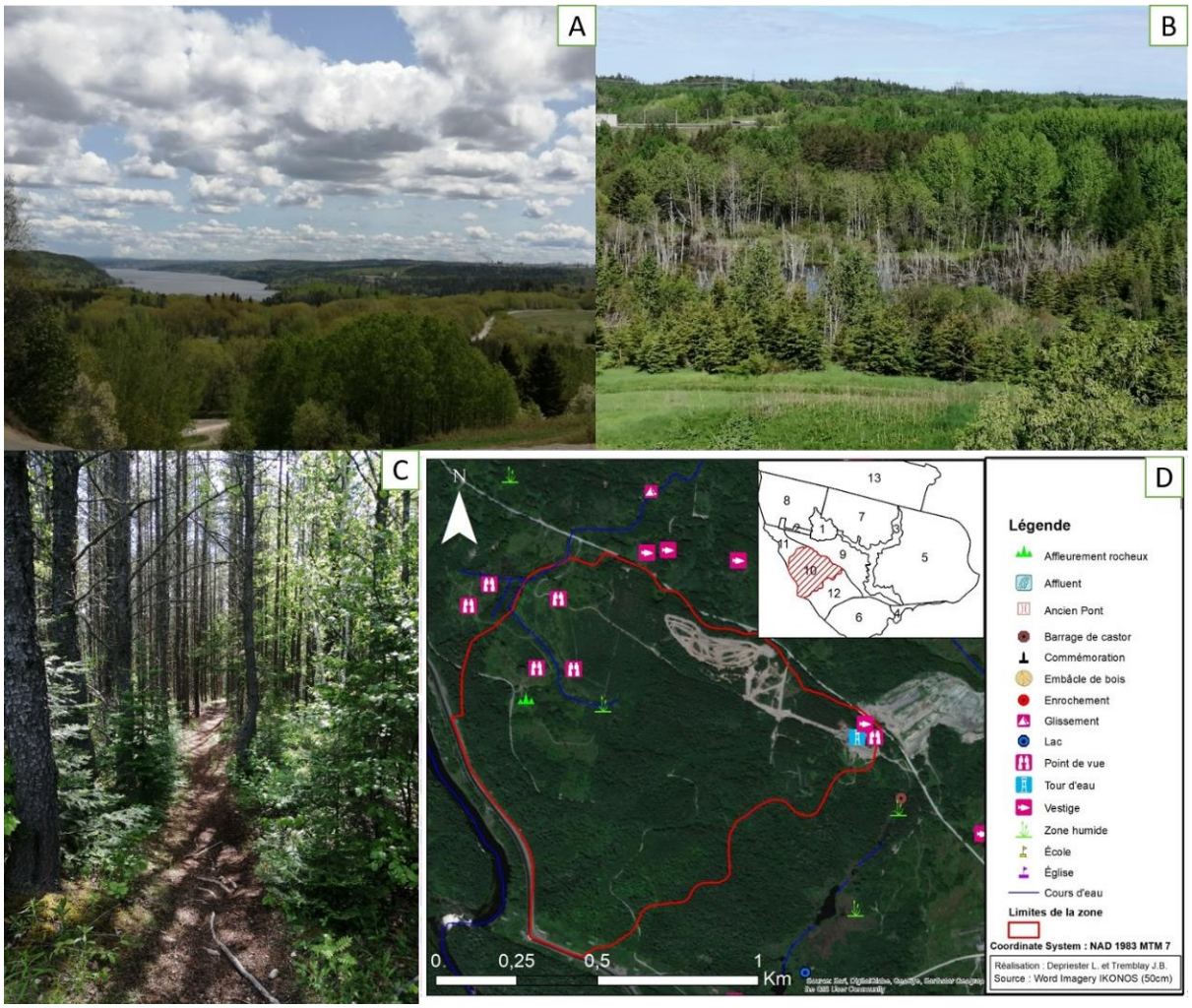


Figure : 30 Point de vue près de l'ancien château d'eau (A) ; Point de vue sur une zone humide de la zone 11 (B) ; Exemple de sentier piéton disponible (C) ; Carte de la zone 10 (D)

Tableau 12 : Résultats de la zone 10

Zone 10	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **57**	**0,55**	0,59	**0,30**

4.11 Zone 11

À la 6e place du classement se trouve la zone 11 (tableau 13 et voir annexe 12). Pour ce territoire, il semble important de noter sa limite avec l'ancien village, la zone 2, au nord (figure 32). Il est possible, particulièrement en bordure de cette limite, d'observer quelques vestiges du village (figure 31B) même si l'ensemble de la zone est faiblement détruit. Tout comme la zone 2, le secteur 11 est très accessible ; tout d'abord par la route 172 puis par le chemin de Shipshaw. Une fois sur le site, la présence de sentiers permet une circulation relativement simple sur l'ensemble du domaine. Aussi, sa proximité avec la zone 2 ainsi que les vestiges présents,

lui attribue une valeur d'importance historique « moyennement liée ». De plus, son influence écologique est « modérée ». On retrouve sur la zone une végétation assez commune et quelques espaces vides, mais surtout, il est important de souligner la présence de zones humides (figure 31A et C) et de roc, due particulièrement à la limite avec la zone 10, le plateau intact. Pourtant on relève une faible valeur paléogéographique du fait de l'absence d'éléments exceptionnels sur le territoire. Finalement, en raison de sa proximité avec la zone 1 (zone de glissement), les risques naturels sont assez élevés pour une utilisation géotouristique future du territoire.

Tableau 13 : Résultats de la zone 11

Zone 11	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **49**	**0,45**	0,58	**0,29**

Figure : 31 Espace vide (A) ; vestiges du village (B) ; zone humide (C)

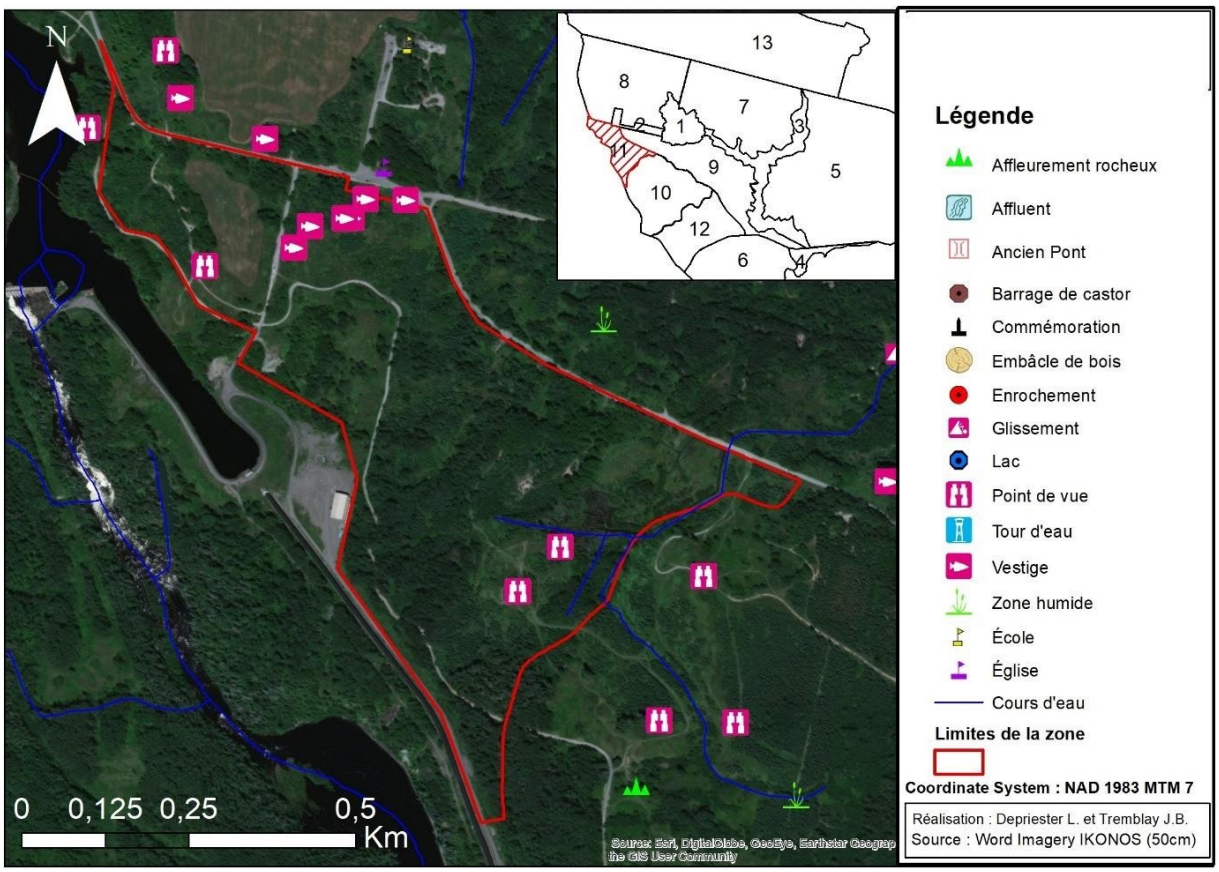


Figure : 32 Carte des points d'intérêts de la zone 11

4.12 Zone 12

Située entre la zone 6 (propriété de l'Alcan) et la zone 10 (plateau intact) (figure 34), la zone 12 possède une valeur écologique très élevée. Effectivement, sur ce territoire se trouve un lac, une grande zone humide constituée notamment d'un abri et des barrages de castor, ainsi que d'une faune très diversifiée (figure 33A). Cependant, la présence de lignes électriques désavantage légèrement la vision du paysage (figure : 33B). D'autre part, peu de phénomènes géomorphologiques demeurent et peu de points de vue sont remarquables sur le site, en raison d'un terrain relativement plat, on note alors une faible valeur paléogéographique et une valeur pédagogique modérée. Le lieu possède tout de même l'avantage d'être intact, car il se situe loin des zones de glissement de 1971 et 1663, et donc, dispose d'un niveau faible de risque naturel lié à une exploitation géotouristique. Toutefois, de cette façon, la valeur concernant l'importance historique sera faible, car elle se situe loin des glissements. Pour finir, cette zone reste très accessible de manière générale ; par la route de Saint-Jean-Vianney et par la rue Wilson. De plus, des sentiers existants « moyennement accessibles » sont exploitables sur le site. Avec une note de 50 points, la zone 12 se situe en 5e position du classement ex aequo avec la zone 13 (tableau 14 et voir annexe 13).

Tableau 14 : Résultats de la zone 12

Zone 12	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondérée
Résultat : **50**	**0,5**	0,49	**0,25**

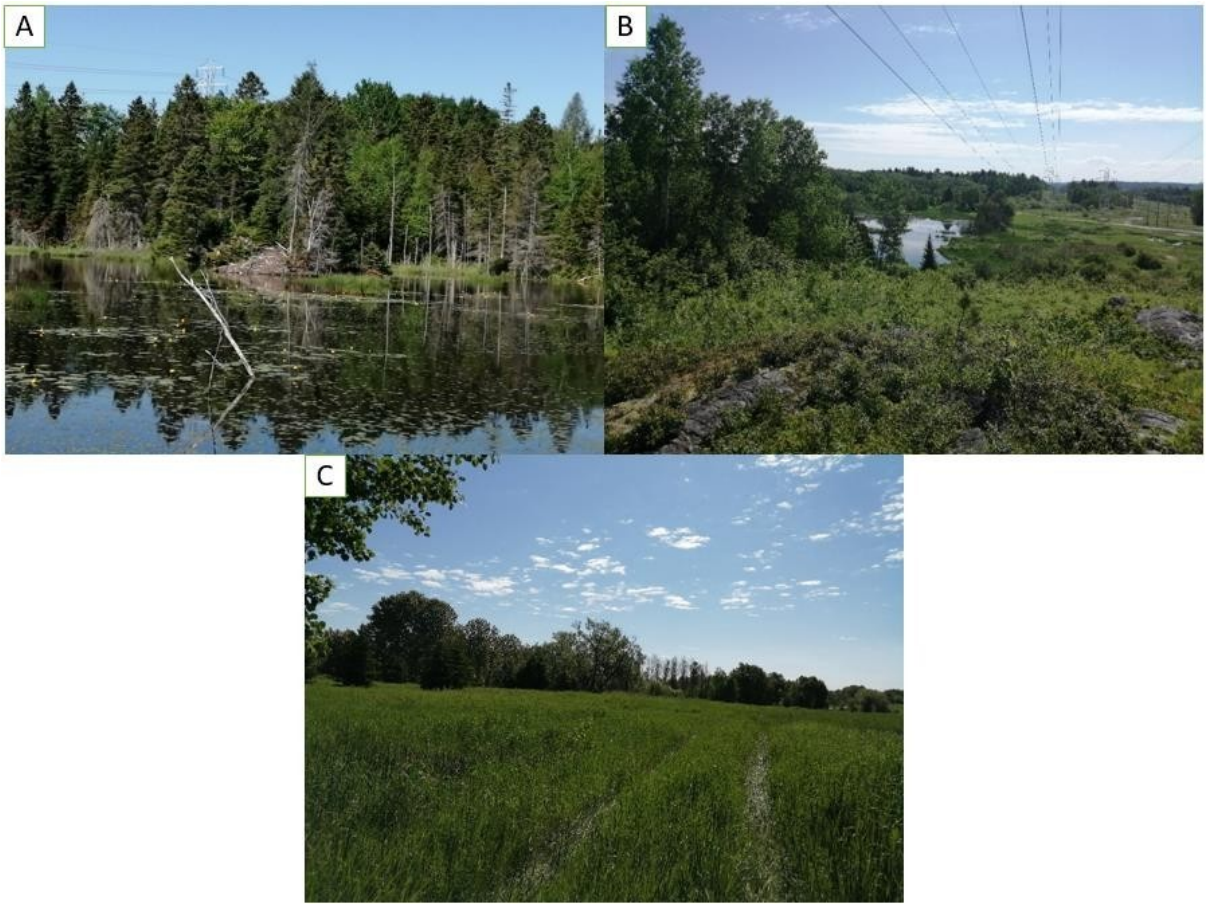


Figure : 33 Zone humide et cabane de castor (A) ; lignes électriques (B) ; espaces vides (C)

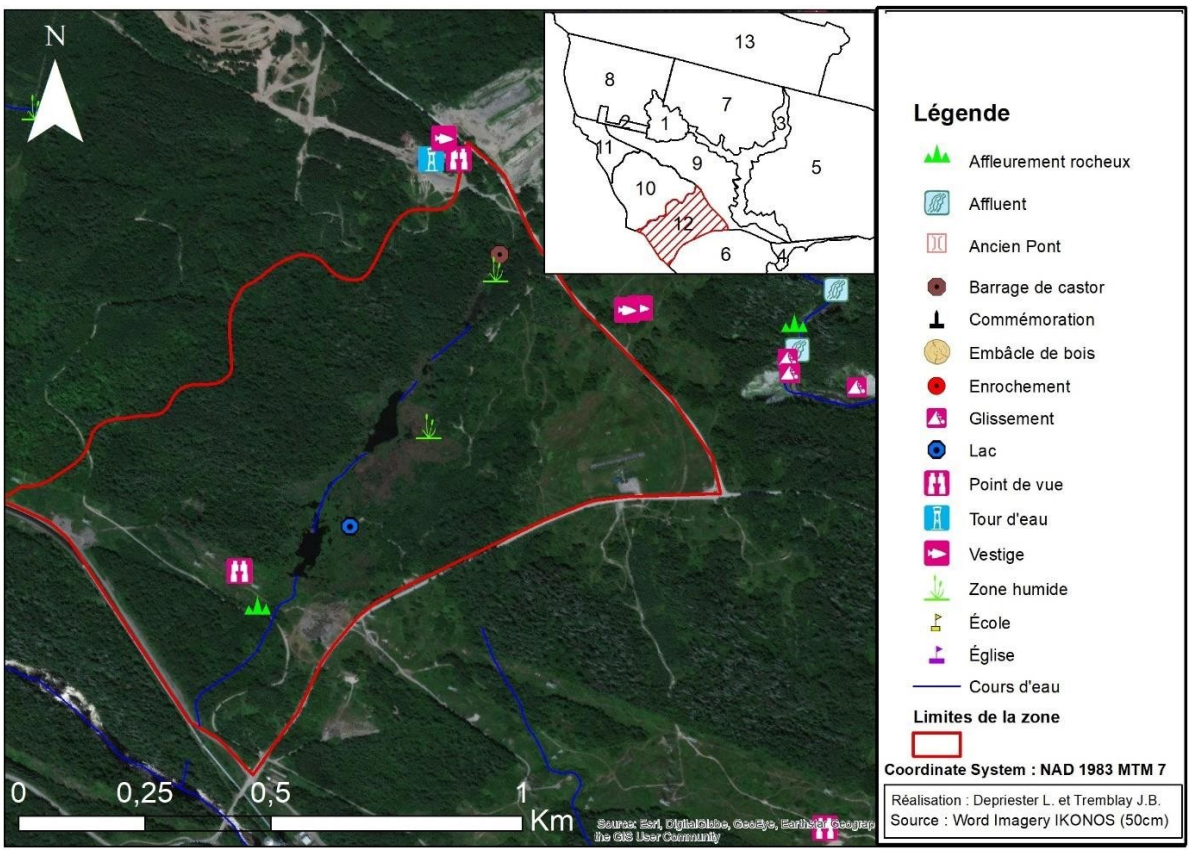


Figure : 34 Carte des points d'intérêt de la zone 12

4.13 Zone 13

La toute dernière zone de notre étude, le secteur 13, s'avère à l'origine, ne pas faire partie du domaine de SJV, cependant, faisant partie du glissement de 1663 (traces de glissements à la limite nord), il était pertinent de l'intégrer à cette étude (figure 36).

En ce qui concerne la valeur scientifique, les points importants sont tout d'abord, l'intégrité ; en effet, par rapport au glissement de 1971, le territoire est jugé intact. Au regard du terrain assez plat ainsi que des phénomènes géomorphologiques présents, la valeur paléogéographique et pédagogique est faible et la rareté est jugée « moyenne ». Pour la valeur additionnelle, on note la présence de quelques terrains privés, mais très peu par rapport à la proportion du territoire (figure 35B), c'est pourquoi la note de 0,5 lui a été attribuée pour cette valeur, et non 0. On remarque également sur le territoire des zones humides et un lac artificiel (figure 35A et figure 36). En revanche, le manque de point de vue et l'absence de contraste dans le paysage lui valent une faible note en termes d'esthétique. En matière de valeur culturelle, l'importance historique est notée « moyennement liée » car même si cette zone n'est pas liée directement au glissement de 1971, elle l'est pour le glissement de 1663. Aussi, le territoire est très accessible (essentiellement par la route 172), de plus, l'existence de routes facilement accessible pour les voitures, les vélos, les piétons ou les 4 roues permettent de circuler librement. Donc, aucun aménagement ne sera à prévoir s'il est question d'une utilisation touristique. Pour finir, la présence d'éléments à risque passée ainsi qu'un faible niveau de risque pour le futur lui

confère une bonne valeur en termes de risques naturels. Finalement, la zone 13 se place à la 5e place du classement ex aequo avec la zone 12 avec un total de 50 points (tableau 15 et voir annexe 14).

Tableau 15 : Résultats de la zone 13

Zone 13	Valeur scientifique	Valeur additionnelle	Valeur additionnelle pondéré
Résultat : **50**	**0,45**	0,60	**0,30**

Figure : 35 Présence de zone humide (A) ; Terrains privés (B)

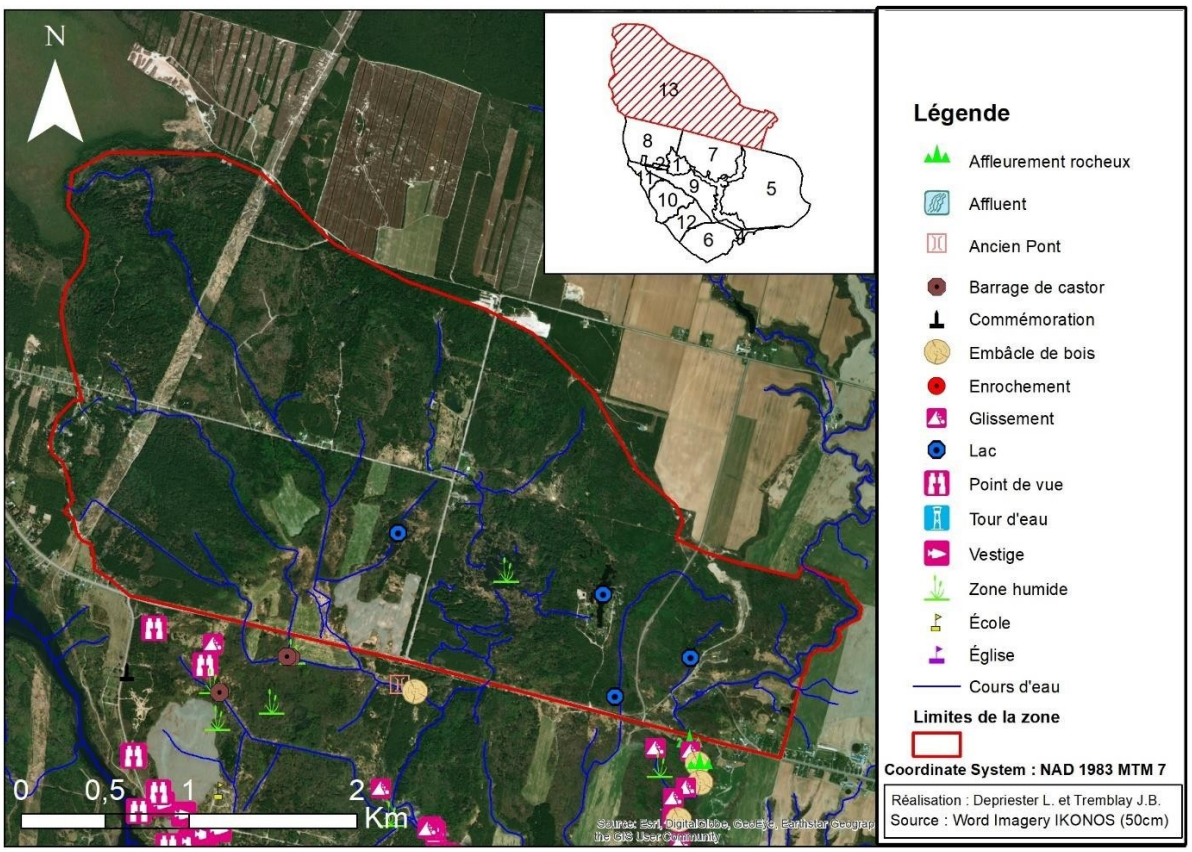


Figure : 36 Carte des points d'intérêt de la zone 13

4.14 Résultats globaux des zones 1 à 13

Finalement, un classement des 13 zones du site de Saint-Jean-Vianney peut être établi comme ci-dessous, selon les résultats obtenus, voici l'ensemble des points essentiels (tableau 16). Les zones 1 et 3 sont particulièrement marquées par les risques naturels qui les désavantagent pour une exploitation touristique. Par contre, l'importance historique de la zone 1 et la forte valeur scientifique de la zone 3 constituent des atouts pour l'ensemble du territoire. De même pour la zone 2 ; son importance historique est remarquable pour le territoire, même si, en contrepartie, sa valeur pédagogique et scientifique est faible. Seules les zones 3 et 4 possèdent une forte valeur pédagogique et, pour la zone 4 seulement, une forte valeur paléogéographique. Un autre point marquant du territoire est l'influence écologique de la zone 12. C'est d'ailleurs la seule zone parmi les 13 qui est dotée de cet atout. Aussi, il est important de souligner une nouvelle fois les caractéristiques particulières de la zone 6 ; bien que le terrain soit accessible, intègre et qu'il offre un faible risque naturel, le site est privé et on dénombre plusieurs lignes électriques.

Tableau 16 : Classement des zones du site d'étude

Classement	N° de zone	Note /100	Points forts	Points faibles
1	4	75	Forte valeur paléogéographique et pédagogique, points de vue	Influence écologique
2	3	65	Forte valeur scientifique, géomorphologique et pédagogique	Risque naturel
3	1	59	Importance historique (zone de glissement de 1971)	Risque naturel, terrain accidenté
4	10	57	Faible risque naturel, points de vue, accessibilité	Valeur pédagogique
5	12	50	Intégrité, accessibilité, influence écologique	Importance culturelle et valeur paléogéographique faible
5	13	50	Faible risque naturel, accessibilité	Valeur pédagogique et paléogéographique
6	11	49	Faible niveau de risque naturel, intégrité	Faible représentativité, faible valeur paléogéographique
7	9	43	Faible risque naturel, bonne accessibilité	Influence écologique, représentativité, rareté
7	8	43	Bonne accessibilité, points de vue, faible risque naturel	Importance culturelle et valeur paléogéographique
8	2	42	Importance historique (ancien village de SJV)	Valeur pédagogique et scientifique
9	5	40	Points de vue, intégrité, risque naturel	Présence de terrains privés, influence écologique, importance culturelle
10	6	39	Intégrité, accessibilité et faible risque naturel	Terrain privé, présence de lignes électriques
11	7	35	Intégrité, faible niveau de risque naturel	Esthétique, valeur pédagogique, rareté

4.15 Parcours géotouristique

En ce qui concerne le parcours géotouristique, certains éléments ont été repris d'un travail préliminaire effectué par la ville de Saguenay. Il n'y a pour ce cas, pas de réponse exacte ; il s'agit simplement de relever les points essentiels du territoire possédant un intérêt d'un point de vue géomorphologique, touristique ou éducatif. Ainsi, certains lieux ont été identifiés sur le territoire. Ce sont des endroits particulièrement symboliques concernant soit le glissement de 1971 ou 1663, ou encore des espaces propices à l'étude de la géomorphologie du territoire. C'est à ces

emplacements que pourraient se trouver les stations, avec des panneaux explicatifs ou numériques (figure 37).

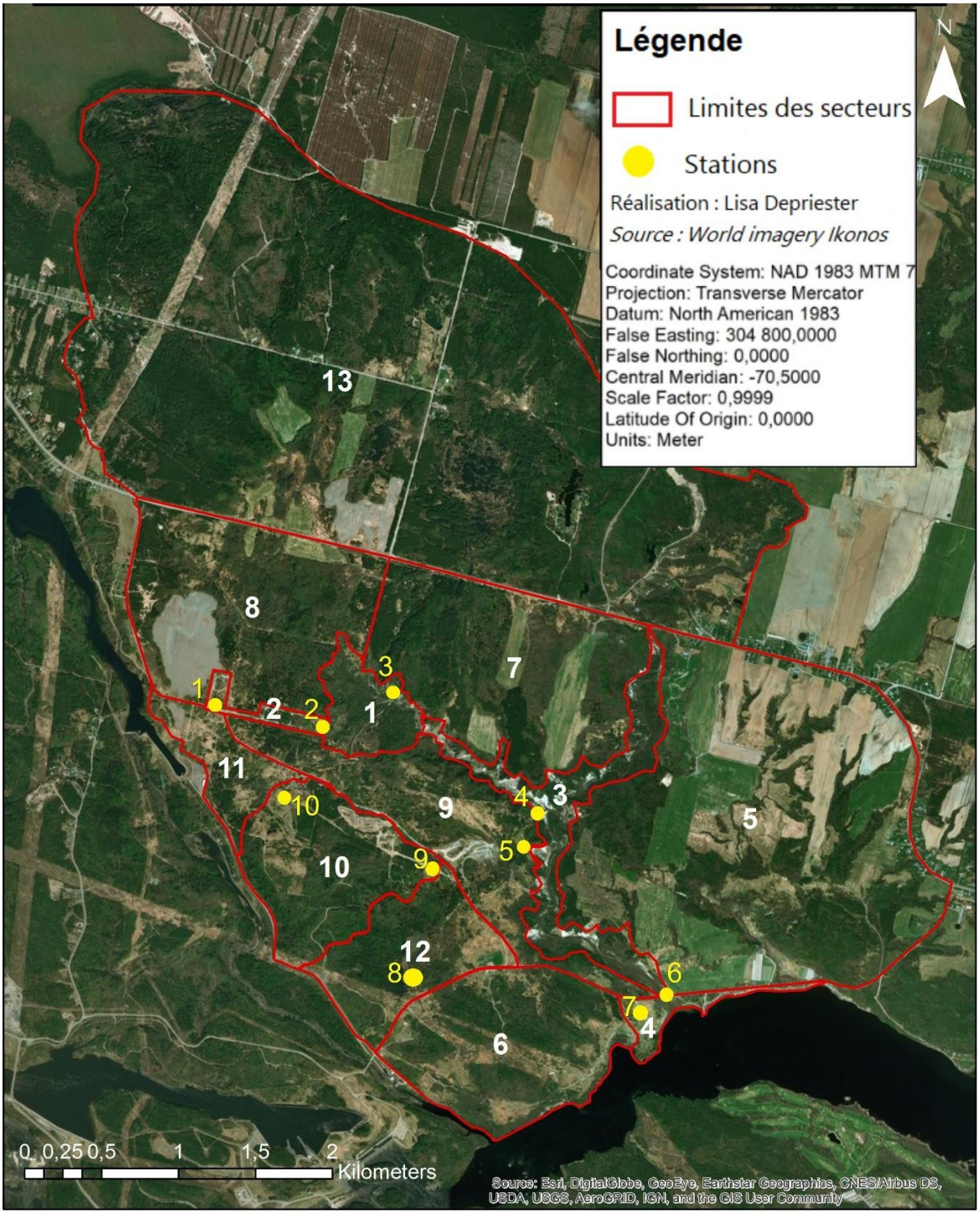


Figure : 37 Position des stations du parcours géotouristique. Les numéros blancs représentent les zones et les numéros jaunes représentent les stations

La première station pourrait se situer au parvis de l'église du village (zone 2). En effet, on y trouve beaucoup de connotations à cet endroit (vestiges du village ; l'église, l'école, les routes principales du village ainsi que certains vestiges de maison). Cela permettrait de présenter dès l'entrée, la tragédie de 1971 et de rendre compte de l'importance de l'évènement.

Une deuxième station se trouverait à l'entrée de la zone du glissement, accessible depuis la route du village. Des photos ou des plans pourraient permettre de visualiser la coupure provoquée au cœur du village et l'étendue du glissement en 1971. Il serait aussi intéressant d'expliquer la délimitation du glissement de 1971 et celui de 1663 afin de vulgariser la mécanique des glissements, particulièrement pour le cas de Saint-Jean-Vianney. Aussi, il pourrait être expliqué l'importance des changements dans les réglementations suite à ce glissement.

Ensuite, **une troisième station** se situerait près de la rivière Petit-Bras, au niveau du premier décrochage provoquant le glissement de 1971.

La quatrième station permettrait de visualiser la confluence entre la rivière Petit-Bras et la rivière aux Vases depuis la zone 9.

Une cinquième station sur le secteur de la zone 3 depuis la zone 9 donnerait une vue imprenable sur l'un des glissements de la zone des rivières. Aussi, plusieurs points situés le long de la zone 3 en hauteur seraient appréciables. Ainsi, les nombreux phénomènes présents sur ce site pourraient y être expliqués selon les lieux où ils se trouvent (la formation des méandres, des bancs d'accumulation, la confluence des deux rivières, et une explication plus générale de la formation et de l'évolution des systèmes de ravinement pourrait être présentée).

Ensuite, **la sixième station** se situerait au niveau du pont détruit dans la zone 4. À cet endroit, il pourrait être intéressant de modéliser les débris déferlants dans la rivière à l'époque du glissement afin de représenter l'importance des dommages créés par le sinistre de 1971.

La septième station pourrait se trouver au centre de la zone 4 afin de partager aux visiteurs la vue impressionnante sur le Saguenay. Aussi, il pourrait être intéressant d'expliquer les phénomènes d'érosion qui se trouvent sur le territoire.

La station numéro huit se placerait au sein de la zone 12. Ici, il est possible de voir l'une des zones humides du territoire avec une faune et une flore diversifiées ; l'aspect biologique du site d'étude pourrait être mis en valeur avec notamment l'explication des différents écosystèmes présents et une explication des modifications qu'a subies le territoire (diminution ou augmentation des zones humides) pourrait être abordée.

Une neuvième station donnerait une vue panoramique sur le Saguenay et le graben depuis la tour d'eau, sur la zone 10, la zone intacte du site d'étude.

La station dix se placerait également sur la zone 10 mais à l'opposé de la tour d'eau. À cet endroit, il sera possible d'admirer une vue panoramique sur une autre portion du site et d'apercevoir également la zone humide située dans la zone 11.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

5.1 Évolution historique du territoire

L'analyse des photographies aériennes historiques peut être parfois ardue car certaines années ne peuvent contribuer à l'étude compte tenu de la mauvaise qualité des photographies ou en raison de la présence d'un épais couvert végétal. Il s'est avéré également difficile de dénombrer avec exactitude les glissements du fait que l'expansion graduelle amène certains d'entre eux à se rejoindre pour n'en former qu'un seul. En effet, des glissements présents sur certaines photographies ne peuvent être délimités et quantifiés ; même s'ils sont tout de même visibles à l'œil nu. Sur la figure 17, l'absence de marquage de glissement entre G3 et G4 s'explique par le fait que les délimitations à travers les années ont été difficiles à déterminer. En définitive, étant donné le nombre de glissements déjà identifié, il était plus judicieux de se concentrer sur les cicatrices les plus importantes en termes de dynamique historique.

Les analyses montrent que les glissements G0 et G9, quoique présents dès 1950, étaient beaucoup moins étendus. Aussi, les glissements G10, G11 ainsi que G12 sont également présents au moins depuis 1950. En revanche, ils ne formaient qu'un seul et unique glissement. On observe le même phénomène pour les glissements G4 et G5 légèrement présents sur les photographies de 1950. L'essentiel des glissements de terrain situés le long de la rivière était déjà présent avant 1971 mais leurs tailles étaient d'avantage limitées avant les évènements de 1971. Le glissement de 1971 semble avoir engendré de nombreux mouvements sur le secteur de la rivière Petit-Bras et aux Vases, provoquant ainsi de plus grands, ou de nouveaux glissements. Pour le glissement G0, l'importante augmentation de sa superficie pourrait s'expliquer par le fait qu'il se situe à la limite du glissement, près de la rivière Petit-Bras. Il a donc été exposé directement au glissement de 1971. Il en ressort une dynamique importante pour la période 1971-1981 et une certaine stabilité pour la période 1981-2000. L'analyse des images historiques montre une augmentation de la dynamique des mouvements de terrain le long de ces deux systèmes de ravinement depuis 2005 (Figure 16). Ainsi, le nombre et la superficie des cicatrices augmentent depuis cette période. De cette façon, il est possible de constater que la zone est toujours active. Il est donc est envisageable que de nouveaux glissements se produisent dans le futur le long de ces deux axes fluviaux. L'étude géotechnique de Richer (2021) est donc primordiale pour quantifier les risques naturels liés aux glissements de terrain dans le secteur des deux rivières. Il est également essentiel de prendre en compte l'importance des conditions météorologiques comme facteur déclencheur pour ce type de mouvement de terrain sur le site de SJV et d'assurer un suivi dans le cadre de futurs glissements. Les processus fluviaux peuvent alors éroder les bas de pente dans ces systèmes de ravinement et engendrer une déstabilisation des pentes, ce qui implique un suivi annuel de ces zones.

5.2 Analyse de géomorphosites

Malgré l'utilisation de grilles d'analyse objective, il est important de comprendre que leurs résultats ont été obtenus à titre personnel. Il est possible que ceux-ci varient sensiblement d'un utilisateur à l'autre ; autant de résultats que d'évaluateur sont possibles. Cependant, deux groupes composés de deux personnes chacun ont étudié ces mêmes sites sur deux périodes différentes, afin de diminuer le biais lié à l'opérateur (un groupe à l'été 2019 et un second à l'automne 2019). Les résultats obtenus entre les deux groupes étaient pratiquement identiques. Donc, même s'il existe une multitude de réponses pour cette analyse, les résultats obtenus restent tout de même représentatifs de la réalité. Les quatre premières zones du classement (4, 3, 1 et 10), au-delà des grilles d'analyse, sont également les zones les plus remarquables sur le territoire : le plateau intact (zone 10), la rivière (zone 3), le glissement de 1971 (zone 1), et le secteur de la confluence entre la rivière aux Vases et la rivière Saguenay (zone 4), (figure 38).

Néanmoins, même si l'on retrouve des zones moins bien notées dans le classement, elles ne sont pas pour autant moins intéressantes. Par exemple, bien que le secteur du village (zone 2) ne se classe qu'en 8e position, il reste tout de même très important en terme historique et culturel. Son classement s'explique par le fait que les seuls éléments remarquables soient les vestiges de l'école et de l'église. La dégradation du site liée à de multiples usages illicites diminue aussi la note globale. De plus, ce site ne présente aucune visibilité sur le glissement, mais offre un accès direct pour descendre dans la cicatrice de 1971. Ainsi, la zone du village reste un symbole important pour la commémoration de la catastrophe de mai 1971.

En fin de compte, le territoire de SJV possède un grand potentiel afin d'être reconnu comme géomorphosite, particulièrement grâce à certaines zones. Par exemple, la portion de la rivière aux Vases et Petit-Bras (zone 3) a le potentiel d'être un géomorphosite. On retrouve sur cette zone un système de ravinement développé dans les argiles marines relativement rares au Québec et qui peut ressembler à un paysage de *badland*, comme il est possible d'en retrouver dans les parcs nationaux aux États-Unis (ex. : Parc national des *Badlands* au Dakota du Sud) et au Canada (ex. : les *badlands* de Cheltenham situés à Caledon, en Ontario ou encore quelques exemples dans le sud de l'Alberta). Cette zone peut comporter des risques naturels pour une exploitation touristique, mais qui peut être encadrée par un suivi afin de limiter les risques. Par conséquent, c'est l'une des zones les plus remarquables du territoire, avec la présence de nombreux processus géomorphologiques (systèmes de ravinement majeur et relativement rares au Québec, rivières incisées avec de multiples processus fluviaux, confluences multiples entre les deux rivières et le Saguenay). De plus, la présence de différentes formes d'accumulation (roc, argile, galets, sable, etc.) et les multiples glissements de terrain qui évoluent sans cesse sont des éléments importants pour cette zone. C'est aussi à cet endroit qu'a eu lieu le premier décrochage provoquant le glissement de 1971. Ensuite, la zone 4 pourrait figurer comme géomorphosite car le site offre une vue imprenable sur le Saguenay et de nombreux phénomènes sont visibles depuis cette zone. On y retrouve de multiples glissements dans les argiles, la présence de roc en surface, l'érosion des berges, ou encore la présence du Saguenay et de la rivière aux Vases

(dynamique du Saguenay, pont cassé, débris, etc.). Un autre site remarquable de SJV qui pourrait être considéré comme géomorphosite est bien sûr la zone 1, la zone du glissement de 1971. Bien qu'elle ne possède aucun phénomène morphologique particulier, cette zone reste tout de même un site exceptionnel au vu de son histoire et pour la commémoration des victimes de 1971.

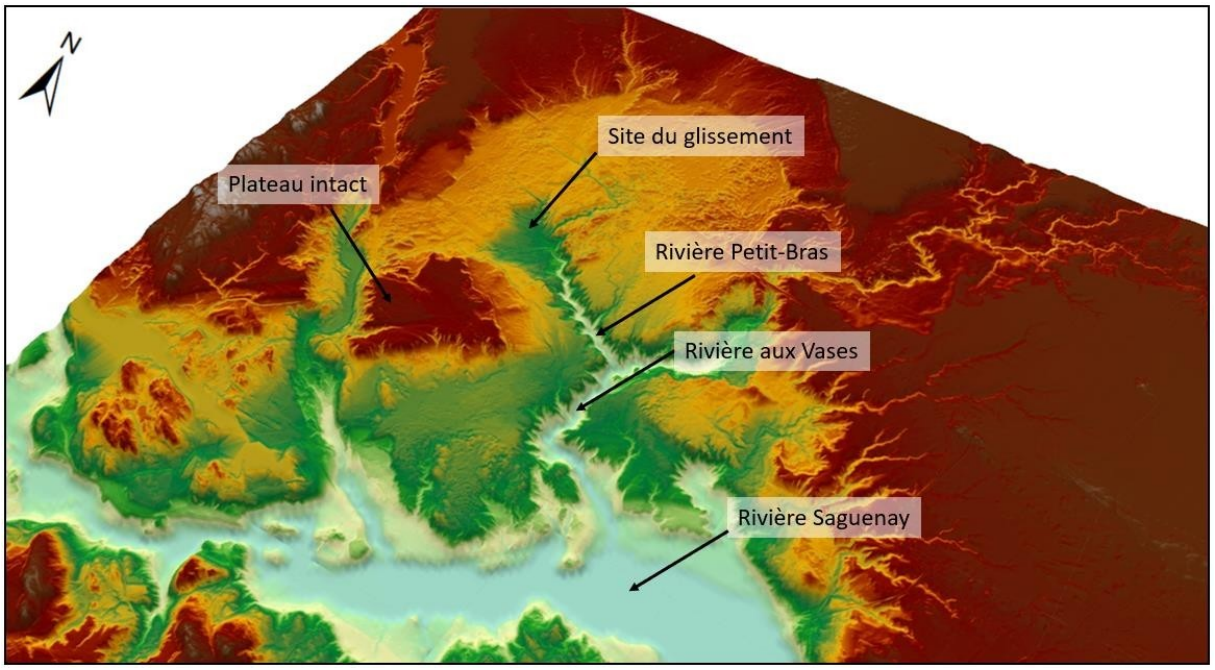


Figure : 38 Image Lidar d'une partie du site de Saint-Jean-Vianney

Finalement, il est important de noter que la valeur d'un site obtenu à partir de grilles d'analyses objectives peut s'améliorer avec le temps selon la gestion et la valorisation d'un territoire. Il est alors possible d'améliorer la valeur pédagogique d'un site en développant un circuit historique pour expliquer les évènements de 1971 par exemple ou encore en améliorant l'intégrité d'un site ou son accessibilité. Dans ce contexte, le site de SJV contient plusieurs zones ayant un fort potentiel pour développer un site commémoratif comportant quelques géomorphosites afin de valoriser le territoire.

CONCLUSION

Le chapitre I permet de comprendre l'importance de reconnaitre un territoire tel que celui de SJV en tant que géomorphosite. Une fois identifié, cela permet de mettre en valeur les paysages, le patrimoine ainsi que les intérêts géologiques et géomorphologiques d'un territoire. La méthode qui a été utilisée dans cette étude permet en particulier de présenter clairement les caractéristiques marquantes de chacune des zones étudiées sur le territoire de SJV, et leurs liens avec les sciences de la Terre. Cela permet une bonne compréhension des caractéristiques présentes sur le territoire et des enjeux actuels. Ainsi il est possible de déterminer les aspects positifs et négatifs de chaque secteur. Finalement, on s'aperçoit que les lieux les plus spécifiques de l'étude bénéficient d'une importance culturelle élevée, mais également d'un risque pour le développement d'un site géotouristique. Par exemple, les glissements le long de la rivière Petit-Bras ont grandement augmenté avec le glissement de 1971, et aujourd'hui encore, leur évolution continue. Les études géotechniques et d'analyses de risques sont donc essentielles dans ce contexte.

La proposition d'un parcours géotouristique permet de considérer le territoire non plus par zones, mais dans son ensemble, et ainsi, offrir une compréhension globale du relief. Cette meilleure compréhension du territoire pourrait permettre de meilleures décisions concernant la gestion et la valorisation de l'environnement. Toutefois, il est essentiel de ne pas négliger l'importance des risques naturels potentiels du territoire. C'est pourquoi l'étude de la trajectoire a son importance.

Devenir un géomorphosite, ou simplement d'être reconnu à l'échelle provinciale ou locale, comme territoire d'intérêt à préserver, offrira au territoire de SJV le privilège d'être protégé et/ou valorisé, tout en commémorant la mémoire des victimes de 1971. Il bénéficiera alors des avantages de préservation et de développement économique durable. Cependant, une autre opportunité pour SJV est envisageable. En effet, au-delà de l'objectif principal de faire reconnaitre le site d'étude comme géomorphosite, il semble important de souligner le potentiel de SJV en matière de gestion des risques naturels (géorisques). Étant donné l'importance historique des évènements de 1971, le développement de nouvelles méthodes de gestion et des nouvelles politiques en termes de risques naturels depuis cette tragédie, ce site a l'opportunité de mettre en avant la question de la gestion des risques naturels liés aux glissements de terrain et aux processus fluviaux. La présence d'argile sensible, les risques de mouvements de terrain et les nombreux glissements qui ont déjà eu lieu le long des deux cours d'eau (rivière aux Vases, et rivière Petit-Bras), favorisent le potentiel d'un site de type géorisque dans certains secteurs de SJV. L'ensemble des conséquences liées aux glissements de terrain (pertes humaines, blessées, dommages au patrimoine, etc.) sur le territoire représente un enjeu de taille pour le site d'étude, et ce d'autant plus après les événements de 1971. Dans un cas ou dans l'autre, permettre à ce territoire d'être reconnu, rendra le savoir et la transmission plus accessible au plus grand nombre, que ce soit au niveau touristique ou pédagogique.

Finalement, le site de SJV possède un fort potentiel en termes de recherche, de tourisme ou d'éducation. Il semble primordial de mettre en avant ces atouts et permettre à la population de connaître ce site à fort potentiel et de valoriser la région de Saint-Jean-Vianney, autant pour commémorer la mémoire des victimes de 1971, que pour préserver ce territoire unique au Québec.

Bibliographie

Antrop, M. (2005). *Why landscapes of the past are important for the future*. Geography Department, Ghent University. Landscape and Urban Planning, Volume 70, Issues 1–2, 15 January 2005, Pages 21-34.

Aschan-Leygonie. (1999). *La résilience d'un système spatial l'exemple du comtat*. *L'information géographique*, volume 66, n°4, 2002. pp. 376-377.

Bertrand, G. (1968). *Paysage et géographie physique globale*. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 93(3), 249-272.

Bollati, I. (2011). *Active geomorphosites in different morphoclimatic environments: processes, evolution, erosion rates and strategies for educational dissemination*. (Thèse de doctorat). University of Milan, Milan, mars 2012.

Bouchard, R., Dion, D.J., et Tavanas, F. (1983). *Origine de la pré-consolidation des argiles du Saguenay, Québec*. Revue Canadienne de Géotechnique, 20, 315-328.

Bouchard, Leroueil, Leboeuf, Deschênes, Dorval, L'Heureux, Johansson. (2017). *Glissements de terrain dans les argiles sensibles induits par sautage*. Société d'énergie explosive du Québec. Vol 24, No 1, Automne 2017, 28p.

Brien, M. (2006). *Mesure de l'érosion des berges, du ravinement et de la migration des cours d'eau dans la portion agricole du bassin versant de la rivière des envies (Québec*). Maitrise en sciences de l'environnement. Université du Québec à Trois-Rivières, mémoire de maitrise. Trois-Rivières, 144p.

Bostock, H.S. (1972). Subdivisions physiographiques du Canada. Dans Douglas, R.J.W. et L.P.Tremblay (dir.), Geologie et ressources minérales du Canada : partie A (chapitres I à VII) (Se ed.,p. 12-34). Ottawa: Commission géologique du Canada.

Brocx, M., Semeniuk, V. (2007). *Geoheritage and geoconservation - History, definition, scope and scale.* Journal de la Royal Society of Western Australia, 90 (2). pp. 53-87.

Buffin-Bélanger T., Demers S. et Olsen T. (2015*). Diagnostic hydrogéomorphologique pour mieux considérer les dynamiques hydrosédimentaires aux droits des traverses de cours d'eau : guide méthodologique*. Laboratoire de géomorphologie et de dynamique fluviale, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, Mars 2015, 55 pages.

Caron A, Martel R, Nadeau J. (2019). *La municipalité régionale de comté : Compétences et responsabilités*. Gouvernement du Québec, Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH). 2ème édition, 70p.

Chauvette, L. (2012). *Analyse de l'évolution morphologique d'un chenal dans un contexte de reboisement : cas de la rivière Matambin dans la zone agricole*. Maîtrise en sciences de l'environnement. (Université du Québec à Trois-Rivières, mémoire de maîtrise) Trois-Rivières, 82p.

Demers, D., Robitaille, D., Potvin, J., Bilodeau, C., et Dupuis, C. (2008). *La gestion des risques de glissements de terrain dans les sols argileux au Québec*. Comptes rendus de la 4ème

Conférence canadienne sur les géorisques, Université Laval, 20-24 mai 2008, Québec, Canada.

Dionne, J-C. (1972). *La dénomination des mers post glaciaire au Québec*. Cahiers de géographie du Québec. Volume 16, numéro 39, 6p.

Dufour S, Piégay H. (2009). *From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits*. InterScience, 4 février 2009.

OWHC. (2008). *Regensburg Empfehlung. Recommendation in Proceedings EARTH WIND WATER FIRE*. Environmental Challenges to Urban World Heritage. Organization of World Heritage Cities (OWHC). Nordwesteuropäische Regionalkonferenz in Regensburg, 16-18 Septembre.

Errami, Brocx, Semeniuk. (2015). *From geoheritage to geoparks*. Springer International Publishing, Suisse 2015.

Giusti, C. (2012a). *Les sites d'intérêt géomorphologique : un patrimoine invisible ?* Géocarrefour, Vol. 87/3-4 | 2012, 151-156.

Giusti, C. (2012b). *Les géosites d'intérêt géomorphologique ou géomorphosites dans l'inventaire du géopatrimoine.* UFR de Géographie-Aménagement, Paris Sorbonne Université. Octobre 2012.

Gouvernement du Québec. (2017). *Glissement de terrain dans les dépôts meubles : types et causes.* Gouvernement du Québec, ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire. Document d'accompagnement, 2017.

Gouvernement du Québec. (2005). *Cartographie des zones exposées au glissements de terrain dans les dépôts meubles*. Guide d'utilisation des cartes de zones de contraintes et d'application du cadre normatif, 68p.

Hébert, C., Lacoste, P. (1998). *Géologie de la région de Jonquière – Chicoutimi*. Bibliothèque nationale du Québec, gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles Secteur des mines, 1998, 32p.

Hungr, Leroueil, Picarelli. (2013). *The Varnes classification of landslide types, an update.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Novembre 2013.

Ismail-Zadeh A-T. (2006). *Geohazard, Georisk and Sustainable Development: Multidisciplinary Approach*. American Institute of Physics, Conference Proceedings 825, 27 mars 2006;146.

Kumarapeli, P.S. et Sauli, V.A. (1966). *The St.Lawrence valley system: A north American equivalent of the east African rift Valley System*. Canadian Journal of Earth Sciences. 3, 639-658.

LaRochelle, P. (1974). *Rapport de synthèse des études de la coulée d'argile de Saint-Jean-Vianney*. Québec, Ministère des Richesses naturelles du Québec, 75 p.

Lebel, T. (2018). *Où sera le prochain grand glissement de terrain ?* Radio-Canada, 16 novembre 2018.

Leduc, E. (2016). *Le quaternaire de la région du saguenay-lac-saint -jean, québec : cartographie, sédimentologie, modélisation de l'extension marine et paléogéographie.* Maîtrise en géographie. (Université du Québec à Montréal, mémoire de maîtrise) Montréal, 185p.

L'Heureux J-S, Locat A, Leroueil S, Demers D, Locat J. (2014). *Landslides in sensitive*

clay. Geosciences to risk Management.

Liarsou, A. (2014). *Incidence des activités du castor sur la dynamique d'évolution morphologique des rivières au Tardiglaciaire et durant l'Holocène en France : tentative de réinterprétation de quelques résultats d'analyse de dépôts alluvionnaires*. Université Paris I, Archéologies et Sciences de l'Antiquité. Novembre 2014, 26 pages.

Locat, J., Perret, D., Turmel, D., Demers, D., et Leroueil, S. (2008). *Localisation et magnitude du séisme du 5 février 1663 (Québec) revues à l'aide des mouvements de terrain.* Comptes rendus de la 4e Conférence canadienne sur les géorisques : des causes à la gestion. Laboratoire d'études sur les risques naturels (LERN), Département de géologie et de génie géologique, Presse de l'Université Laval, Qc, 594p.

Locat, J. (2011). *La localisation et la magnitude du séisme du 5 février 1663 (Charlevoix) revues à l'aide des mouvements de terrain*. Canadian Geotechnical Journal, v. 48, p. 1266–1286, http://dx.doi.org/10.1139/t11-029.

Malet, J-P. (2003). *Les 'glissements de type écoulement' dans les marnes noires des Alpes du Sud. Morphologie, fonctionnement et modélisation hydro-mécanique.* Université Louis Pasteur - Strasbourg I, 2003.

Massé M.-O., Morissette A., Hétu B., Tita G. et Vigneault B. (2011). *Inventaire du patrimoine géomorphologique de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine et identification des stratégies de valorisation géotouristique*. Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes (CERMIM), Îles-de-la Madeleine (Québec), Rapport présenté à la Conférence régionale des élu(e)s Gaspésie-Îles-de-la Madeleine, iv + 48 p. + annexes.

Ministère du développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs du Québec. (2013). *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables.* Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction des politiques de l'eau, 131p.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation. (2016). *Les Géoparcs Mondiaux UNESCO*. Science de la terre, 2016.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation. (2017). *Les Géoparcs Mondiaux UNESCO*. La science et la culture, 2017.

Panizza, M. (2001). *Géomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey*. Chinese Science Bulletin, 46, Suppl. Bd, 4–6.

Panizza, M., Piacente, S. (2009). *Cultural geomorphology and geodiversity.* Géomorphosites, München, Pfeil, p35-48.

Perret, A. (2014). *Géopatrimoine des trois Chablais : identification et valorisation des témoins glaciaires*. Géographie. Université de Grenoble.

Poirier, B. (2008). *Identification, évaluation et sélection de géosites potentiels le long du sentier national du Québec dans la MRC des Laurentides : une contribution à l'offre écotouristique régionale des municipalités de labelle et de la conception*. Maîtrise en géographie. (Université du Québec à Montréal, mémoire de maîtrise) Montréal, 202p.

Poirier, B. et Daigneault, R.A. (2011). *La mise en valeur du patrimoine géologique du*

Sentier national du Québec dans les Laurentides. Le naturaliste canadien, *135*(1), 29–39.

Poncet, M. (2016). *Observation des glissements de terrain - Nouvelles technologies d'instrumentation à distance* ». Rapport, Département Laboratoire de Lyon, Cerema Centre-Est, novembre 2016.

Portal, C. (2012). *Trajectoires culturelles des géomorphosites ou comment rendre visible le « relief-géogramme »*. Géocarrefour, Vol. 87/3-4 | 2012, p187-198.

Potvin, J., Pellerin, F., Demers, D., Robitaille, F., La Rochelle, P., et Chagnon, J.-Y. (2001). *Revue et investigation cdesomplémentaire du site du glissement de Saint-Jean-Vianney*. Dans Comptes rendus de la Conference canadienne de geotechnique : Odyssee de la Terre, Calgary, 16-19 septembre 2001. Sous la direction de M. Mahmoud, R. van Everdingen et J. Carss. BiTech Publishers Ltd., Richmond, C.-B. p. 792-800.

Poulin Leboeuf, L. (2020). *Analyse statistique des facteurs climatiques et géomorphologiques associés aux mouvements de terrain dans les argiles des mers post-glaciaires au Québec méridional.* Maîtrise en Maîtrise en sciences géographiques. (Université Laval, mémoire de maîtrise) Québec, 128p.

Pralong, J-P. (2006). *Géotourisme et utilisation des sites naturels d'intérêts pour les sciences de la Terre, Les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, Alpes suisses) et Chamonix-MontBlanc (Haute-Savoie, Alpes françaises),* Thèse de doctorat présentée à la Faculté des Géosciences et de l'Environnement de l'Université de Lausanne. Travaux de recherches no 32,224 p.

Quinn P.E, D.J. Hutchinson, M.S. Diederichs, R.K. Rowe. (2011). *Characteristics of large landslides in sensitive clay in relation to susceptibility, hazard, and risk*. Revue canadienne de géotechnique, août 2011, vol.48 (8), p.1212 (21).

Reynard, E. (2005). *Géomorphosites et paysages. Géomorphologie : relief, processus, environnement,* vol. 11 - n° 3 | 2005, 181-188.

Reynard, E. (2006). *Fiche d'inventaire des géomorphosites*. Université de Lausanne, Institut de géographie, rapport non publié, 8 pages. Décembre 2006.

Reynard, E. (2009). *Geomorphosites: definitions and caracteristics. In Geomorphosites*. München : Pfeil. p. 9-20.

Richer, B. (2021). *Analyse géotechnique des risques de glissement de terrain pour le secteur de Saint-Jean-Vianney en prévision des aménagements prévue par Ville de Saguenay*. Maîtrise en géologie et génie géologique. (Université du Québec à Chicoutimi, mémoire de maîtrise) Chicoutimi, 1292p.

Roy, D. (2016). *Les glissements de terrain à Saint-Jean-Vianney, 45 ans plus tard. Éléments de réflexion*. Centre d'études sur les ressources minérales Université du Québec à Chicoutimi, publié le 4 mai 2016.

Sécurité publique Québec. (2010). *La sécurité civile au Québec.* Mis à jour le 16 février 2010.

Sécurité publique Québec. (2015). *Historique de la sécurité civile au Québec*. Mis à jour le 02 février 2015.

Serrano, E. et Gonzales -Trueba, J. (2005). *Assessment of geomorphosites in natural protected areas: the Picos de Europea National Park (Spain*). Géomorphologie: relief, processus, environnement, nO.3 p. 197-209.

Service de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme Saguenay. (2017). *Plan de mise en valeur de Saint-Jean Vianney*. Août 2017.

Strasser, A., Heitzmann, P., Jordan, P., Stapfer, A., Stürm, B., Vogel, A., & Weidmann, M. (1995). *Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse : un rapport stratégique*. Fribourg, Groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse.

Tavenas, F., Chagnon, J.-Y. & La Rochelle, P. (1971). *The Saint-Jean-Vianney landslide: observations and eyewitnesses accounts*. Can. Geotech. J. 8, No. 3, 463±478.

Tremblay, É. (2005). *4 mai 1971 : la fin du monde à Saint-Jean-Vianney*. Cap-aux-Diamants, (82), 38–42.

Thériault, R. (2013). *Les provinces géologiques du Québec.* Ministère des ressources naturelles. 13 septembre 2013.

Tranquard, M., Riffon, O. (2018). *Démarche d'attribution du statut international de géoparc : proposition d'une méthodologie d'analyse multicritère pour l'évaluation du potentiel des territoires et l'intégration des objectifs de développement durable.* Revue Organisations & Territoires*,* Volume 27, No 1, 2018

UNESCO. (2000). *Rapport du directeur général sur l'étude de faisabilité sur la mise en place d'un programme Géosites/ Géoparcs de l'UNESCO*. O.N.U., 160e session, 8 p.

Zouros, N. (2005). *Assement, protection and promotion of geomorphological and geologica1 sites in the Aegean area*, *Greece*. Géomorphologie : relief processus, environnement*,* no.3 p. 227-234.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Grilles détaillées de la zone 1

Tableau 17 : Grilles d'analyses de la zone 1

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**0,25**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,75**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**1**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Valeur scientifique totale						**0,60**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**	**0,38**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0**	**0,13**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,25**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**1**	**1**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,75**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,5**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,75**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**1**	**0,63**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,25**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,58**	**0,29**

ANNEXE 2 : Grilles détaillées de la zone 2

Tableau 18 : Grilles d'analyses de la zone 2

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**0**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**1**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur scientifique totale						**0,35**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**	**0,38**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0**	**0**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,75**	**0,75**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,92**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,75**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**1**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**1**	**0,75**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,5**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,56**	**0,28**

ANNEXE 3 : Grilles détaillées de la zone 3

Tableau 19 : Grilles d'analyses de la zone 3

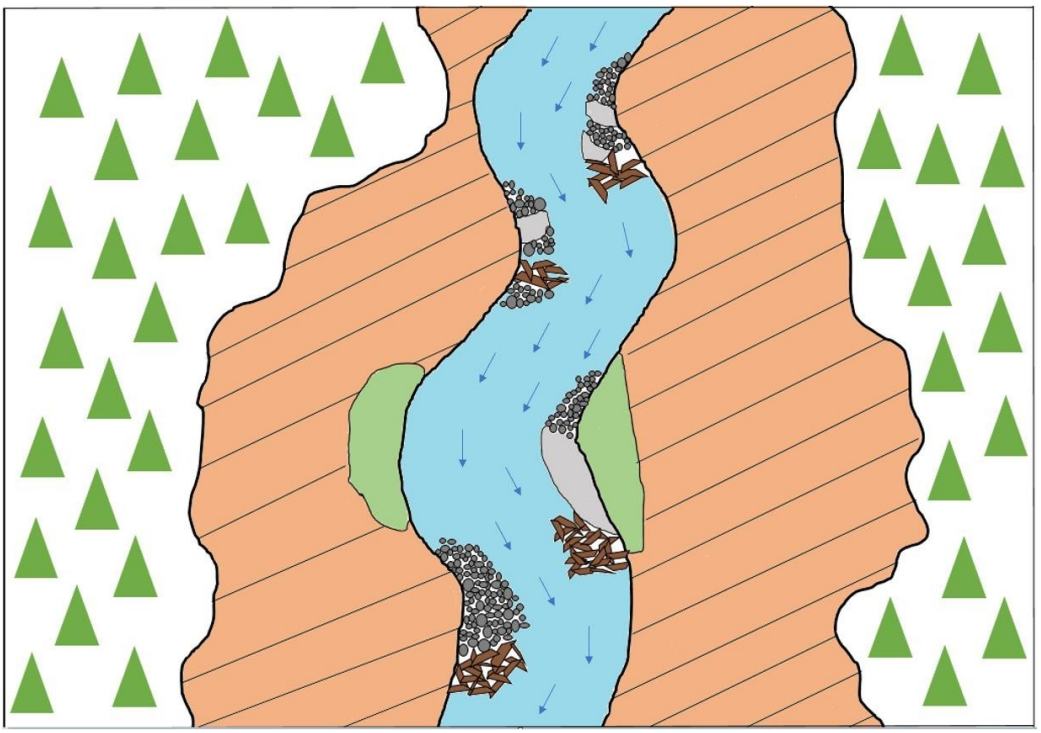
Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**0,75**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,75**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0,5**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,75**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,75**
Valeur scientifique totale						**0,7**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**	**0,5**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0**	**0,25**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,5**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,75**	**0,75**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**0,75**	**0,5**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,75**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**1**	**0,63**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,25**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,53**	**0,27**

ANNEXE 4 : Croquis de formes morphologiques présentes dans le secteur de la zone 3 (zone de la rivière)



Légende :

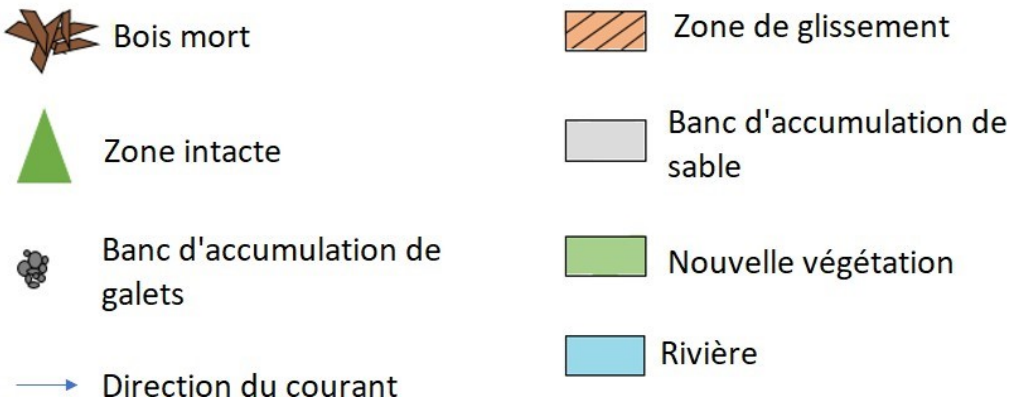
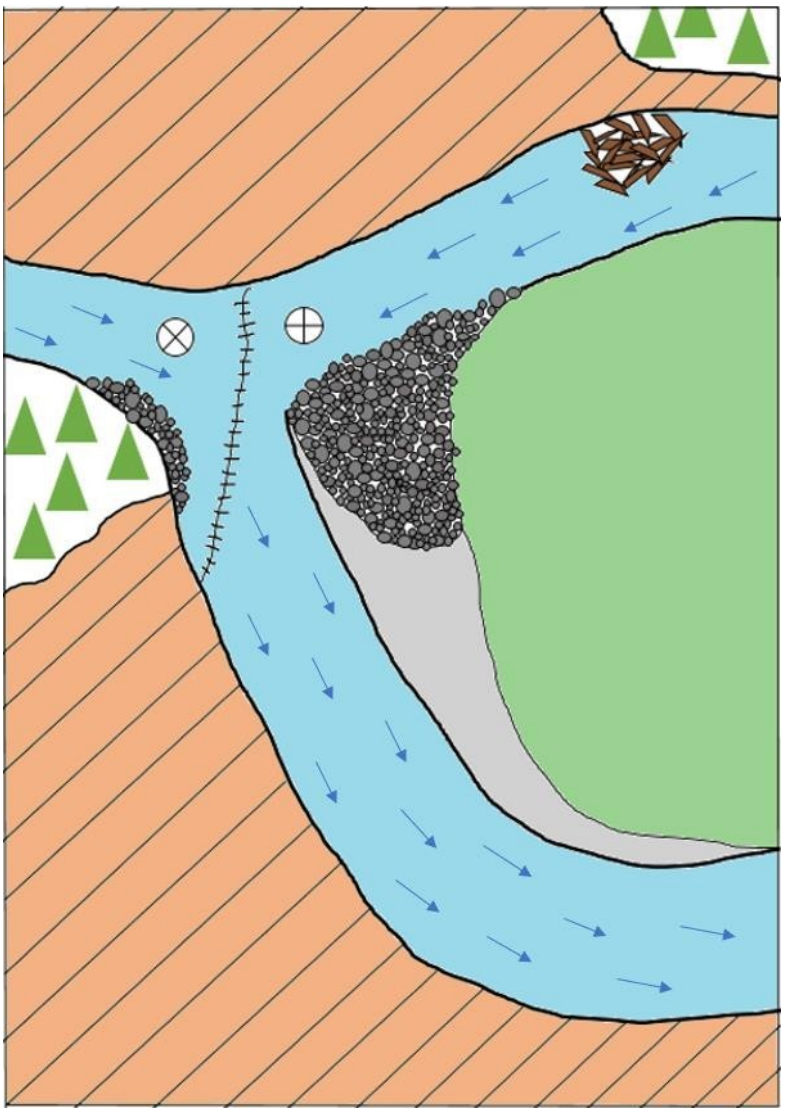


Figure : 39 Croquis de formes morphologiques dans le secteur de la rivière



Légende :

Bois mort

Zone intacte

Banc d'accumulation de galets

Direction du courant

Zone de glissement

Banc d'accumulation de sable

Nouvelle végétation

Interface

Rivière

Figure : 40 Croquis de la confluence

ANNEXE 5 : Grilles détaillées de la zone 4

Tableau 20 : Grilles d'analyses de la zone 4

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**0,75**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,75**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0,5**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**1**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**1**
Valeur scientifique totale						**0,8**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**	**0,38**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0,75**	**0,63**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,5**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,75**	**0,75**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,75**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,5**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,75**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,75**	**0,75**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,75**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,65**	**0,33**

ANNEXE 6 : Grilles détaillées de la zone 5

Tableau 21 : Grilles d'analyses de la zone 5

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**1**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur scientifique totale						**0,4**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**	**0,13**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0,75**	**0,5**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,25**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,25**	**0,25**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,75**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,75**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,5**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0**	**0,38**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,75**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,4**	**0,20**

ANNEXE 7 : Grilles détaillées de la zone 6

Tableau 22 : Grilles d'analyses de la zone 6

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**1**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur scientifique totale						**0,40**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**	**0,13**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0,5**	**0,38**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,25**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0**	**0**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,83**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**1**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,5**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0**	**0,5**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**1**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,37**	**0,19**

ANNEXE 8 : Grilles détaillées de la zone 7

Tableau 23 : Grilles d'analyses de la zone 7

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**1**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur scientifique totale						**0,35**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**	**0,38**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0**	**0**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,25**	**0,25**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,75**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,75**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,5**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0**	**0,38**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,75**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,35**	**0,18**

ANNEXE 9 : Grilles détaillées de la zone 8

Tableau 24 : Grilles d'analyses de la zone 8

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**1**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,50**
Valeur scientifique totale						**0,4**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**	**0,5**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0,5**	**0,38**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,25**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,25**	**0,25**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,83**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,75**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,75**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0**	**0,38**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,75**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,47**	**0,24**

ANNEXE 10 : Grilles détaillées de la zone 9

Tableau 25 : Grilles d'analyses de la zone 9

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**0,5**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0,25**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Valeur scientifique totale						**0,40**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**	**0,38**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0,5**	**0,38**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,25**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,5**	**0,5**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,67**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,5**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,5**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,5**	**0,5**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,5**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,49**	**0,25**

ANNEXE 11 : Grilles détaillées de la zone 10

Tableau 26 : Grilles d'analyses de la zone 10

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**1**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0,5**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur scientifique totale						**0,55**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**	**0,5**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0,5**	**0,38**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,25**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,5**	**0,5**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,83**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,75**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,75**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,5**	**0,75**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**1**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,59**	**0,30**

ANNEXE 12 : Grilles détaillées de la zone 11

Tableau 27 : Grilles d'analyses de la zone 11

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**0,75**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0,5**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Valeur scientifique totale						**0,45**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**	**0,5**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0,5**	**0,5**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,5**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,5**	**0,5**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,75**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,5**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,75**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,5**	**0,63**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,75**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,58**	**0,29**

ANNEXE 13 : Grilles détaillées de la zone 12

Tableau 28 : Grilles d'analyses de la zone 12

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**1**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0,5**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**
Valeur scientifique totale						**0,5**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,75**	**0,63**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0,25**	**0,25**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,25**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,25**	**0,25**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**0,83**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**0,75**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**0,75**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,25**	**0,5**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,75**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,49**	**0,25**

ANNEXE 14 : Grilles détaillées de la zone 13

Tableau 29 : Grilles d'analyses de la zone 13

Grille d'analyse scientifique :

Critères/Résultats	***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote totale***
Intégrité	Détruit	Pratiquement détruit	Détruit partiellement	Faiblement détruit	Intact	**1**
Représentativité	Nulle	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Rareté	Commun	-	Moyen	-	Unique	**0,5**
Valeur paléogéographique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur pédagogique	-	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,25**
Valeur scientifique totale						**0,45**

Grille d'analyse additionnelle :

Critères/Résultats		***0***	***0,25***	***0,5***	***0,75***	***1***	***Cote***	***Cote totale***
Écologie	Influence écologique	Aucun	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé	**0,5**	**0,5**
	Propriétés des sites	Terrain privé	-	Terre publique	-	Terre protégée	**0,5**	
Esthétique	Point de vue	Aucun	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou plus	**0**	**0,13**
	Niveau de contraste dans le paysage	Identique	Pratiquement identique	Modéré	Pratiquement opposé	Opposé	**0,25**	
Culturelle	Importance historique	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**0,5**	**0,5**
Accessibilité	Accessibilité générale (pour atteindre le site)	Pas de sentier aménagé	Moins de 1km d'un sentier pédestre	Plus de 1km de sentier pédestre	Par une route pavée	Par une route asphaltée	**1**	**1**
	Travaux et aménagements nécessaires	Très Élevé	Élevé	Modéré	Faible	Aucun	**1**	
	Accessibilité par un sentier pédestre (dans le site)	Pas de sentier	Pas de sentier mais possibilité d'en créer un	Sentier existant mais peu accessible	Sentier existant moyennement accessible	Sentier existant très accessible	**1**	
Risques naturels	Présence d'éléments à risque (passé)	Aucun lien	Faiblement lié	Moyennement lié	Très lié	Totalement lié	**1**	**0,88**
	Niveau de risque naturel lié à une exploitation géotouristique (futur)	Extrême	Élevé	Moyen	Faible	Aucun	**0,75**	
Valeur additionnelle totale (pondérée : x0,5)							**0,60**	**0,30**