



Démarche cartographique soutenant un processus de réflexion territoriale pour les organismes de bassins versants du Québec dans le cadre des objectifs de conservation de la Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques

Essai-projet

**Philippe Côté
Guillaume Racine**

Maîtrise en aménagement du territoire et développement régional
Maître en aménagement du territoire et développement régional (M. ATDR)

Québec, Canada

© Philippe Côté et Guillaume Racine, 2018

**Démarche cartographique soutenant un processus de
réflexion territoriale pour les organismes de bassins
versants du Québec dans le cadre des objectifs de
conservation de la Loi concernant la conservation des
milieux humides et hydriques**

Essai-projet

**Philippe Côté
Guillaume Racine**

Sous la direction de :
Jean Dubé, directeur de recherche
Antoine Verville, codirecteur de recherche

Avant-propos

Cet essai-projet est né d'un désir commun des auteurs de travailler sur un sujet concret pouvant aider les acteurs du milieu à aménager de façon durable le Québec. Nous sommes tous les deux biologistes et avons vu une opportunité incroyable d'utiliser nos compétences ainsi que celles nouvellement acquises à la maîtrise lorsque la nouvelle *Loi sur la conservation des milieux humides et hydriques* a été adoptée.

Nous avons eu la chance de rencontrer Antoine Verville, directeur général du ROBVQ, avec qui le projet a tranquillement pris forme. Ensuite, Jean Dubé, directeur et professeur à l'école supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional (ÉSAD) de l'Université Laval, s'est joint à l'équipe et nous a donné de précieux conseils. Sans eux, le projet n'aurait pu voir le jour et nous tenons à les remercier.

Un merci également à tous ceux qui nous ont aidés à orienter et faire avancer le projet : Pauline Marquer, Daniel Lachance, Marie-Josée Côté, Payse Mailhot, Jean Landry, Andréanne Blais, Mathieu Varin, Richard Fournier, Jérôme Théau, Jason Beaulieu, Jérémie Roques, Guillaume Daigle, Marcel Darveau, Marianne Blanchette et Nathalie Barette.

Un protocole d'application détaillé relié à la méthodologie de ce document est disponible en annexe pour les individus voulant se lancer dans la quantification des fonctions écologiques des milieux humides.

Résumé

Les milieux humides fournissent de nombreux services à l'être humain par leurs fonctions écologiques. Ces milieux subissent des pressions anthropiques qui viennent altérer négativement les services écologiques qu'ils rendent. Au Québec, la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) a été adoptée en 2017 dans le but de freiner la perte de milieux humides et hydriques par le principe d'aucune perte nette et de gestion cohérente par bassin versant. D'ailleurs, selon les modalités de la loi, les organismes de bassin versant ont comme mandat de produire des objectifs de conservation concernant les milieux humides d'ici le 15 mars 2020. Dans le même ordre d'idée, ce présent document vise le développement d'une démarche cartographique soutenant un processus de réflexion territorial afin de favoriser la réalisation des objectifs de conservation selon les grands principes de la LCMHH. La démarche se veut reproductible pour l'ensemble du Québec méridional. Le territoire à l'étude est celui de la zone de gestion intégrée de l'eau de l'Organisme de bassin versant Charlevoix-Montmorency (OBV-CM). Un logiciel cartographique libre d'accès est utilisé pour quantifier les fonctions écologiques relatives à la biodiversité des milieux humides à l'aide d'une approche multicritère. Les critères de biodiversité analysés sont la productivité primaire, la diversité végétale, la taille et la naturalité de la zone tampon. Ceux-ci sont calculés à l'aide d'une multitude d'indicateurs spatiaux comme la classe structurale, la position physiographique, la diversité de Shannon, la superficie et la proportion de différentes activités sur le territoire. L'analyse est effectuée selon deux échelles spatiales différentes, soit l'échelle du diagnostic et d'intervention. Une standardisation des données est appliquée aux deux échelles. L'échelle diagnostique est divisée selon les districts écologiques du *Cadre écologique de référence du Québec* alors que l'échelle d'intervention permet de distinguer chaque complexe de milieux humides au sein d'un district. Globalement, les districts écologiques situés le long du fleuve Saint-Laurent pour le territoire de l'OBV-CM ont obtenu des scores plus faibles comparativement au reste du territoire. Enfin, les cartes développées ont permis d'alimenter un processus de réflexion en matière d'aménagement territorial par bassin versant. L'analyse cartographique des fonctions écologiques des milieux humides aidera à développer des objectifs de conservation adaptés à la LCMHH.

Table des matières

1	- Mise en contexte	1
1.1	Problématique et état des connaissances	1
1.1.1	Perturbations des milieux humides	3
1.2	Loi sur la conservation des milieux humides et hydriques	5
1.2.1	Les lois modifiées par la LCMHH.....	5
1.3	Objectifs et hypothèse.....	8
1.3.1	Objectif général	8
1.3.2	Objectifs opérationnels.....	8
1.3.3	Hypothèse	8
2	- Cadre théorique.....	9
2.1	Fonctions écologiques.....	9
2.1.1	Services écologiques	10
2.2	Cartographier les fonctions écologiques des milieux humides.....	12
2.2.1	Méthode d'analyse	13
2.2.2	Critères de priorisations	14
2.2.2.1	Choix des critères.....	14
2.2.3	Critères et indicateurs spatiaux.....	15
2.2.3.1	Productivité primaire.....	15
2.2.3.1.1	Classification des milieux humides.....	16
2.2.3.1.2	Positionnement physiographique	17
2.2.3.2	Diversité végétale	19
2.2.3.3	Taille	20
2.2.3.4	Naturalité de la zone tampon	20
2.2.3.5	Proximité.....	20
3	- Méthodologie	21
3.1	Aires d'études.....	21
3.2	Analyse géomatique	23
3.2.1	Logiciel de géomatique utilisé.....	23
3.2.2	Automatisation	23
3.2.3	Analyse multicritère.....	23
3.2.3.1	Unités d'analyse	24
3.2.3.2	Unité de comparaison.....	24
3.2.3.3	Standardisation.....	26
3.2.3.4	Classification (bris naturel)	27
3.2.3.5	Analyse spatiale	28
3.2.3.5.1	Critères de biodiversité.....	28

3.2.3.5.1.1	Productivité primaire	28
3.2.3.5.1.2	Diversité végétale.....	31
3.2.3.5.1.3	Taille	31
3.2.3.5.1.4	Naturalité de la zone tampon	32
4	- Base de données.....	34
5	- Résultats (présentation de l'outil).....	38
5.1	Productivité primaire.....	40
5.2	Diversité végétale	41
5.3	Taille	43
5.4	Naturalité de la zone tampon	45
6	- Discussion	48
6.1	Application de la méthode	48
6.2	Aménagement du territoire.....	49
6.3	Les limites et défis du projet.....	50
6.3.1	Méthode d'analyse globale	51
6.3.2	Données et traitements géomatiques	52
6.3.2.1	Adaptation des données.....	52
6.3.2.2	Développements méthodologiques en géomatique.....	53
6.3.2.2.1	Lourdeur des données.....	53
6.3.3	Ajouts essentiels	53
6.3.3.1	Critères hydrologiques et biogéochimiques	53
6.3.3.2	Volet hydrique.....	54
6.3.3.3	Suite du développement de la méthodologie	55
7	- Conclusion	55
8	- Bibliographie	57
	Annexe A : Classification des milieux humides	62
	Annexe B : Création des complexes de milieux humides	90
	Annexe C : Position physiographique partielle	101
	Annexe D : Jointures pour analyses subséquentes et unité de comparaison	115
	Annexe E : Calculs des indicateurs	124
1.1	Annexe E : Productivité primaire	124
1.2	Annexe E : Diversité végétale (indicateur de Shannon)	126
1.3	Annexe E : Taille.....	129
1.4	Annexe E : Naturalité de la zone tampon des complexes de milieux humides	130
1.4.1	Annexe E : Automatisation des traitements	138
	Annexe F : Standardisation.....	146
	Annexe G : Aide-mémoire QGIS	149

Liste des figures

Figure 1. Proportion de milieux humides par province naturelle	4
Figure 2. Principales lois pour la conservation des milieux humides et hydriques	6
Figure 3. Les six fonctions écologiques des MHH selon la <i>Loi sur l'eau</i>	10
Figure 4. Modèle des cascades tiré du livre : Mapping Ecosystem Services de Haines-Young et Potschin	11
Figure 5. Les flux de services écologiques	12
Figure 6. Schéma des critères de priorisations et de leurs indicateurs spatiaux retenus dans l' <i>Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent</i>	15
Figure 7. Types de milieux humides de la cartographie détaillée de Canard Illimités Canada (CIC)	17
Figure 8. Les différentes positions physiographiques d'un milieu humide.....	18
Figure 9. Zones de gestion intégrée de l'eau par bassin versant au Québec.....	22
Figure 10. La zone de gestion intégrée de l'eau de l'OBV Charlevoix-Montmorency	22
Figure 11. Exemple d'une séquence d'automatisation sur QGIS	23
Figure 12. Unité d'analyse des milieux humides	24
Figure 13. Exemple d'unité de comparaison (district écologique) pour la ZGIEBV Charlevoix-Montmorency	25
Figure 14. Standardisation à l'échelle du diagnostic (A) et à l'échelle d'intervention (B)	27
Figure 15. Gradient de l'intensité de la productivité primaire selon la classe structurale et la position physiographique	29
Figure 16. Schéma explicatif de la méthodologie du critère de naturalité de la zone tampon. ...	33
Figure 17. Arbre décisionnel définissant les sources de données disponibles	35
Figure 18. Moyennes de productivité primaire nette selon le district écologique pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency	40
Figure 19. La productivité primaire nette pour chaque CMH selon le district écologique des Buttes du lac Malbaie pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency	41
Figure 20. Moyennes de l'indice de Shannon selon le district écologique pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency	42
Figure 21. L'indice de Shannon pour chaque CMH selon le district écologique du Côteau de Saint-Hilarion pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency.....	43
Figure 22. Moyennes de la taille selon le district écologique pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency	44

Figure 23. La taille pour chaque CMH selon le district écologique du Mont des Éboulements pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency	45
Figure 24. Moyennes de la naturalité selon le district écologique pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency	46
Figure 25. La naturalité de la zone tampon pour chaque CMH selon le district écologique de la terrasse de Beaulieu pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency	47
Figure 26. Les différents documents en développement au Québec ayant un lien avec la gestion de l'eau	50
Figure 27. Schéma de concept illustrant l'ensemble des critères et des indicateurs spatiaux inspiré de l'équipe de Daniel Lachance au MDDELCC (Jobin et al., 2018)	54

Liste des tableaux

Tableau 1. Comparaison fictive entre l'approche multicritère et la planification systémique pour la sélection de milieux humides d'intérêt	14
Tableau 2. Caractérisation selon l'hydrologie, le sol et la végétation des cinq classes de milieux humides (source : Sarah-Claude Lachance, 2017)	16
Tableau 3. Résumé de différents paramètres selon différents niveaux du cadre écologique de référence (MDDELCC, 2018e)	25
Tableau 4. Exemple de résultats avec la classification par bris naturel.....	28
Tableau 5. Valeurs de référence du type de MH et de la position physiographique pour le calcul de l'indice de productivité primaire	30
Tableau 6. Les couches de données et leur précision générale	36
Tableau 7. Nombre de milieux humides par types selon les districts écologiques	38
Tableau 8. Superficie des milieux humides par types selon les districts écologiques.....	39
Tableau 9. Nombre de milieux humides par position physiographique selon les districts écologiques.....	39

Glossaire

ACP	Analyse par composante principale
BTSL	Basses-terres du Saint-Laurent
CA	Certificat d'autorisation
CIC	Canards Illimité Canada
CRE	Conseils régionaux de l'environnement
CRHQ	Cadre de référence hydrologique du Québec
CO2	Dioxyde de carbone
ÉSAD	École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional
LCMHH	Loi sur la conservation des milieux humides et hydriques
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MH	Milieux humides
MHH	Milieux humides et hydriques
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MRC	Municipalités régionales de comté
OGAT	Orientations gouvernementales en matière d'aménagement du territoire
OBV	Organisme de bassins versants
PACES	Projet d'acquisition de connaissances des eaux souterraines
PDE	Plan directeur de l'eau
PP	Position physiographique
PU	Plan d'urbanisme
PRMHH	Plan régional des milieux humides et hydriques
ROBVQ	Regroupement des organismes de bassins versants du Québec
SAD	Schéma d'aménagement et de développement
SE	Services écologiques
SIEF	Système d'information écoforestière
SIG	Système d'information géographique
TCR	Table de concertation régionale
ZGIEBV	Zones de gestion intégrée de l'eau par bassins versants

1 - Mise en contexte

1.1 Problématique et état des connaissances

Les milieux humides (MH) représentent un fragile équilibre entre le milieu terrestre et le milieu aquatique. Ils sont d'une importance capitale pour le réseau hydrographique. Ceux-ci ont longtemps été négligés par les intervenants en aménagement du territoire par manque de connaissances sur leur importance écologique. Une étude conduite par le Centre de la Science de la Biodiversité du Québec (CSBQ) à la demande du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) en 2013 rapporte que 567 km² des MH des Basses-terres du Saint-Laurent (BTSL) ont été perturbés entre 1990 et 2011, ce qui représente environ 19 % de la superficie totale des MH de ce territoire (Pellerin et Poulin, 2013). À l'échelle du Québec, ce serait plus de 6 000 km² de tourbières qui auraient été perturbés dans les cinquante dernières années (Rochefort et al. 2011). Une étude d'Environnement Canada affirmait déjà en 1986 que 80% des MH près des grand-centres (Montréal, Chicoutimi-Jonquière, Toronto, Windsor, Winnipeg, Regina, Saskatoon et Edmonton) avaient été convertis pour accommoder l'agriculture et l'expansion urbaine (Environnement Canada, 1986). Certaines activités humaines ont grandement contribué à cette détérioration et continuent encore aujourd'hui. En effet, entre 1990 et 2011, les principales sources de perturbations des MH dans les BTSL étaient les activités agricoles (44%) et sylvicoles (26%) (Pellerin et Poulin, 2013).

Les MH sont reconnus pour fournir de nombreux services écologiques à l'ensemble de la communauté humaine. En créant des obstacles, diminuant ainsi la vitesse de l'eau en période de crue, ils contribuent à réduire les risques d'inondation. Ils possèdent également une grande capacité à filtrer l'eau et à recharger les eaux souterraines. Ils peuvent capter jusqu'à 70% des sédiments contenus dans les eaux de ruissellement (Anielski et Wilson, 2006). Ils favorisent une grande biodiversité et des habitats uniques. De plus, les MH sont responsables de la séquestration de 20 à 25% du dioxyde de carbone présent sur terre (Gorham, 1995). Enfin, ils permettent la recherche scientifique, le tourisme, la protection des côtes, la chasse, la pêche et la cueillette (Cimon-Morin, 2015).

Il ne semble pas y avoir de consensus au sein des chercheurs pour une définition unique de ce que sont les MH (Varin, 2013). Selon Warner et Rubec (1997), il s'agit d'une « terre saturée d'eau pendant une période suffisamment longue pour que naissent des processus de terre humide ou aquatique, qui se caractérisent par un faible drainage des sols, des espèces hydrophytes et différentes sortes d'activités biologiques adaptées aux milieux humides (p.1) ». Plusieurs écosystèmes différents se définissant comme étant un MH, tel que les eaux peu profondes, les marais, les marécages les tourbières ombrotrophes et les tourbières minérotrophes (GTNTH, 1997).

Il existe également une définition commune des milieux humides et hydriques (MHH) dans la législation québécoise. Selon l'article 46.0.2 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE), **les milieux humides et hydriques**, font « référence à des lieux d'origine naturelle ou anthropique qui se distinguent par la présence d'eau de façon permanente ou temporaire, laquelle peut être diffuse, occuper un lit ou encore saturer le sol et dont l'état est stagnant ou en mouvement. Lorsque l'eau est en mouvement, elle peut s'écouler avec un débit régulier ou intermittent. Un milieu humide est également caractérisé par des sols hydromorphes ou une végétation dominée par des espèces hygrophiles. Sont notamment des milieux humides et hydriques :

1. un lac, un cours d'eau, y compris l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et les mers qui entourent le Québec ;
2. les rives, le littoral et les plaines inondables des milieux visés au paragraphe 1°, tels que définis par règlement du gouvernement ;
3. un étang, un marais, un marécage et une tourbière. Les fossés de voies publiques ou privées, les fossés mitoyens et les fossés de drainage, tels que définis aux paragraphes 2° à 4° du premier alinéa de l'article 103 de la Loi sur les compétences municipales (chapitre C-47.1), ne constituent pas des milieux humides et hydriques.»

[Article entré en vigueur le 23-03-2018 suite aux modifications apportées par la Loi sur la conservation des milieux humides et hydriques]

Finalement, la définition écrite par Mmes Pellerin et Poulin ajoute à la compréhension de ce qu'est un MH : « Les milieux humides se caractérisent par la présence, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée. Ils peuvent être d'origine naturelle (perturbés ou non) ou artificielle. Souvent en position de transition entre les milieux terrestres et aquatiques proprement dits, ils se distinguent par une faible épaisseur de la colonne d'eau, par la présence de sols hydromorphes ou non évolués, tels

que des gleysols ou des sols organiques, et d'une végétation dominante composée de plantes hygrophiles ou capables de tolérer des inondations périodiques. En l'absence de végétation, un site peut être défini comme milieu humide lorsqu'il présente un substrat saturé au moins une partie de la saison de croissance et qu'il est situé, ou était situé, à l'intérieur ou à proximité d'un milieu aquatique, ou d'un milieu humide présentant une végétation hygrophile. Au Québec, les milieux humides incluent notamment les eaux peu profondes (< 2 m), marais, marécages et tourbières. Ils peuvent être en lien direct ou non au réseau hydrographique de surface » (Pellerin et Poulin, 2013, p.12).

Les MH couvrent une superficie totale de 189 593 km² au Québec, ce qui représente 12,5% de la surface de la province. De cette superficie, 85% sont des tourbières et seulement 8% sont protégés, tous types confondus (Pellerin et Poulin, 2013). Le Québec se divise en 15 provinces naturelles différenciées par plusieurs variables écologiques et 5 provinces limitrophes touchant très peu aux limites politiques du territoire. Sur les 15 provinces naturelles, quatre d'entre-elles accueillent 44 % de la superficie totale des milieux humides du Québec, soit les Basses-terres de la Baie James (P), les Basses-terres de l'Abitibi (F), les Hautes-terres de Mistassini (G) et le Plateau de la Basse-Côte-Nord (E) (figure 1; MDDELCC, 2018c).

Toutefois, la majorité de la population québécoise (près de 50%) se situe plutôt dans les Basses-terres du Saint-Laurent (B sur la figure 1) où l'on retrouve une forte pression sur les MH (MDDELCC, 2018a). C'est également à cet endroit qu'on observe les plus fortes concentrations d'espèces en situation précaire au Québec (Tardif et al., 2005).

1.1.1 Perturbations des milieux humides

Les sources primaires de perturbation sont les activités anthropiques et les changements climatiques (qui sont également accélérés par les activités anthropiques). L'urbanisation, les besoins agricoles et les besoins forestiers mènent à des activités de drainage, de creusage, de redressement de cours d'eau, de remblayage et de coupes abusives qui détruisent le couvert végétal et le sol. Ceci provoque des impacts négatifs sur les MH qui se répercutent en une perte de fonctions et services écologiques, parfois totale et irréversible (Pellerin et Poulin, 2013).

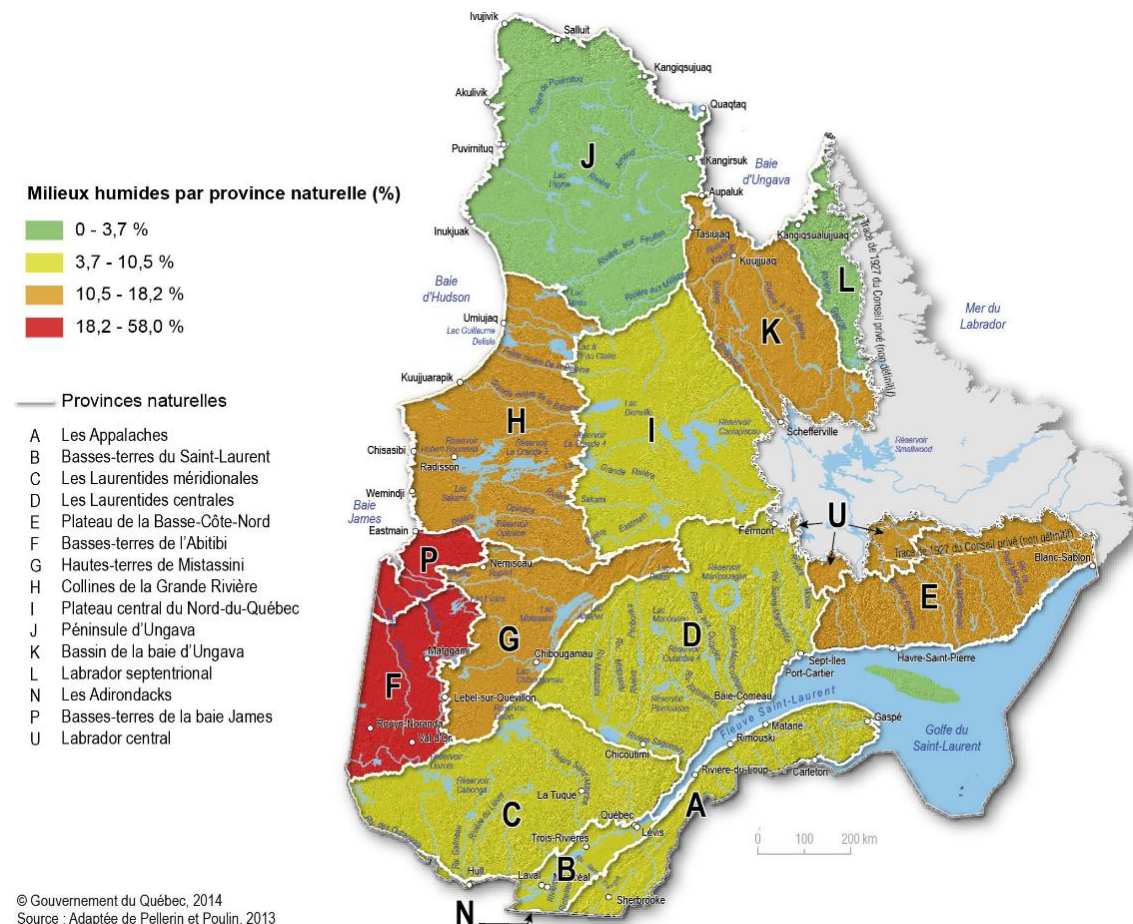


Figure 1. Proportion de milieux humides par province naturelle
(source : MDDELCC, 2018c)

Cette destruction de MH conduit à une réduction de la biodiversité et de la résilience face aux changements climatiques. En outre, cela diminue l'accès à des matières premières ou à une eau de bonne qualité. Également, la sécurité publique peut être perturbée par une augmentation des risques d'inondation. Cela peut affecter la santé psychosociale des citoyens en diminuant l'accès à des lieux de repos ou de villégiature et en augmentant le stress provoqué par des aléas liés à l'eau (MDDELCC, 2018c).

Encadré 1. Définition de la biodiversité

La biodiversité, contraction de « diversité biologique », est l'ensemble des êtres vivants (toutes les espèces, qu'elles soient microscopiques ou très grandes) qui sont présents et évoluent dans un milieu donné. Dans son sens le plus large, ce mot est synonyme de « vie sur terre ». (Source : Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030)

Le niveau et la source de perturbation varient selon le contexte territorial et le type d'activités. Par exemple, dans les BTSL, la principale source de perturbation est l'agriculture tandis qu'au nord du 52e parallèle, il s'agit plutôt de la coupe forestière et de la production d'hydroélectricité (MDDELCC, 2018c).

1.2 Loi sur la conservation des milieux humides et hydriques

Le 16 juin 2017, l'Assemblée nationale a adopté à l'unanimité le projet de loi 132 portant le nom de *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH). Celle-ci a pour but de freiner la perte de milieux humides et hydriques au Québec par le principe d'aucune perte nette. Ce principe s'applique par une séquence d'atténuation visant à (1) éviter les pertes et perturbations des MHH dans les projets de développement, (2) minimiser les perturbations lorsqu'il est impossible de les éviter et (3) compenser toute perte ou perturbation inévitables aux MHH. La Loi vise même des gains nets, ce qui est une première au Québec. La Loi permet de conserver, mais également de restaurer et de créer de nouveau MHH pour tenter de contrebalancer les pertes futures inévitables. Elle permet également un développement plus durable du territoire et une approche réfléchie par bassin versant en prenant davantage compte des fonctions écologiques remplies par les MHH (MDDELCC, 2018b).

Encadré 2. Définition de la conservation

La conservation se définit comme un ensemble de pratiques comprenant la protection, la restauration et l'utilisation durable et visant la préservation de la biodiversité, le rétablissement d'espèces ou le maintien des services écologiques au bénéfice des générations actuelles et futures. (Source : Limoges et al., 2013)

1.2.1 Les lois modifiées par la LCMHH

La LCMHH apporte plusieurs modifications à d'autres lois québécoises importantes déjà en vigueur (figure 2).

Au niveau de la *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (*Loi sur l'eau*), elle stipule désormais que les municipalités régionales de comté (MRC), les villes MRC et les communautés métropolitaines

devront produire des plans régionaux de leurs milieux humides et hydriques (PRMHH) (*Loi sur l'eau*, art. 15). Pour ce faire, la Loi mentionne que les MRC devront consulter les organismes de bassins versants (OBV), les tables de concertation régionales (TCR), les conseils régionaux de l'environnement (CRE) ainsi que les autres municipalités du bassin pour prendre en considération la gestion intégrée de l'eau par bassin versant dans le PRMHH de leur MRC (*Loi sur l'eau*, art. 15.3). Ainsi, les OBV, TCR et CRE devront être prêts à fournir les informations nécessaires pour venir en aide aux MRC de leur territoire. Ils devront modifier leur PDE pour y inclure des objectifs en matière de conservation des ressources en eau et des milieux qui leur sont associés. Cela devra être fait en tenant compte des besoins des MRC concernées et des objectifs qu'elles peuvent elles-mêmes fixer dans le cadre de la mise en œuvre de leur PRMHH (*Loi sur l'eau*, art. 13.5).

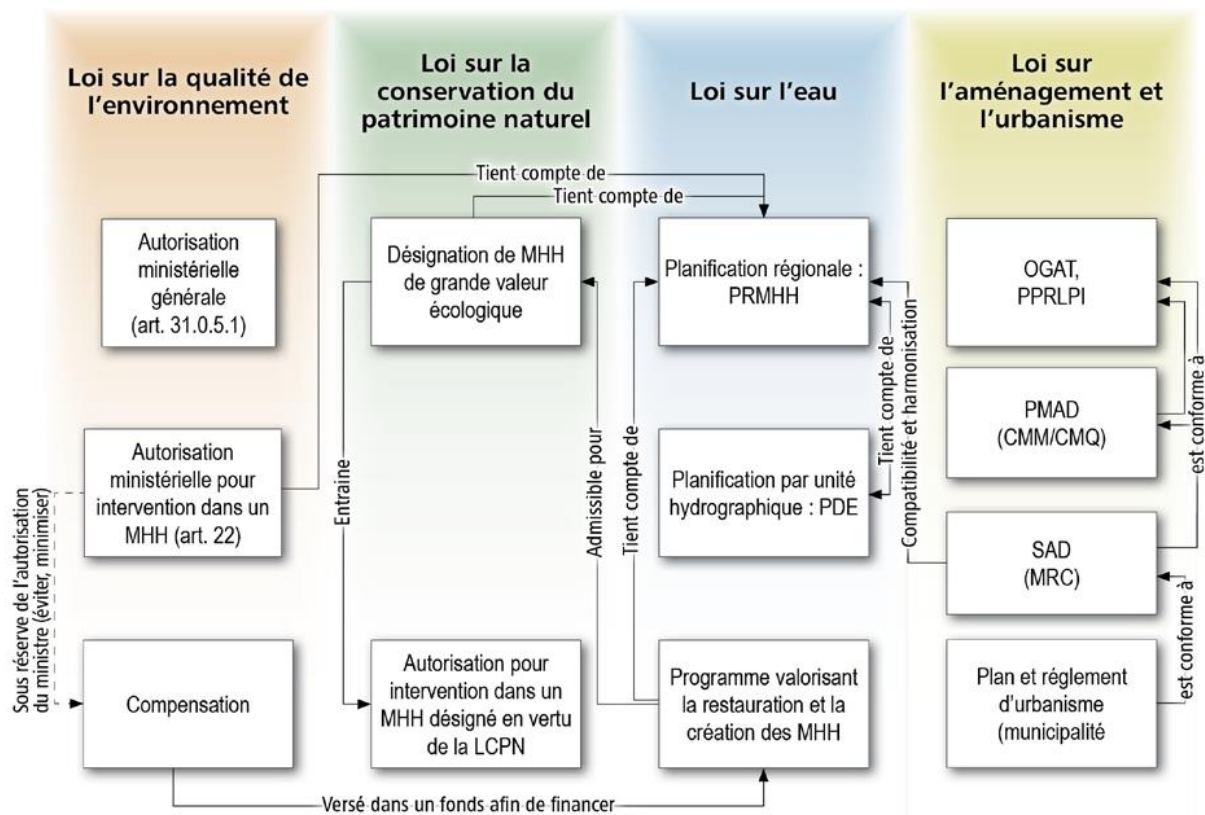


Figure 2. Principales lois pour la conservation des milieux humides et hydriques (source : Plans régionaux des milieux humides et hydriques. Goulwen et al., 2018)

Cette modification à la *Loi sur l'eau* est un grand pas pour la protection des MHH au Québec. Toutefois, les MRC ne sont pas légalement obligées d'inclure les objectifs de conservation

proposés par les OBV dans leur PRMHH. Elles doivent en tenir compte, mais elles ne sont pas obligées de les intégrer. Il sera alors important et nécessaire que les OBV prennent en compte les intérêts des MRC dans l'élaboration de leurs objectifs de conservation. Les PDE n'ayant pas de valeur réglementaire, l'arrimage des objectifs de conservation avec les PRMHH des MRC sera un moyen efficace d'inclure les acteurs de l'eau dans la planification territoriale et l'aménagement. En effet, sur le long terme, il sera souhaitable que les MRC introduisent le PRMHH dans leur schéma d'aménagement et de développement (SAD) et les rendre éventuellement compatibles. Ceci donnerait alors un poids légal aux objectifs de conservation proposés par les OBV concernant les MHH.

La LCMHH vient redéfinir l'aménagement du territoire et la relation de ce dernier avec la ressource en eau. Dans le même ordre d'idée, le processus d'autorisation environnementale de l'article 22 de la LQE a été modifié. Un certificat d'autorisation (CA) est désormais octroyé s'il y a démonstration qu'aucun autre site alternatif n'est disponible dans la MRC, et qu'il y a mise en œuvre de mesures d'atténuation des impacts du projet sur les milieux humides. Lorsque le CA est délivré, le promoteur du projet est contraint au paiement d'une contribution financière qui sera versée au Fonds de protection de l'environnement et du domaine hydrique de l'état. D'ailleurs, un programme de restauration et de création de MHH sera géré par le ministère (avec la possibilité de déléguer aux MRC) et sera subventionné par ce fonds. Ce programme exprime la vision d'aucune perte nette des fonctions et des superficies de milieux humides. Les projets de restauration et de création de MHH seront réalisés de manière prioritaire dans le bassin versant ou dans la MRC où le CA a été délivré. D'ailleurs, la Loi prévoit que le programme de restauration et de création soit lancé le 16 juin 2019 (LCMHH, art. 54).

La *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* affirme également que les milieux humides d'intérêt qui seront désignés par le ministre devront être intégrés dans le réseau des aires protégées du Québec. Les critères de sélection des milieux humides d'intérêt sont définis dans le texte de loi.

1.3 Objectifs et hypothèse

1.3.1 Objectif général

L'objectif principal de cette étude est d'élaborer une démarche cartographique soutenant un processus de réflexion territorial afin de favoriser la réalisation des objectifs de conservation concernant les milieux humides selon les grands principes de la LCMHH.

1.3.2 Objectifs opérationnels

Afin de répondre à l'objectif général, une série de sous-objectifs est fixée :

1. Trouver un équilibre entre reproductibilité et robustesse de la méthodologie à l'échelle du Québec méridional (grande variance dans la qualité des données) ;
2. Utiliser un logiciel de géomatique libre d'accès ;
3. Appliquer une approche par bassin versant (modulable) ;
4. Développer une approche par fonctions écologiques pour la quantification de la valeur écologique relative des milieux humides.

1.3.3 Hypothèse

Dans un contexte d'aménagement du territoire par bassins versants, la démarche cartographique développée supporte la création des objectifs de conservation. De plus, les fonctions écologiques sont prises en compte dans la démarche.

2 - Cadre théorique

2.1 Fonctions écologiques

Les fonctions écologiques sont « les processus naturels qui permettent le fonctionnement et le maintien des écosystèmes (ex. : formation de sols, recyclage de nutriments, recyclage de l'eau, production primaire) » (De Groot et al., 2002). Les fonctions écologiques peuvent être séparées en quatre grandes catégories : régulation, habitat, production et information. Les fonctions de régulation sont celles régulant les processus écologiques essentiels permettant le support de la vie, tels les cycles biogéochimiques. Les fonctions d'habitat fournissent les écosystèmes nécessaires à la reproduction et au refuge de la faune et de la flore, ce qui contribue à la conservation de la diversité génétique. Les fonctions de production représentent les producteurs primaires qui convertissent l'énergie du soleil, le CO₂, l'eau et autres matières en produits pouvant être utilisés par les producteurs secondaires, puis tertiaires, etc. Ceci donne plusieurs bienfaits aux êtres humains, allant de la nourriture aux matériaux bruts tel le bois. Enfin, les fonctions d'information regroupent tout ce qui touche la santé des êtres humains (physique et mentale) (De Groot et al., 2002).

Cette classification se retrouve également dans la *Loi sur l'eau*, mais modifiée par l'ajout des milieux hydriques. L'article 13.1 de la *Loi sur l'eau* regroupe **les fonctions écologiques des MHH** en six catégories (figure 3) :

1. « filtre contre la pollution, rempart contre l'érosion et rétention des sédiments, en permettant, entre autres, de prévenir et de réduire la pollution en provenance des eaux de surface et souterraines et l'apport des sédiments provenant des sols ;
2. régulation du niveau d'eau, en permettant la rétention et l'évaporation d'une partie des eaux de précipitation et des eaux de fonte, réduisant ainsi les risques d'inondation et d'érosion et favorisant la recharge de la nappe phréatique ;
3. conservation de la diversité biologique par laquelle les milieux ou les écosystèmes offrent des habitats pour l'alimentation, l'abri et la reproduction des espèces vivantes ;
4. écran solaire et brise-vent naturel, en permettant, par le maintien de la végétation, de préserver l'eau d'un réchauffement excessif et de protéger les sols et les cultures des dommages causés par le vent ;
5. séquestration du carbone et atténuation des impacts des changements climatiques ;

6. qualité du paysage, en permettant la conservation du caractère naturel d'un milieu et des attributs des paysages associés, contribuant ainsi à la valeur des terrains voisins.»

[Entrée en vigueur le 23-03-2018 suite aux modifications apportées par la LCMHH]

Bien entendu, l'ensemble de ces fonctions ne sont pas remplies par tous les types de MH. Certaines fonctions seront remplies majoritairement par un certain type de MH et d'autres fonctions par d'autres types de MH. Ceci est influencé par plusieurs facteurs, dont, par exemple, l'emplacement du MH sur le territoire (en aval d'un lac, déconnecté du réseau hydrographique, etc.).

Les fonctions écologiques sont à ne pas confondre avec les services écologiques. Il est important d'en faire la distinction, puisque cet essai-projet se concentre davantage sur les fonctions plutôt que les services écologiques.

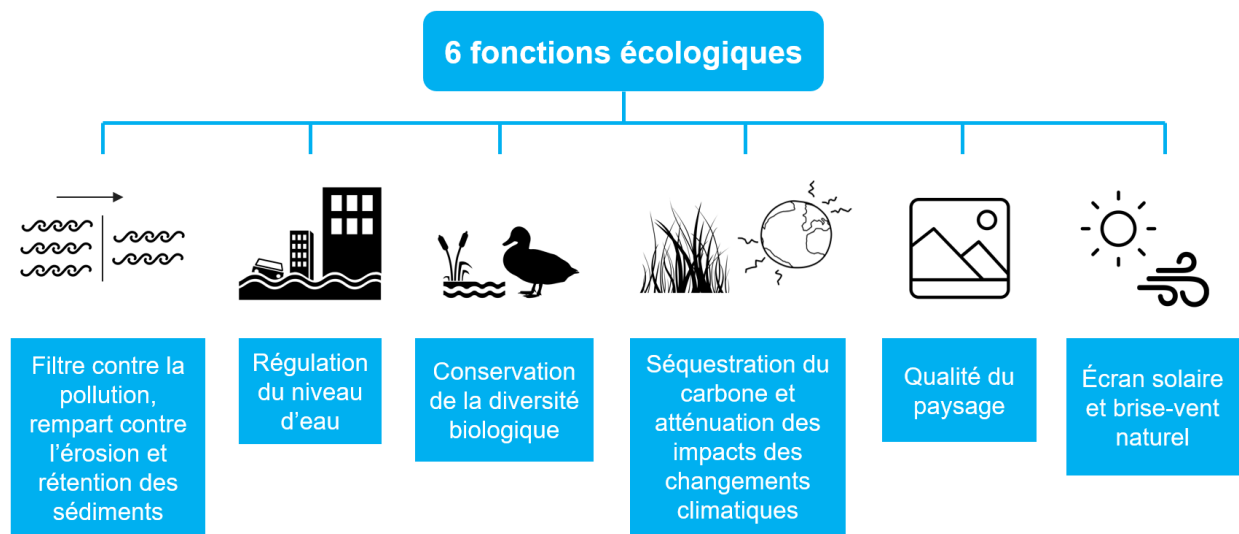


Figure 3. Les six fonctions écologiques des MHH selon la *Loi sur l'eau* (source des icônes : Noun Project)

2.1.1 Services écologiques

Les services écologiques sont les bienfaits que l'être humain tire des écosystèmes (Goulwen et al., 2018). Dans ce cas-ci, l'écosystème en question est le milieu humide.

Encadré 3. Définition d'un écosystème

Un écosystème est un ensemble qui inclut les êtres vivants et le milieu naturel dans lequel ils vivent, ainsi que les relations qu'ils ont entre eux et avec le milieu. Dans un écosystème, on retrouve des organismes vivants, comme des animaux, des végétaux et des bactéries, ainsi que des éléments non vivants. Un lac, une tourbière ou une forêt sont des exemples d'écosystèmes. (Source : Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030)

Pour bien comprendre, le modèle des cascades (figure 4) conceptualise la différence entre les fonctions écologiques et les services écologiques. En effet, les structures biophysiques (ou les écosystèmes) que l'on retrouve dans l'environnement ont des caractéristiques structurales différentes qui leur permettent d'effectuer des processus naturels qui leur sont propres. Les processus naturels sont les fonctions écologiques et ils sont naturellement réalisés par un écosystème. Les services écologiques sont à l'interface entre l'être humain et la nature (Burkhard et Maes, 2017). Les services écologiques varient selon la « demande » de l'homme envers une certaine fonction et l'« offre » de cette fonction sur un territoire. De manière générale, la cartographie et la quantification des fonctions écologiques sont plus détaillées dans la littérature scientifique que celles des services écologiques.

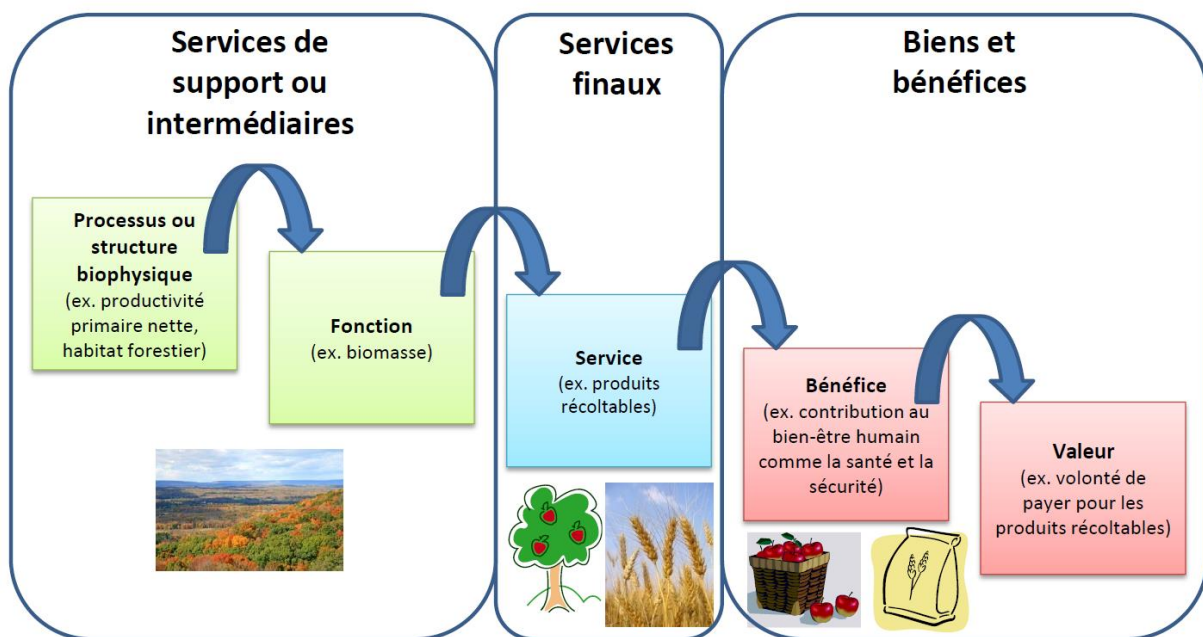


Figure 4. Modèle des cascades tiré du livre : Mapping Ecosystem Services de Haines-Young et Potschin
(Adapté en français par Jérôme Cimon-Morin, 2018)

2.2 Cartographier les fonctions écologiques des milieux humides

Un système d'information géographique (SIG) est un « système d'information portant sur l'acquisition, le stockage, l'analyse, la gestion et la restitution des données géographiques. Le SIG est constitué d'un ensemble de ressources humaines, matérielles et logicielles » (OQLF, 2009). Les SIG sont très utiles dans la planification urbaine et la gestion des ressources environnementales. Ils permettent de traiter une grande quantité d'information pouvant mener à la résolution de problèmes complexes. Toutefois, certaines réalités restent difficiles à analyser. C'est le cas des MH, de par leur caractère dynamique. En effet, ces derniers sont sensibles à leur environnement ce qui les amène à varier temporellement et spatialement (Fournier et al., 2007).

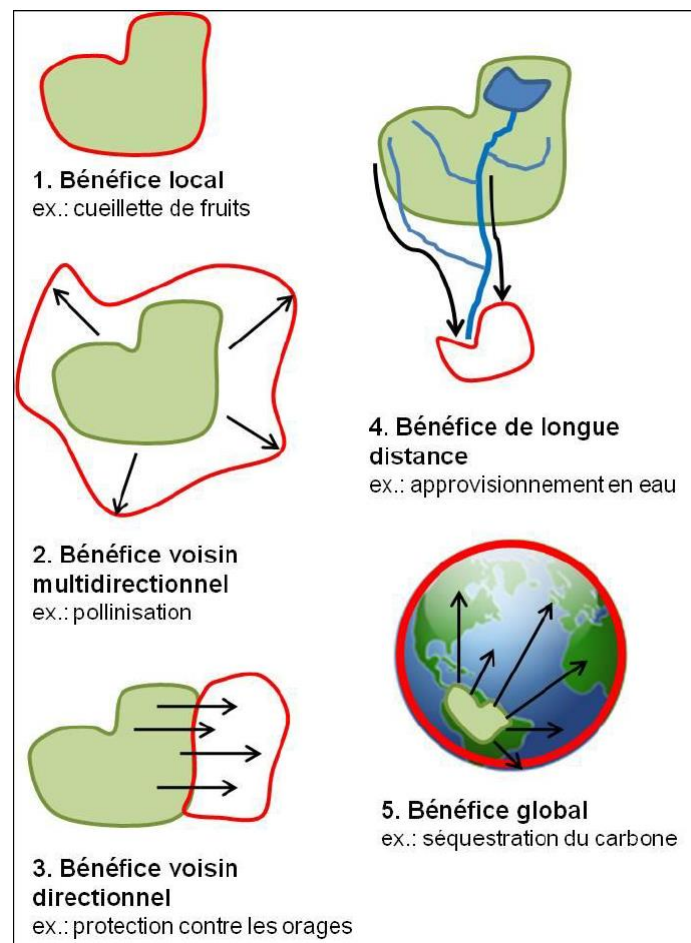


Figure 5. Les flux de services écologiques
(source : Cimon-Morin et al., 2013 - traduit de l'anglais par Jérôme Cimon-Morin)

Un bon exemple de ce que peut prendre en considération un SIG est la variation spatiotemporelle entre la production et la demande. Pour illustrer ceci, prenons les services écologiques produits par un MH. Les êtres humains pourront bénéficier de ces services écologiques, à condition qu'ils soient accessibles. On parle alors de « flux de services écologiques ». Celui-ci engendre des contraintes pour l'aménagement du territoire, puisqu'il est difficilement mesurable. Un logiciel SIG peut alors prendre en compte les différentes variables et données nécessaires à la quantification de ce flux de service (figure 5), permettant ainsi une meilleure compréhension du phénomène par les gestionnaires du territoire.

2.2.1 Méthode d'analyse

Au Québec, plusieurs études tentent de cibler les MH d'intérêt pour la conservation et de créer des réseaux de conservation sur la base des fonctions écologiques (Lebel, 2015). Les analyses permettent une réflexion territoriale et une optimisation des efforts de conservation. Les deux méthodes abordées dans le cadre de ce document sont la planification systémique par réseau de conservation et l'approche multicritère.

La planification systémique de conservation permet de sélectionner les milieux d'intérêt pour la conservation suivant un concept de complémentarité (Margules et Pressey, 2000; Kukkala et Moilanen, 2013). Des algorithmes de sélection permettent le développement d'un réseau de conservation complémentaire. L'unité d'analyse est centrée sur le réseau plutôt que sur le milieu lui-même. Ainsi, les meilleurs milieux pour chaque critère distinct sont sélectionnés pour former le réseau le plus efficace et exhaustif (tableau 1). Des logiciels spécialisés dans la planification de réseau de conservation doivent être utilisés comme *Marxam*. L'utilisation de ces logiciels nécessite une certaine expertise ce qui ne répond pas aux objectifs opérationnels identifiés à la section 1.3.2. Ainsi, ce type d'analyse a été écarté pour le présent essai.

L'approche multicritère sélectionne les milieux d'intérêt selon plusieurs critères mesurés à partir d'indicateurs spatiaux (Mendoza et Martins, 2006). Cette méthode sélectionne les milieux ayant un « score » moyen le plus élevé pour tous les critères (tableau 1). Un facteur de pondération peut être appliqué à certains critères qui sont jugés plus importants dans l'analyse globale. Cette pondération assure une prise en compte des besoins d'un territoire et permet de cibler le ou les critères plus importants. Cette approche est appliquée avec les SIG et sera celle utilisée dans ce projet.

Tableau 1. Comparaison fictive entre l'approche multicritère et la planification systémique pour la sélection de milieux humides d'intérêt

	Rétention des eaux	Support à l'habitat	Séquestration du carbone	Total
MH 1	10	0	0	10
MH 2	0	6	5	11
MH 3	0	8	2	10
MH 4	3	6	3	12
MH 5	2	2	9	13

☒ Réseau de conservation
 ☐ Approche multicritère

2.2.2 Critères de priorisations

La sélection des critères de priorisations pour l'analyse quantitative des fonctions écologiques est un défi considérant qu'ils en existent une panoplie dans la littérature scientifique. Il est important d'éviter la redondance des différents paramètres afin de prévenir la surestimation d'une fonction écologique. Des méthodes de sélection des critères sont nécessaires pour baliser la quantification de ces fonctions. La sélection des critères peut être effectuée selon plusieurs méthodes, notamment l'approche hydrogéomorphologique (HGM) et l'approche de l'intégrité écologique des MH. L'approche HGM s'appuie sur des critères de priorisations mesurant les fonctions hydrologiques et biogéochimiques des MH comme la capacité de rétention et de filtration. L'approche de l'intégrité écologique introduit les critères de biodiversité mesurant la capacité de support des écosystèmes et la diversité biologique. Les deux approches utilisées permettent une sélection de critères distincts mesurant des phénomènes différents. Les différentes approches limitent la redondance des critères et, par le fait même, compressent l'information dans un nombre de critères réduits. La sélection des critères nécessite une analyse statistique rigoureuse. Une analyse de sensibilité est réalisée par l'entremise d'analyses de corrélation et d'analyses en composantes principales des différents critères (Varin, 2013).

2.2.2.1 Choix des critères

Dans le cadre de cet essai, seuls les critères de biodiversité sélectionnés dans les travaux de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* (Jobin et al., 2018) seront utilisés pour répondre aux objectifs. Les approches de priorisations des

critères et les analyses statistiques ont été préalablement réalisées par l'Atlas. Les critères utilisés sont les suivants : la productivité primaire, la diversité végétale, la taille et la naturalité de la zone tampon (figure 6). Il faut également mentionner que les critères définis sont en fait des méta-critères qui seront influencés par plusieurs variables. Les variables sont définies comme des indicateurs spatiaux ou descriptifs qui nécessitent l'utilisation des SIG.

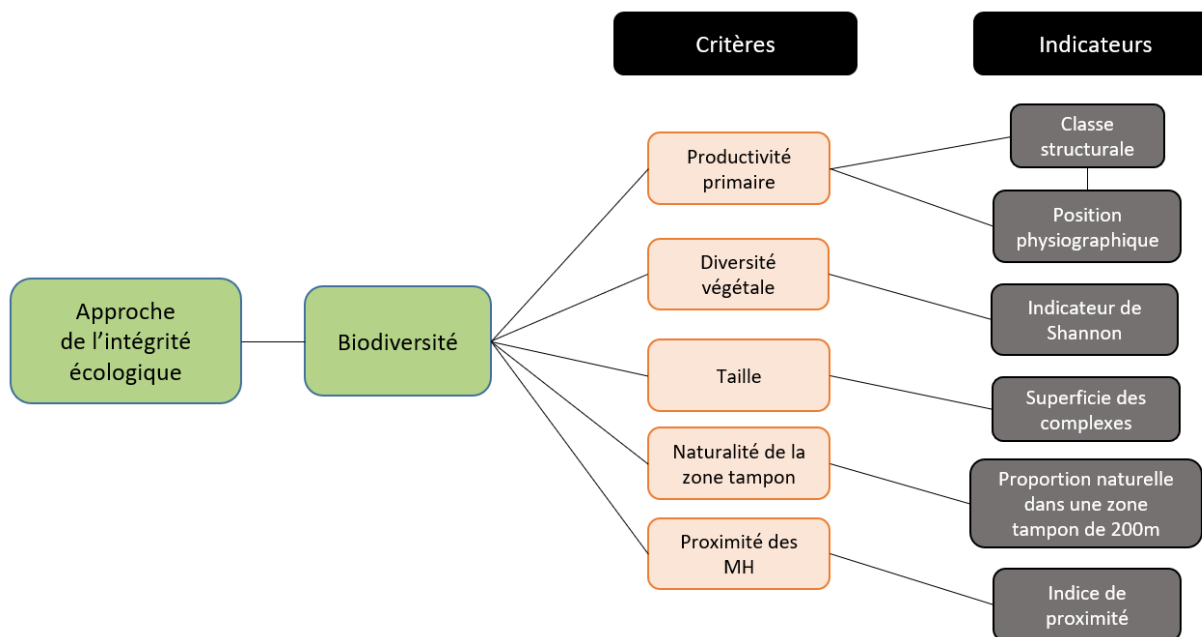


Figure 6. Schéma des critères de priorisations et de leurs indicateurs spatiaux retenus dans l'Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent

2.2.3 Critères et indicateurs spatiaux

Les indicateurs spatiaux sont des mesures directes ou indirectes (proxy) d'un phénomène. Les mesures directes (données primaires) pour quantifier des critères mesurant des fonctions écologiques sont quasi inexistantes. Par conséquent, les différentes méthodes d'analyse doivent passer par des proxys pour évaluer les processus biologiques. Dans cette section, la relation entre les critères de biodiversité et les indicateurs (proxys) utilisés pour quantifier ces critères est expliquée.

2.2.3.1 Productivité primaire

La productivité primaire est la capacité de l'écosystème humide à produire de la biomasse (Lavoie et al., 2016). La productivité primaire des MH est influencée par la classe structurale du MH et l'interaction de celui-ci avec le milieu hydrique. Les indicateurs utilisés pour quantifier la

productivité des écosystèmes humides sont donc les classes de MH et la position physiographique.

2.2.3.1.1 Classification des milieux humides

Il existe de nombreuses façons de classer les milieux humides. De même, il est possible de diviser les milieux humides en un nombre considérable de classes structurales différentes. Aux fins de cet essai-projet, la classification sera basée sur celle des cinq grandes classes du *Système de classification des terres humides du Canada* décrites dans le tableau 2 (GTNTH, 1997).

Tableau 2. Caractérisation selon l'hydrologie, le sol et la végétation des cinq classes de milieux humides (source : Sarah-Claude Lachance, 2017)

Milieux humides	Caractéristiques
Marais	Le niveau d'eau est très variable avec des inondations permanentes ou par intermittence.
	Le substrat est saturé d'eau, il y a accumulation de matière organique.
	La végétation est émergente (plantes aquatiques et herbacées) avec une présence d'arbustes et d'arbres (recouvrement <25%).
Marécage	L'eau est stagnante avec des inondations saisonnières ou périodiques.
	Le sol est minéral (gleysol) ou organique (tourbe autre que de sphaigne).
	La végétation est dominée par les arbustes et les arbres (<25%).
Eau peu profonde	Le niveau d'eau de surface est d'une profondeur <2m.
	Le substrat est saturé d'eau avec des dépôts de sédiments. Inclut les cuvettes, étangs et les zones littérales.
	La végétation est émergente, submergée ou flottante avec au plus 25% d'arbustes et d'arbres.
Tourbière minérotrophe (fen)	Les précipitations et les eaux d'écoulement (souterraines et de surface) sont les sources d'eau. Nappe phréatique au niveau de la surface du sol.
	Accumulation de matières organiques (la production est supérieure à la décomposition). Le sol est mal drainé avec pH>4.
	La végétation est dominée par les plantes herbacées et les mousses. Présence facultative d'arbustes et d'arbres.
Tourbière ombotrophe (bog)	Les précipitations sont l'unique source d'eau. Nappe phréatique au niveau de la surface du sol.
	Accumulation de matière organique (la production est supérieure à la décomposition). Le sol est mal drainé et est acide (pH<4).
	La végétation est dominée par les mousses de sphaignes. Présence facultative d'arbuste et d'arbres.

Cette classification des MH s'appuie sur la composition végétale des milieux, sur son interaction avec le milieu hydrique et les types de sols. Il demeure que cette classification est de nature statique et que l'application des différents facteurs de différenciation sur le terrain est plus nuancée (figure 7).

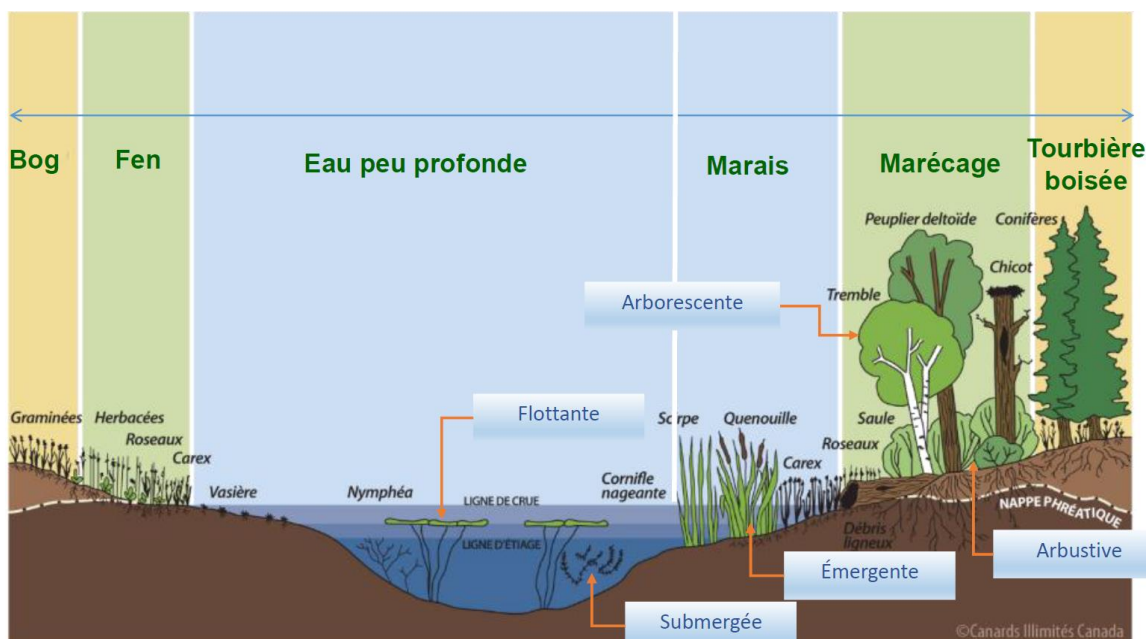


Figure 7. Types de milieux humides de la cartographie détaillée de Canard Illimités Canada (CIC)
(source : CIC, modifié par Guillaume Daigle, 2018)

Les classes de MH composés de plantes annuelles à croissance rapide comme les marais ont une productivité primaire supérieure aux autres classes. Les classes de MH avec des structures arborescentes comme les marécages et les tourbières boisées ont quant à eux une productivité primaire supérieure aux MH ouverts (tourbières fen et bog) en raison de la croissance annuelle des arbres. Il est important de mentionner que les tourbières bog sont composées majoritairement de sphaignes et d'éricacées (Beaulieu et al. 2014) qui sont des plantes avec un taux de croissance faible.

2.2.3.1.2 Positionnement physiographique

La position physiographique (PP) représente la relation entre le réseau hydrographique et le MH. Les fonctions écologiques des MH sont influencées par l'emplacement de celui-ci dans le bassin versant et par le type de connexions au réseau hydrographique. La position physiographique définit comment les MH interagissent avec le réseau hydrographique. Selon le Système

d'évaluation des milieux humides de l'Ontario, il existe quatre positions physiographiques : riverain, lacustre, palustre et isolé (voir figure 8).

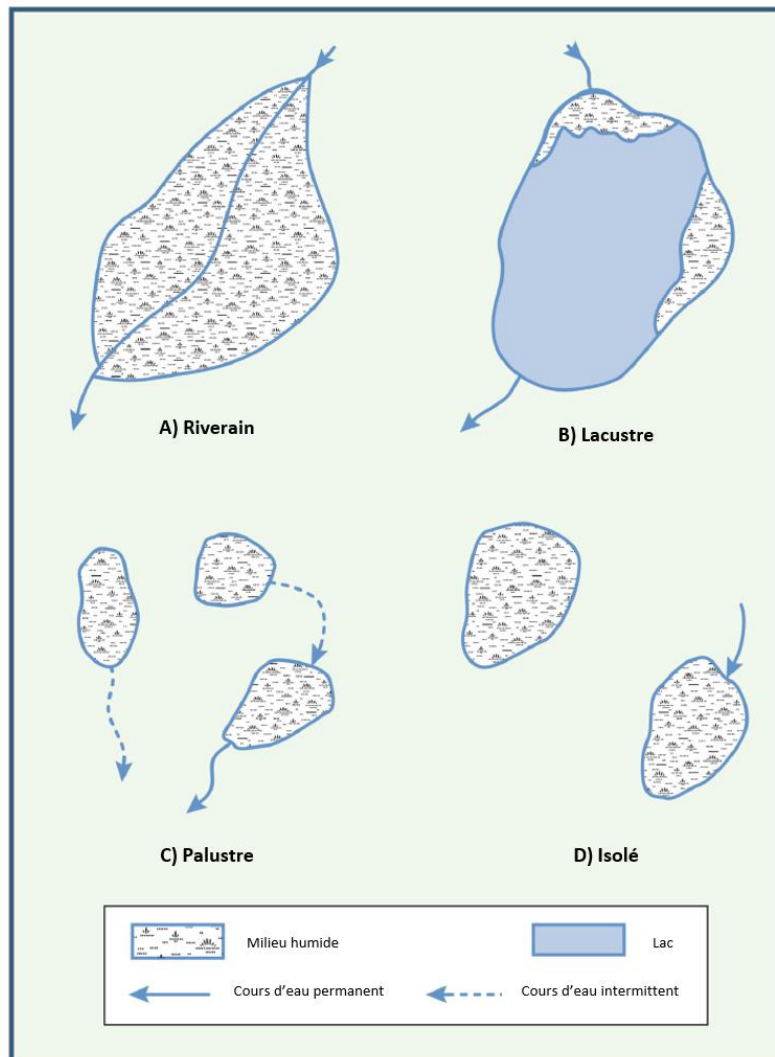


Figure 8. Les différentes positions physiographiques d'un milieu humide.
(traduit de : Ontario Ministry of Natural Resources, 2014)

Les MH riverains sont ceux situés sur le bord d'une rivière. Les MH lacustres se retrouvent sur le bord d'un lac. Les MH palustres sont généralement situés en tête de bassins versants. Ils se situent entre l'absence d'un cours d'eau ou un cours d'eau intermittent **et** un cours d'eau intermittent ou permanent (encadré 4). Enfin, les MH isolés n'ont pas de tributaires visibles. Ils reçoivent leur eau par la pluie, les écoulements diffus ou souterrains (Ontario Ministry of Natural Resources, 2014). Les milieux isolés et palustres ont par définition un apport en eau inférieur aux milieux riverains et lacustres. Au Québec, il est possible d'ajouter une catégorie reliée au fleuve

Saint-Laurent (riverain-fleuve), puisque le fleuve abrite des habitats différents des autres types de cours d'eau.

Encadré 4. Différence entre cours d'eau permanent et intermittent

Cours d'eau permanent : « Cours d'eau qui coule en toutes saisons, pendant les périodes de forte pluviosité comme pendant les périodes de faible pluviosité ou de sécheresse (p.8) ».

Cours d'eau intermittent : « Cours d'eau ou partie d'un cours d'eau dont l'écoulement dépend directement des précipitations et dont le lit est complètement à sec à certaines périodes. Il ne faut pas considérer comme intermittent un cours d'eau dont les eaux percolent sous le lit sur une partie du parcours (p.9) ». (Source : Michaud, 2010)

La position physiographique influence grandement la productivité d'un milieu humide. Un MH relié au réseau hydrographique possède un apport en nutriment et oxygène externe permettant aux écosystèmes humides d'être plus productif en termes de production de biomasse (Hynes, 1970). Les milieux humides reliés au réseau hydrographique de surface abritent aussi une diversité florale et faunique riche. Au Québec, plusieurs plantes à statut précaire vivent dans ces écosystèmes (Ouranos, 2017). Cette biodiversité est fragile, puisque la faune et la flore y vivant sont souvent adaptées et spécialisées à des conditions de vie particulières (Denny, 1994).

2.2.3.2 Diversité végétale

La diversité végétale est définie comme la richesse spécifique d'espèces dans un milieu et la répartition relative de ces espèces (Magurran, 1988). Une analyse de la diversité végétale des complexes de MH à une échelle macroscopique nécessite l'utilisation d'un indicateur de diversité. L'inventaire floristique n'est pas adapté à grande échelle. Le concept d'association végétale affirme que les communautés végétales s'adaptent aux caractéristiques physiques d'un habitat. Le postulat est donc que plus il y a de types de MH dans un complexe, plus les végétaux présents seront adaptés aux différentes conditions et plus la diversité végétale sera élevée.

L'indicateur de diversité utilisé est l'indice de Shannon. Cet indice est une mesure d'entropie, ce qui correspond à la mesure d'un degré de désordre d'un système. De manière plus adaptée à la biodiversité, il permet de mesurer l'hétérogénéité spatiale des complexes de MH en utilisant la proportion que prend chaque type de MH dans un complexe. Une valeur élevée de l'indicateur de Shannon rapporte à un complexe ayant une diversité intrinsèque élevée. En effet, on note la

présence de plusieurs types de MH dans ce complexe. De plus, la proportion de chaque type sera également uniforme et aucune prépondérance d'un type de MH ne sera observée.

2.2.3.3 Taille

La taille d'un MH est généralement reliée à la biodiversité présente dans ce même MH (Schweiger et al., 2002). Par exemple, un MH de grande taille est plus susceptible de se conserver à long terme ou d'offrir un habitat fonctionnel à un plus grand nombre d'espèces (Joly et al., 2008).

2.2.3.4 Naturalité de la zone tampon

La naturalité de la zone tampon permet également de quantifier la biodiversité d'un MH. Plus un MH est situé dans un milieu naturel et plus il est pérenne et d'intérêt pour la conservation (Joly et al., 2008). De plus, cela aide le MH à remplir son rôle de refuge pour la faune et la flore (Roe et al., 2007). Inversement, une zone tampon dominée par des activités anthropiques pose un risque significatif pour la biodiversité du MH (Findlay et al., 1997).

2.2.3.5 Proximité

La proximité des milieux naturels entre eux est un des critères pouvant influencer la biodiversité. La fragmentation et l'isolement des milieux naturels provoqué par les activités anthropiques peut impacter négativement la biodiversité (Saunders et al., 1991). Par exemple, l'isolement des milieux naturels réduit les taux de dispersion et d'immigration de nouvelles espèces (Debinski et Holt, 1999). Ainsi, il est possible de quantifier la distance séparant les milieux humides pour avoir une idée de leur proximité entre eux sur le territoire. Toutefois, ce critère n'a pas été retenu dans le cadre de ce projet.

3 - Méthodologie

La méthode d'analyse utilisée est l'approche multicritère, car elle est accessible et grandement utilisée au Québec. L'analyse multicritère est appliquée de manière « partielle » considérant que les différents indicateurs ne sont pas additionnés entre eux pour obtenir un « score » global pour chaque complexe de MH. Ils sont plutôt traités de manière individuelle. Les critères de priorisations sont tirés de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* (Jobin et al., 2018).

3.1 Aires d'études

La méthodologie est appliquée sur le territoire du Québec méridional. Une divergence importante entre la qualité et l'accessibilité des données existe sur un territoire aussi vaste. Cette disparité mène à une distinction territoriale claire entre les OBV dans les BTSL et ceux à l'extérieur des BTSL. Historiquement, la population québécoise s'est installée près du fleuve Saint-Laurent, créant ainsi une concentration des données sur le territoire des BTSL. La démarche produite dans le cadre de cet essai doit être reproductible sur le territoire très hétérogène du Québec méridional. En effet, les objectifs de conservation pour les MHH devront être développés par tous les OBV, et cela même si les données les plus précises ne sont pas disponibles sur l'ensemble du territoire. La figure 9 présente les zones de gestion intégrée de l'eau dont la méthodologie doit être appliquée et la proportion qu'occupent les BSTL (en rouge) en comparaison avec l'ensemble du Québec méridional. De manière générale, différentes sources de données peuvent être introduites dans l'outil selon la précision des données disponibles dans l'aire d'étude.

L'outil est testé pour la zone de gestion intégrée de l'eau de l'OBV Charlevoix-Montmorency. La zone hydrique Charlevoix-Montmorency est située dans la région administrative de la Capitale-Nationale et se situe sur les rives du fleuve de la ville de Québec jusqu'à l'embouchure de la rivière Saguenay pour une superficie totale de 6850 km² (figure 10). La zone contient 7 bassins versants, soit la rivière Montmorency, Sainte-Anne du Nord, du Gouffre, Jean-Noël, Malbaie, Noire et aux Canards. Il y a également 86 bassins résiduels qui se jettent directement dans le fleuve Saint-Laurent (OBV-Charlevoix-Montmorency, 2014).

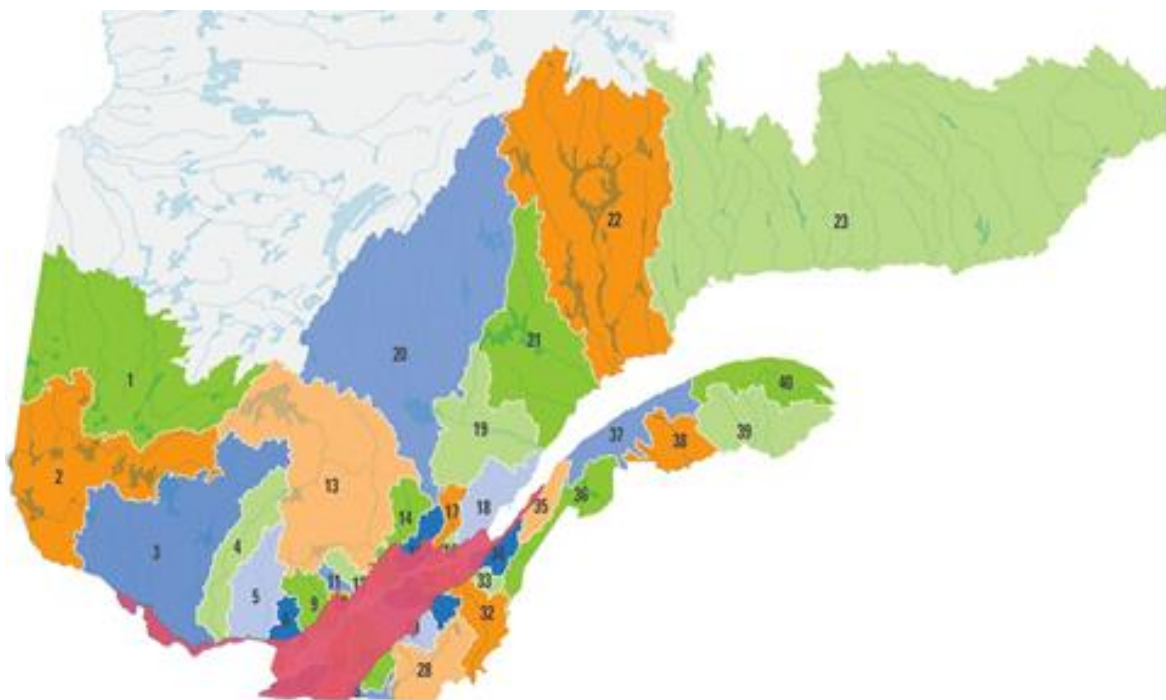


Figure 9. Zones de gestion intégrée de l'eau par bassin versant au Québec
(source : modifié de robvq.qc.ca)



Figure 10. La zone de gestion intégrée de l'eau de l'OBV Charlevoix-Montmorency
(tiré du plan directeur de l'eau : OBV Charlevoix-Montmorency, 2014)

3.2 Analyse géomatique

3.2.1 Logiciel de géomatique utilisé

Afin de répondre aux besoins des OBV qui désirent avoir un outil simple et efficace, le logiciel utilisé est QGIS. Ce dernier est libre d'accès, ce qui permet de créer des outils de façon autonome ou de parrainer le développement d'un outil en particulier. QGIS est en constante évolution et est désormais comparable à ArcGIS, le chef de file dans l'univers de la géomatique. Finalement, QGIS fonctionne aussi bien sur Windows que sur MacOS et Linux.

3.2.2 Automatisation

L'automatisation facilite la prise en main pour les gens étant moins familiers avec la géomatique. Celle-ci est possible grâce au modèleur graphique de QGIS. Ce dernier permet d'enchaîner des opérateurs spatiaux sur une même plateforme et de sauvegarder la suite de traitement automatisée dans un fichier « modèle » (étape 3 sur la figure 11). Il devient alors possible de créer un outil similaire à ceux présents par défaut sur le logiciel, mais complètement optimisé pour nos besoins.

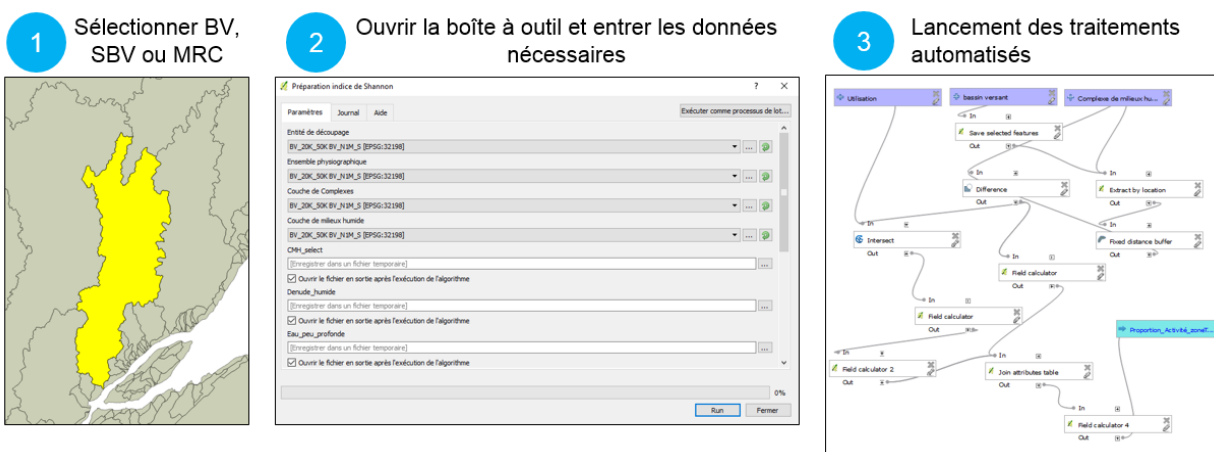


Figure 11. Exemple d'une séquence d'automatisation sur QGIS

3.2.3 Analyse multicritère

L'analyse multicritère permet d'expliciter une famille cohérente de variables afin de rendre plus compréhensibles la complexité et le dynamisme des MH. Elle aide à évaluer plusieurs options et à concilier les nombreux aspects de l'aménagement territorial. Ceci permettra d'introduire

l'approche par bassin versant et d'assurer la reproductibilité de la démarche à l'extérieur des BTSL. Pour ce faire, il y aura une standardisation des indicateurs sélectionnés suivis d'une classification par la méthode de bris naturel.

3.2.3.1 Unités d'analyse

Le complexe de milieux humides (CMH) est l'unité d'analyse la plus petite et se définit comme le regroupement des MH contigus ou distants de 30 mètres et moins (Beaulieu et al. 2014). Les CMH peuvent donc être composés de plusieurs types de MH. Ces différents types de MH seront considérés comme une même entité en raison de leur interrelation spatiale. L'échelle du CMH permet une meilleure représentation de l'écosystème humide (figure 12).

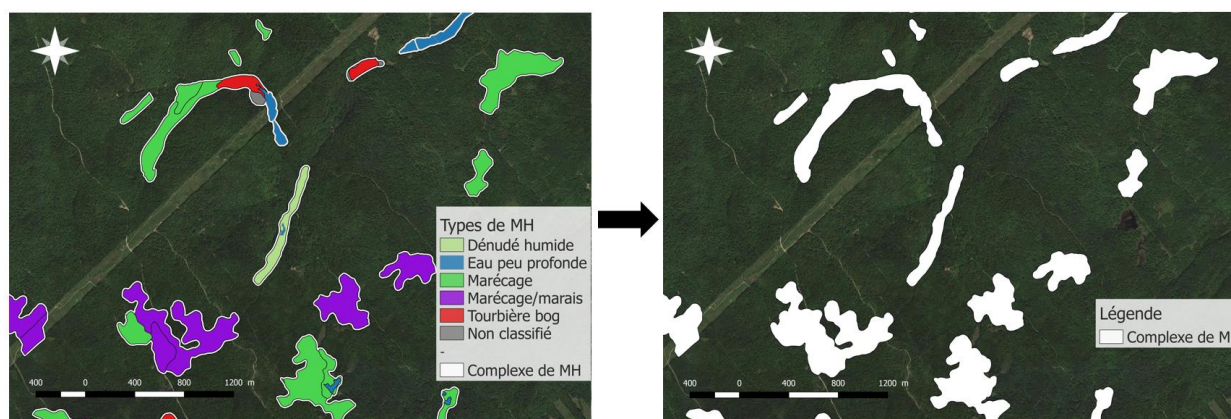


Figure 12. Unité d'analyse des milieux humides

3.2.3.2 Unité de comparaison

Afin de pouvoir comparer les résultats pour toute la zone occupée par un OBV, il est nécessaire de définir une unité de comparaison. Le Cadre écologique de référence du Québec (CERQ) est une couche de données de classification écologique à plusieurs échelles qui regroupe les différents territoires selon les caractéristiques physiques de celui-ci (relief, type de sol, etc.). Les caractéristiques physiques d'un territoire ont un impact sur les propriétés des MH. Par exemple, une tourbière située dans la péninsule d'Ungava n'aura pas les mêmes caractéristiques qu'une tourbière située dans les Appalaches (CRECQ, 2012). Pour cet essai-projet, l'unité de comparaison utilisée est le district écologique (niveau 4), car il représente un niveau de perception acceptable pour la gestion intégrée de l'eau par bassin versant et les analyses de biodiversité (tableau 3). Le district écologique permet de comparer entre eux des CMH ayant des

caractéristiques similaires au sein du même district (figure 13). Ceci permet de ne pas discriminer des MH ayant des « scores » plus faibles imposés par les particularités du milieu.

Tableau 3. Résumé de différents paramètres selon différents niveaux du cadre écologique de référence (MDDELCC, 2018e)

Niveau de perception	Échelle d'analyse	Variables prépondérantes	Applications
Niveau 1 Province naturelle	Moins de 1/5 000 000 10^5 km^2	Tectonique des plaques	Provinciales
Niveau 2 Région naturelle	1/1000000 à 1/5 000 000 10^4 km^2	Géologie régionale Relief	Stratégie québécoise sur les aires protégées
Niveau 3 Ensemble physiographique	1/250000 à 1/500 000 10^3 km^2	Géologie régionale Relief Géomorphologie majeure	
Niveau 4 District écologique	1/100000 à 1/25 0000 10^2 km^2	Relief Géomorphologie régionale	
Niveau 5 Ensemble topographique	1/50 000 à 1/1 000 000 10^1 km^2	Complexes de formes de terrain	Régionales Analyses des paysages pour l'aménagement Analyses de la biodiversité Gestion intégrée de l'eau par bassin versant
Niveau 6 Entités topographiques	1/20 000 à 1/50 000 10^0 km^2	Formes simples de terrain	Locales Sentier de moindre impact environnemental pour la circulation des VHR
Niveau 7 Éléments topographiques	Moins de 1/20 000 10^{-1} km^2	Position topographique	Habitats potentiels

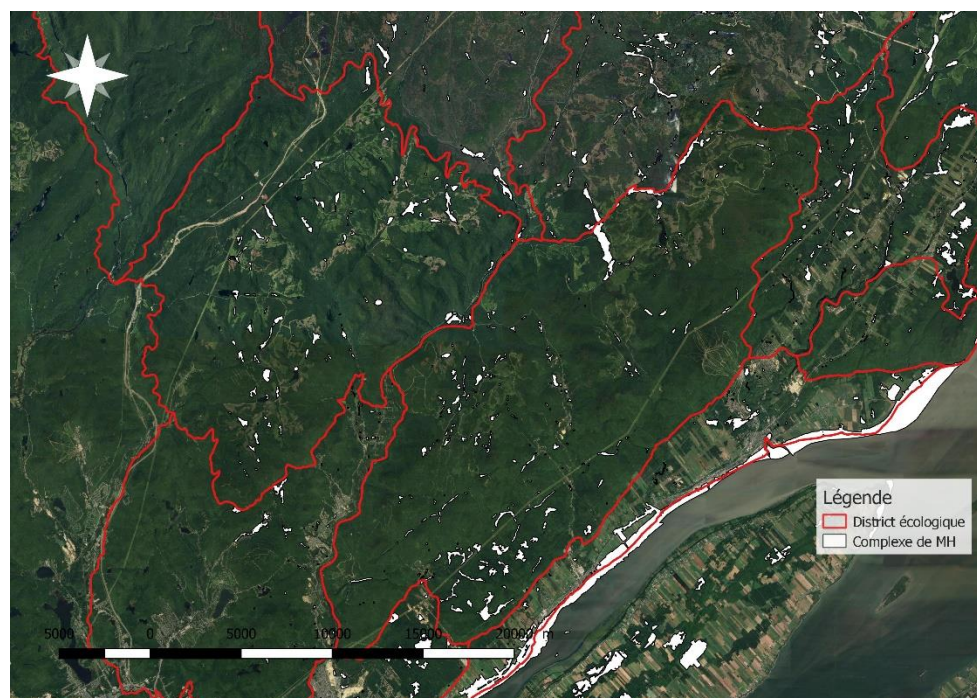


Figure 13. Exemple d'unité de comparaison (district écologique) pour la ZGIEBV Charlevoix-Montmorency

3.2.3.3 Standardisation

Pour permettre la création de cartes thématiques représentant les résultats produits par l'outil, il est nécessaire de standardiser à deux échelles différentes. La standardisation permet d'ajuster des valeurs afin de pouvoir les comparer entre elles à l'aide de transformations mathématiques. La première échelle est représentée par l'ensemble du territoire occupé par l'OBV en question et sert à poser un diagnostic plus général de la situation, notamment où se situe les forces et faiblesse sur territoire. La deuxième échelle, plus précise, est découpée par les districts écologiques présents sur le territoire de l'OBV et assure une prise en compte des contextes territoriaux (échelle d'intervention). Pour ce faire, la méthode de Legendre et Legendre (1998) a été utilisée. Les données sont donc standardisées selon un rang compris entre 0 et 1 sur deux échelles différentes avec la formule suivante :

$$Rang_{\alpha} = \frac{x_{\alpha} - \min(x_{\alpha})}{\max(x_{\alpha}) - \min(x_{\alpha})}$$
$$\alpha = k, j$$

x_{α} représente la mesure d'une variable pour une entité.

α possède deux échelles (k : échelle d'intervention et j : échelle diagnostique).

La standardisation est appliquée à deux échelles, soit l'échelle diagnostique j (ZGIEBV) et l'échelle d'intervention k (district écologique). Par exemple, un CMH peut avoir pour un indicateur un « score » faible à l'échelle de la zone intégrée de l'eau, mais au contraire avoir un « score » élevé à l'échelle du district écologique (figure 14).

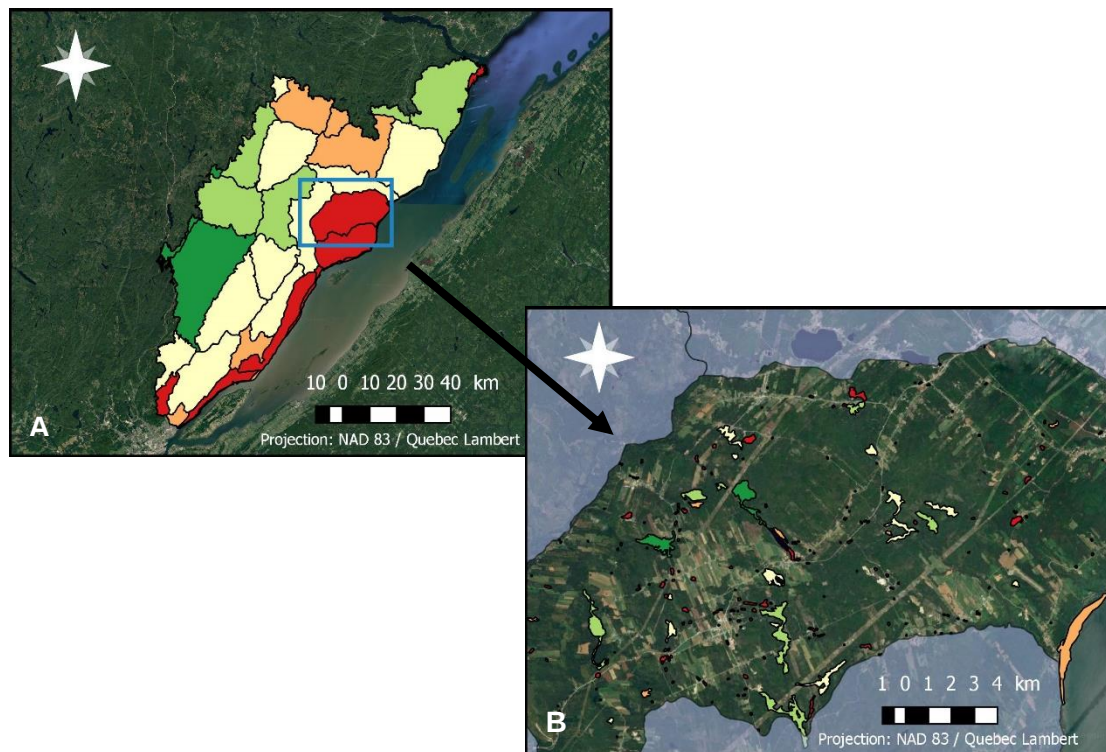


Figure 14. Standardisation à l'échelle du diagnostic (A) et à l'échelle d'intervention (B)

3.2.3.4 Classification (bris naturel)

La méthode de discrétisation du bris naturel permet de classer les résultats afin d'en faciliter l'interprétation. Sous QGIS, elle se trouve dans l'onglet symbologie des propriétés de la couche. Il suffit de déterminer le nombre de classes et le logiciel effectuera alors l'algorithme du bris naturel (Jenks et Caspall, 1971). Celui-ci permet de repérer les classes ayant les données les plus homogènes et distinctes des autres classes. Il diminue la variance intraclasse et maximise la variance interclasse. Toutefois, il est important de définir un nombre suffisant de classes pour éviter de généraliser le résultat (CRECQ, 2012). Le nombre de classes utilisé pour l'affichage cartographique des critères est de 5 (tableau 4).

Tableau 4. Exemple de résultats avec la classification par bris naturel
(modifié de CRECQ, 2012)

Classes	Valeurs	Nombre de CMH	Superficie totale (ha)
Très bon	0,41 à 1	401	40 001
Bon	0,33 à 0,41	2567	9804
Moyen	0,26 à 0,32	899	4053
Faible	0,21 à 0,25	543	1345
Très faible	0 à 0,2	244	467

3.2.3.5 Analyse spatiale

Cette section présente les indicateurs spatiaux utilisés pour évaluer les différents critères de biodiversités. Les valeurs de références sélectionnées dans le cadre de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* ont été utilisées pour structurer l'outil (Jobin et al., 2018). À cela s'ajoutent celles du mémoire de Mathieu Varin (2013) concernant la *cartographie de trois fonctions écologiques des milieux humides à l'aide d'indicateurs spatiaux dans un contexte d'aide à la décision* ainsi que celles du *Système d'évaluation des milieux humides de l'Ontario* (2014).

3.2.3.5.1 Critères de biodiversité

3.2.3.5.1.1 Productivité primaire

La productivité primaire varie selon la position physiographique et la classe structurale tel que présenté à la figure 15. La productivité primaire nette moyenne par classe de MH est octroyée par une méthode de transfert de bénéfice. Les valeurs de référence (tableau 5) sont tirées de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* et ne sont donc peut-être pas adaptées pour l'ensemble du Québec méridional.

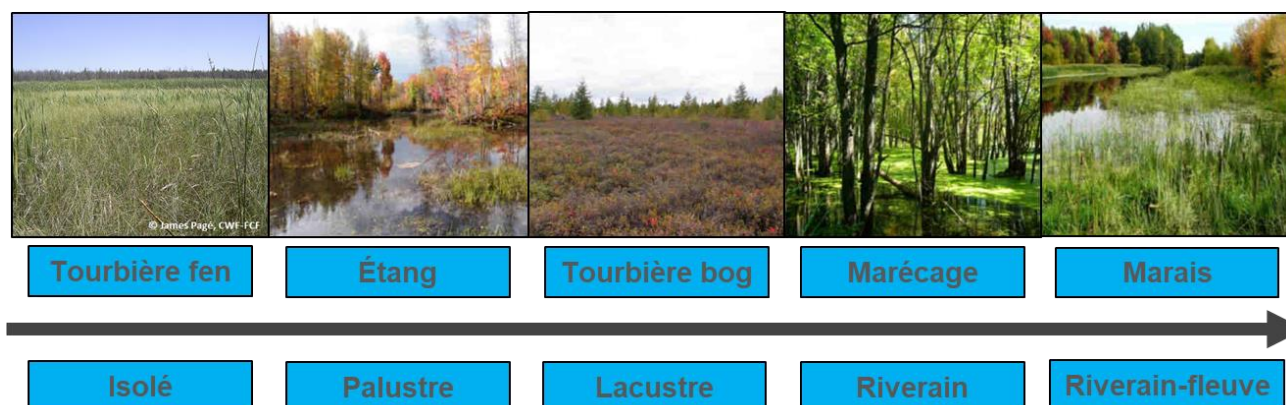


Figure 15. Gradient de l'intensité de la productivité primaire selon la classe structurale et la position physiographique
(source photos : MDDELCC, 2018)

Le calcul de l'indice de productivité primaire s'effectue selon l'équation et le tableau suivant :

$$Pr_{\alpha}^* = \frac{1}{I} \sum_i^I Pr_{i\alpha}^* = \frac{1}{I} \sum_i^I \left[PP_{\alpha} \times \sum_{z=1}^Z Pz_{i\alpha} \times N_z \right]^*$$

$z = 1, 2, \dots, Z$ et $i = 1, 2, \dots, I$
 $\alpha = k, j$

Où :

* : Données standardisées, comme vu à la section 3.2.3.3

z : Classes structurales différentes de MH à l'intérieur d'un complexe i

Pr : Valeur du critère de productivité primaire pour le complexe i situé dans l'unité d'analyse α .

k : Échelle d'intervention (district écologique)

j : Échelle diagnostique (ZGIEBV)

PP : Valeur de la position physiographique pour le complexe i

Pz : Proportion occupée la classe structurale z dans le complexe i

N : Productivité primaire nette de la classe structurale z

Tableau 5. Valeurs de référence du type de MH et de la position physiographique pour le calcul de l'indice de productivité primaire

(Modifié de : *Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* (Jobin et al., 2018))

Productivité primaire nette (N)	Valeurs	Position physiographique (PP)	Valeurs
Marais	1034	Riverain-fleuve	5
Marécage	943	Riverain	4
Tourbière bog	449	Lacustre	3
Eau peu profonde	400	Palustre**	2
Tourbière fen	296	Isolé**	1
Dénudé humide et Non classifié*	-		

*Classes ajoutées dans le cadre de cet essai. La méthode par transfert de bénéfice n'a pas permis d'attribuer des valeurs de référence de productivité primaire nette à ces classes.

**Pour cet essai, les positions *Palustre* et *Isolé* sont dans la même catégorie avec une valeur de 1 dû à des difficultés géomatiques.

L'indice nécessite des données sur les MH présents sur un territoire, mais également une classification de ces milieux selon le Système de classification des terres humides du Canada. Afin de pouvoir arriver à la classification des MH (tableau 5), une méthode développée par Sarah-Claude Lachance (2017) intitulé : *Développement d'une approche de planification systématique de la conservation des milieux humides et de la sauvagine: étude de cas en Abitibi-Témiscamingue* fut modifiée et appliquée. La méthodologie consiste en une suite de requêtes géomatiques à partir de la table attributaire de la couche polygonale de peuplements forestiers de l'inventaire écoforestier du 4^e décennal. La couche de MH résultante possède une classification par type de MH d'une précision satisfaisante en comparaison avec la couche des MH potentiels du gouvernement où cette classification est inexistante. Une nouvelle classe, soit les milieux dénudés humides, est décelée. Ce sont des milieux semi-terrestres. Ces milieux correspondent à un mélange de différents écosystèmes. Par exemple, un mélange complexe de bog, fen et vieux marais de castor serait considéré comme un milieu dénudé humide. De plus, avec l'utilisation du 4^e inventaire écoforestier, la détection des MH d'une superficie inférieure à 1 hectare s'est améliorée en comparaison avec l'utilisation du 3^e inventaire (Lachance, 2017). Enfin, pour pallier l'absence de certains MH, la couche des MH potentiels est fusionnée à la couche nouvellement créée, ce qui laisse certains MH sans classification.

3.2.3.5.1.2 Diversité végétale

La diversité végétale est déterminée à l'aide de l'indice de Shannon basé sur l'abondance relative des classes structurales. Cet indice est une mesure d'entropie. Il permet de mesurer l'hétérogénéité spatiale des CMH en utilisant la proportion que prend chaque type de MH dans un CMH.

$$H'_{\alpha}^* = \frac{1}{I} \sum_i^I H'_{i_{\alpha}}^* = \frac{1}{I} \sum_i^I \left[- \sum_{z=1}^Z P_{z_i \alpha} \times \ln P_{z_i \alpha} \right]^*$$

$$\alpha = k, j \text{ et } i = 1, 2, \dots, I$$

$$z = 1, 2, \dots, Z$$

Où :

* : Données standardisées, comme vu à la section 3.2.3.3

H' : Mesure d'entropie pour le complexe i situé dans l'unité d'analyse α (Indice de Shannon).

k : Échelle d'intervention (district écologique)

j : Échelle diagnostique (ZGIEBV)

z : Classes structurales de MH à l'intérieur d'un complexe i

P_z : Proportion occupée la classe structurale z dans le complexe i

L'indice de Shannon est donc appliqué au CMH, mais il est mesuré à partir de la superficie de chaque classe de MH présent dans le complexe. Le CMH a, par définition méthodologique, une superficie plus élevée que la somme des superficies des différentes classes de MH composant le CMH. Le nombre de classes (Z) varie selon la classification des milieux humides utilisée pour l'analyse.

3.2.3.5.1.3 Taille

La superficie est corrélée positivement avec la diversité d'habitat et, par le fait même, avec la diversité végétale. Une transformation logarithmique est effectuée afin de normaliser la distribution des données.

$$T_{\alpha}^* = \frac{1}{I} \sum_i^I T_{i_{\alpha}}^* = \frac{1}{I} \sum_i^I [\log M_{i_{\alpha}}]^*$$

$$\alpha = k, j \text{ et } i = 1, 2, \dots, I$$

Où :

* : Données standardisées, comme vu à la section 3.2.3.3

T : Valeur du critère de taille pour le complexe i situé dans l'unité d'analyse α .

k : Échelle d'intervention (district écologique)

j : Échelle diagnostique (ZGIEBV)

M : Superficie d'un complexe i (m²)

3.2.3.5.1.4 Naturalité de la zone tampon

Le critère évalue la naturalité des occupations du territoire dans une zone tampon de 200 mètres. Une catégorisation des différentes utilisations est nécessaire. Les catégories d'utilisation sont les suivantes : les milieux agricoles, les milieux forestiers, les milieux anthropiques, les milieux humides, les milieux aquatiques, les secteurs de coupe forestière et de régénération, les sols nus ainsi que les secteurs non classifiés. Une valeur de référence évaluant la naturalité est octroyée pour chaque catégorie (figure 16).

$$ZT_{\alpha}^* = \frac{1}{I} \sum_i^I ZT_{i_{\alpha}}^* = \frac{1}{I} \sum_i^I \left[\sum_{u=1}^U (Pu_{i_{\alpha}} \times Nat_u) \right]^*$$

$u = 1, 2, \dots, U$ et $i = 1, 2, \dots, I$
 $\alpha = k, j$

Où :

* : Données standardisées, comme vu à la section 3.2.3.3

ZT : Valeur du critère de naturalité de la zone tampon pour le complexe i situé dans l'unité d'analyse α .

k : Échelle d'intervention (district écologique)

j : Échelle diagnostique (ZGIEBV)

u : Utilisations du territoire dans la zone tampon de 200 mètres d'un complexe i

Nat : Valeur octroyée pour la naturalité pour chaque utilisation du territoire

Pu : Proportion de chaque utilisation du territoire u dans la zone tampon de 200 mètres autour d'un complexe i

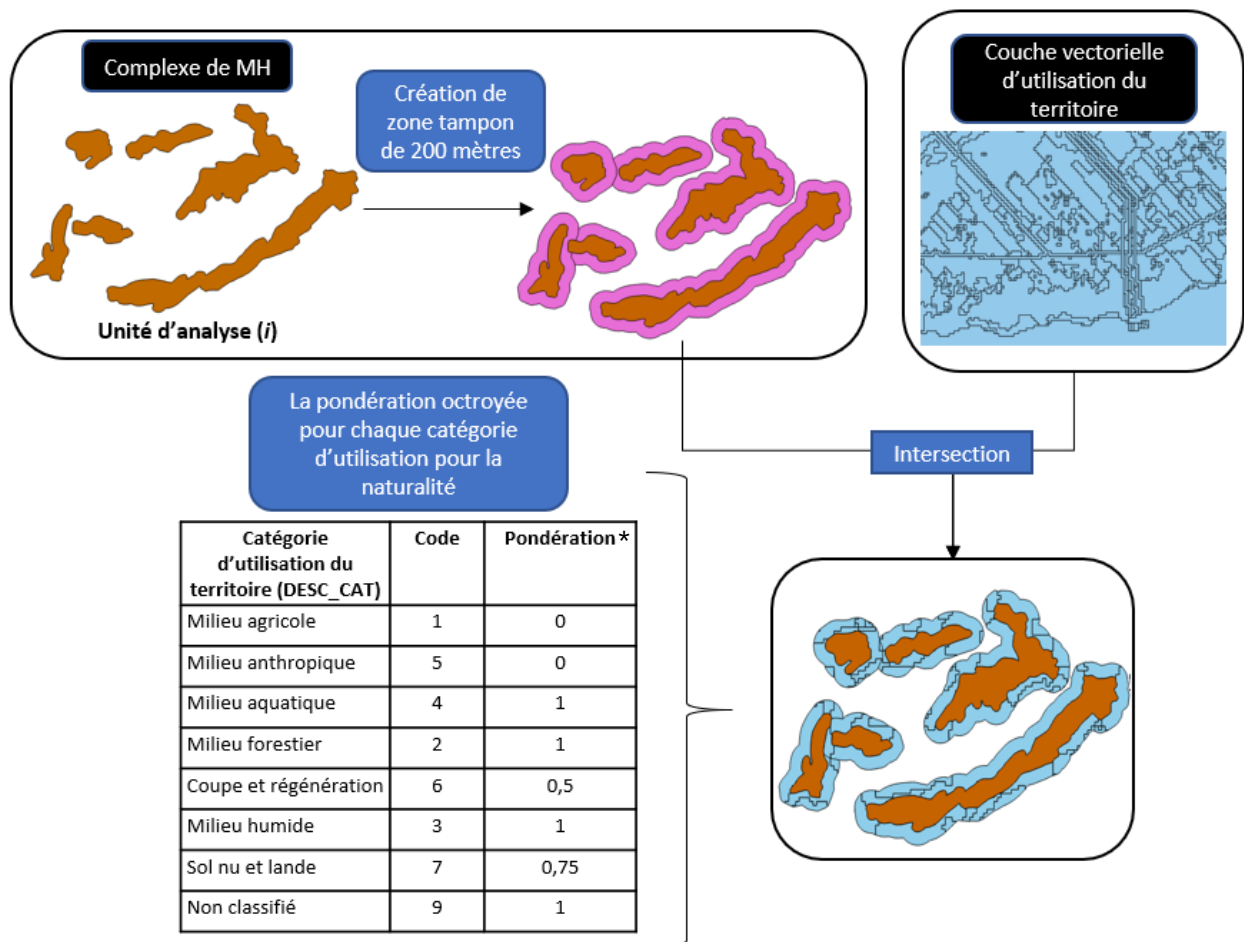


Figure 16. Schéma explicatif de la méthodologie du critère de naturalité de la zone tampon.

(*La pondération provient d'une réflexion logique des auteurs et n'est pas basée sur la littérature scientifique.)

4 - Base de données

La méthodologie nécessite l'utilisation d'une multitude de sources de données selon la localisation du territoire où la démarche est appliquée. L'arbre décisionnel permet de diriger les utilisateurs de la démarche dans la sélection des différentes données disponibles. En effet, l'arbre décisionnel définit les couches de données à utiliser selon la localisation du territoire (à l'intérieur ou à l'extérieur des BTSL) et selon les trois unités appliquées dans la méthodologie (de base, d'analyse et de comparaison). Il demeure que les couches de donnée peuvent être substitué par des couches données locales plus précises.

Un code de couleur est utilisé dans l'arbre décisionnel (figure 17 à la page suivante):

Jaune : Couche de données pour les territoires situés à l'intérieur des BTSL

Bleu : Couche de données pour les territoires situés à l'extérieur des BTSL

Vert : Critères de priorisations

Rouge : Annexe produite

Le code numéroté permet de mieux se référer au tableau 6 relatant la précision générale des différentes couches.

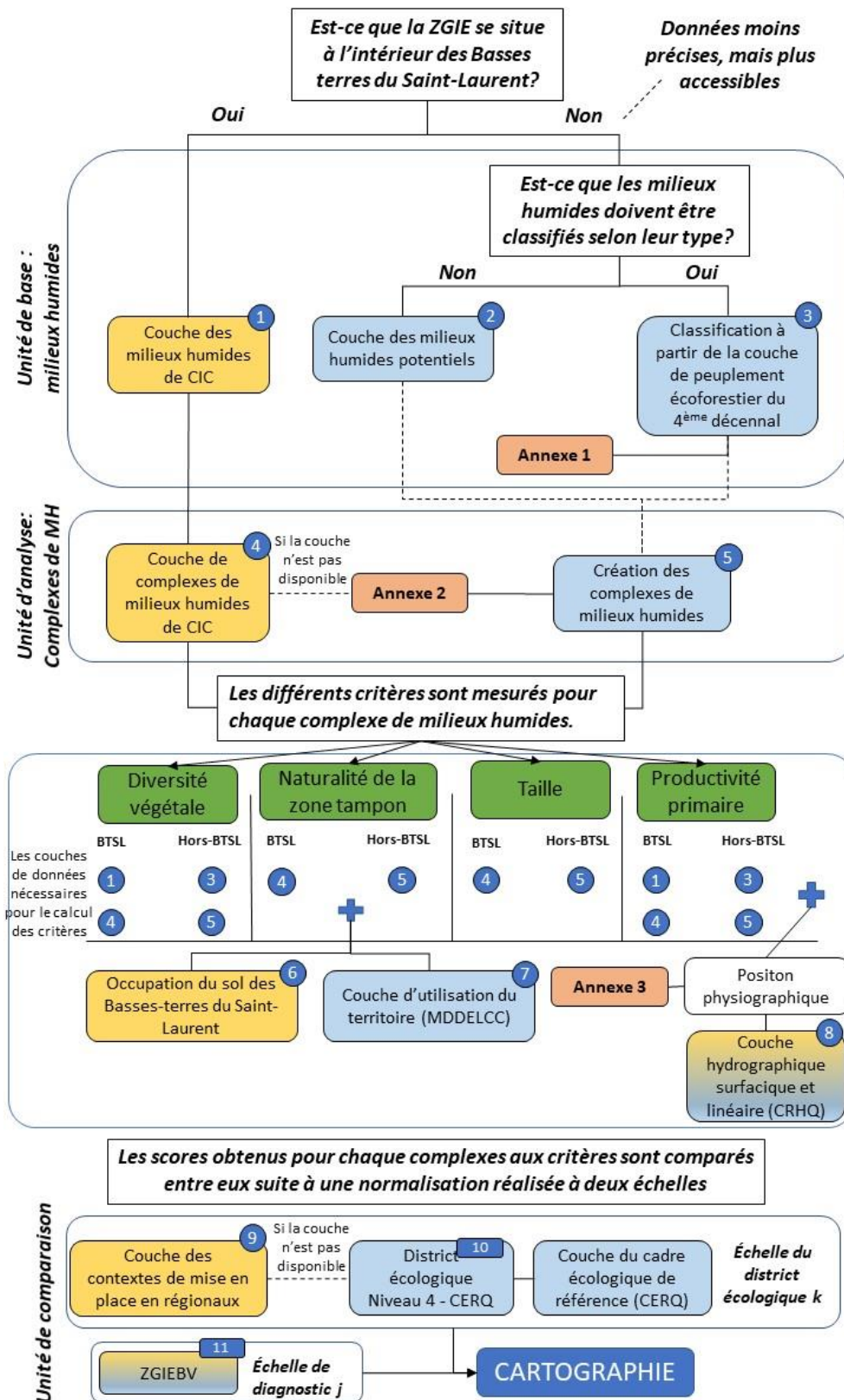


Figure 17. Arbre décisionnel définissant les sources de données disponibles

Tableau 6. Les couches de données et leur précision générale

#	Couche de données	Précision générale
1	Milieus humides détaillés de <i>Canards Illimités</i> .	L'unité cartographique minimale est de 0,3 à 0.5 ha selon les régions (Pellerin et Poulin, 2013). La méthode utilisée est plus exacte que la couche des milieux humides potentiels et comprend les types de milieux humides.
2	Milieus humides potentiels (MDDELCC)	Produit selon l'agglomération de quatre couches produites par photo-interprétation. L'unité cartographique minimale est de 0,2 ha (Pellerin et Poulin, 2013).
3	Peuplements forestiers de l'inventaire écoforestier du 4 ^e décennal (SIEF).	Échelle des photos aériennes : 1/20 000 L'unité cartographiable des plans d'eau est de 0,1 ha (Lachance, 2017).
4-5	Complexes de milieux humides.	La précision de la couche de complexes dépend de la couche de milieux humides utilisée pour effectuer le regroupement en complexe.
6	Cartographie de l'occupation du sol des Basses-terres du Saint-Laurent (MDDELCC).	« Tous les éléments du territoire d'une superficie minimale de 0,5 ha [sont] représentés spatialement. » (ECCC et MDDELCC. 2018)
7	Utilisation du territoire (MDDELCC).	Agglomération de plusieurs couches. Classification selon les thématiques suivantes : forestier, agricole, milieux humides, aquatiques et anthropiques. La résolution du pixel de la couche matricielle est de 30 mètres.
8	Couche hydrographique linéaire et surfacique (Géobase du réseau hydrographique du Québec)	L'échelle cartographique est de 1/20 000. Réseau hydrologique du Québec comprenant le sens d'écoulement de l'eau.
9	Les contextes de mise en place régionale (MDDELCC)	La couche est définie à partir de la couche des districts écologiques du Cadre écologique de référence du Québec. Les contextes de mise en place régionale agglomèrent les districts écologiques selon les dépôts de surface et les formes.

10	Cadre écologique de référence du Québec (Niveau 4 – District écologique) (MDDELCC).	Photo-interprétation des dépôts de surface : échelle de 1/40 000. Redécoupage en fonction du relief et de la géologie.
11	Zone de gestion intégrée de l'eau par BV (ZGIEBV) (MDDELCC).	L'échelle cartographique est de 1/20 000. Comprend les 40 zones de gestion intégrée de l'eau par bassin versant du Québec.

5 - Résultats (présentation de l'outil)

La cartographie des différents critères de biodiversité produit de nombreux résultats. Pour mieux synthétiser ces derniers, des cartes thématiques ont été produites pour les critères de productivité primaire, diversité végétale, taille et naturalité de la zone tampon. Pour chacun des critères, une première carte représentant l'ensemble de la zone de gestion intégrée de l'eau de l'OBV Charlevoix-Montmorency est illustrée afin de poser un diagnostic général. Ensuite, une carte produite à une échelle plus fine permet d'observer chacun des CMH au sein d'un district écologique ayant un score plus faible que les autres. Les tableaux suivants aideront à l'interprétation des résultats.

De manière générale, les MH d'eau peu profonde sont majoritairement représentés en termes de quantité sur le territoire (tableau 7). Cependant, ces milieux représentent une proportion faible de la superficie totale des écosystèmes humides (tableau 8). Les MH d'eau peu profonde sont des entités plus petites que les autres types de MH. Les CMH riverains de cours d'eau permanent sont majoritairement représentés sur le territoire (tableau 9). Les districts surlignés en rouge représentent les entités spatiales qui sont traitées plus tard par l'échelle fine d'intervention.

Tableau 7. Nombre de milieux humides par types selon les districts écologiques

Nom des districts écologiques	Types de MH							Total
	Dénudé humide	Eau peu profonde	Marais	Marécage	Tourbière fen	Tourbière bog	Non classifié	
Basses collines aux Canards	4	460	8	141	19	54	284	970
Basses collines du lac Goéland	7	12		23		4	11	57
Basses collines du lac Jacques-Cartier		20		26	5	22	26	99
Basses collines du lac à la Boule		20		16		5	5	46
Buttes du lac Malbaie	94	403		591	18	258	213	1577
Chaîne des Caps		56		25		11	1	93
Chenal du Saint-Laurent		22	1	29	2		1	55
Côteau de Saint-Hilarion		236	4	39	4	25	42	350
Dépression de Saint-Tite-des-Caps	1	120		177		18	13	329
Hautes collines d'ac McLagan		41		7		9	15	72
Hautes collines de Grands-Fonds	2	214	7	191	5	42	68	529
Hautes collines de la rivière Saint-Anne		74		73		42	15	204
Hautes collines du lac Beauport		71		12	1	5	2	91
Hautes collines du lac Saint-Michel		123		229		158	51	561
Massif du lac Bazile		41		8		4	5	58
Massif du lac Chambers	6	150		110	8	83	60	417
Massif du lac des Martres	13	249		103	8	69	77	519
Mont des Éboulements	1	93	5	3	1	2	7	112
Moyennes collines au Porc-épic	1	140		84		18	28	271
Moyennes collines de Saint-Adolphe		42		62		10	10	124
Moyennes collines de la rivière Sault-à-la-Puce	2	162		154	2	39	38	397
Moyennes collines de la rivière du chemin des Canots	26	98		124	29	67	80	424
Moyennes collines du lac des Neiges	23	96		790	11	199	191	1310
Moyennes collines du lac des Panses	1	232		56	1	28	32	350
Plateau de la Petite-Rivière-Saint-François	1	100		191		47	22	361
Terrasses de Charlesbourg		34		24	3		5	66
Terrasse de Beauré		54	1	39			5	99
Vallée de la rivière Malbaie	3	181	1	57	4	1	35	282
Vallée de la rivière du Gouffre	3	390	1	203	1	68	55	721
Total	188	3934	28	3587	122	1288	1397	10544

Tableau 8. Superficie des milieux humides par types selon les districts écologiques

Nom des districts écologiques	Types de MH							Total
	Dénudé humide	Eau peu profonde	Marais	Marécage	Tourbière fen	Tourbière bog	Non classifié	
Basses collines aux Canards	27.46	2,840.49	188.36	788.63	87.69	239.22	1,173.66	5,345.53
Basses collines du lac Goéland	14.68	12.16		51.17		5.30	71.60	154.91
Basses collines du lac Jacques-Cartier		12.98		283.70	16.89	147.68	794.24	1,255.49
Basses collines du lac à la Boule		51.92		38.45		12.54	7.89	110.80
Buttes du lac Malbaie	405.39	372.81		2,087.17	74.74	1,199.27	3,364.30	7,503.69
Chaîne des Caps		21.19		76.15		18.36	3.20	118.91
Chenal du Saint-Laurent		6.69	1,196.30	533.36	9.87		1.65	1,747.87
Côteau de Saint-Hilarion		84.34	156.02	419.16	13.76	221.94	713.71	1,608.93
Dépression de Saint-Tite-des-Caps	3.97	49.38		638.34		48.28	293.50	1,033.46
Hautes collines dac McLagan		62.04		48.90		22.73	64.90	198.57
Hautes collines de Grands-Fonds	17.68	136.28	271.18	1,557.36	25.44	192.21	1,540.93	3,741.08
Hautes collines de la rivière Saint-Anne		85.79		187.14		60.67	64.52	398.12
Hautes collines du lac Beauport		33.26		43.18	4.80	8.16	22.60	112.00
Hautes collines du lac Saint-Michel		140.55		682.26		262.82	503.62	1,589.25
Massif du lac Bazile		58.70		46.48		9.54	26.76	141.48
Massif du lac Chambers	24.74	189.31		355.36	18.67	156.12	338.45	1,082.65
Massif du lac des Martres	46.69	506.42		376.61	15.94	114.68	326.65	1,387.00
Mont des Éboulements	1.81	110.35	744.21	17.37	1.67	9.70	43.34	928.46
Moyennes collines au Porc-épic	1.76	200.04		329.70		40.31	159.12	730.92
Moyennes collines de Saint-Adolphe		82.00		169.68		25.18	50.85	327.72
Moyennes collines de la rivière Sault-à-la-Puce	6.28	121.97		635.24	8.98	88.47	414.69	1,275.64
Moyennes collines de la rivière du chemin des Canots	102.43	149.78		528.47	155.56	192.83	683.99	1,813.06
Moyennes collines du lac des Neiges	73.79	159.74		3,465.69	44.54	770.95	3,636.09	8,150.80
Moyennes collines du lac des Panses	5.80	218.83		241.33	6.71	82.70	250.18	805.54
Plateau de la Petite-Rivière-Saint-François	2.61	77.17		787.22		124.49	560.90	1,552.40
Terrasses de Charlesbourg		17.60		159.94	3.82		98.67	280.02
Terrasse de Beaupré		35.76	837.90	348.78			69.84	1,292.28
Vallée de la rivière Malbaie	31.89	109.93	380.24	352.77	12.02	1.69	291.97	1,180.51
Vallée de la rivière du Gouffre	8.62	181.12	2,950.65	1,548.52	3.06	307.45	1,590.46	6,589.87
Total	775.62	6,128.59	6,724.87	16,798.12	504.14	4,363.32	17,162.27	52,456.94

Tableau 9. Nombre de milieux humides par position physiographique selon les districts écologiques

Nom des districts écologiques	Position physiographique			
	Riverain-fleuve	Riverain	Lacustre	Isolé/palustre
Basses collines aux Canards	22	825	19	104
Basses collines du lac Goéland		42		15
Basses collines du lac Jacques-Cartier		75	2	22
Basses collines du lac à la Boule		41		5
Buttes du lac Malbaie		1257	25	295
Chaîne des Caps	6	51		36
Chenal du Saint-Laurent	55			
Côteau de Saint-Hilarion	5	296		49
Dépression de Saint-Tite-des-Caps		248	4	77
Hautes collines dac McLagan		69	3	
Hautes collines de Grands-Fonds	8	486	1	34
Hautes collines de la rivière Saint-Anne		166	5	33
Hautes collines du lac Beauport		81		10
Hautes collines du lac Saint-Michel		440	16	105
Massif du lac Bazile		55		3
Massif du lac Chambers		327	6	84
Massif du lac des Martres		447	9	63
Mont des Éboulements	14	83		15
Moyennes collines au Porc-épic		228		43
Moyennes collines de Saint-Adolphe		105		19
Moyennes collines de la rivière Sault-à-la-Puce		343		54
Moyennes collines de la rivière du chemin des Canots		338	4	82
Moyennes collines du lac des Neiges		1081	16	213
Moyennes collines du lac des Panses		338		12
Plateau de la Petite-Rivière-Saint-François		284	2	75
Terrasses de Charlesbourg		36	2	28
Terrasse de Beaupré	30	49		20
Vallée de la rivière Malbaie	1	252		29
Vallée de la rivière du Gouffre	8	627	3	83

5.1 Productivité primaire

En observant l'ensemble du territoire couvert par l'OBV-CM, on constate que les districts du centre et ceux le long du fleuve obtiennent un score plus faible que les autres, plus particulièrement celui des Buttes du lac Malbaie en rouge (figure 18).

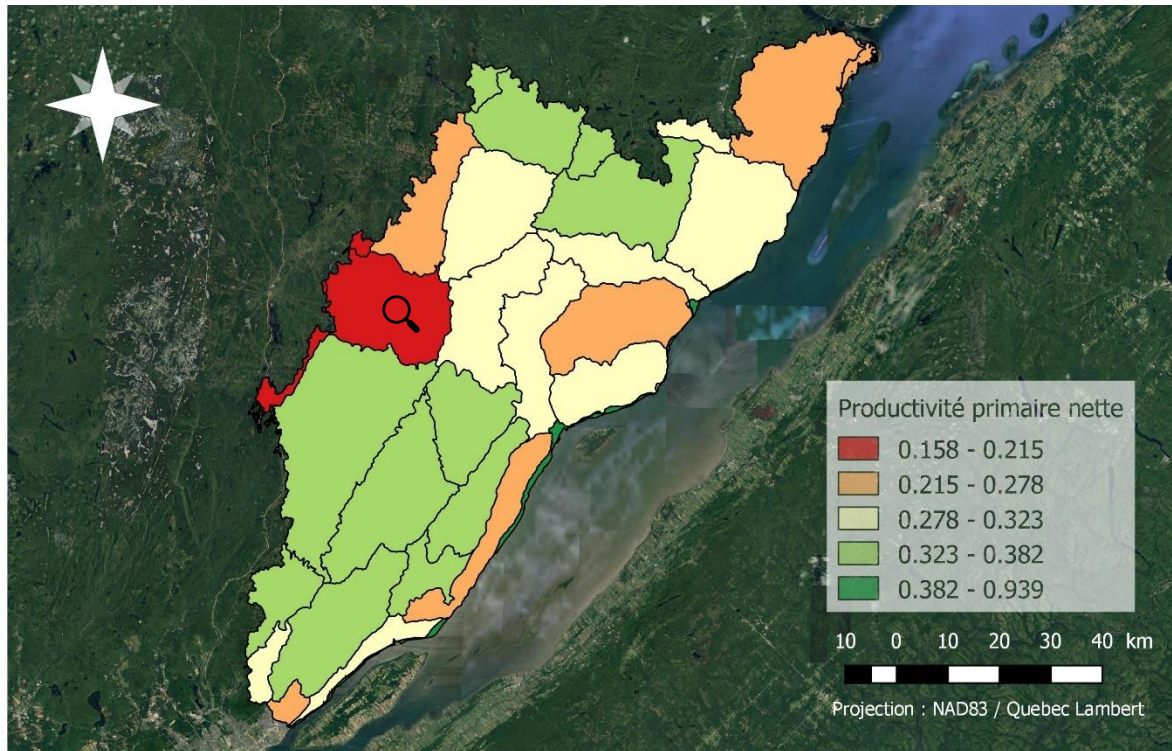


Figure 18. Moyennes de productivité primaire nette selon le district écologique pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency

Ceci peut s'expliquer par la forte proportion de types de MH ayant un score plus faible, comme les tourbières comparativement au marais (tableau 5 et tableau 7). Aussi, la superficie des MH non classifiés est très élevée, ce qui apporte un biais quant à la valeur réelle de la productivité primaire nette dans ce district (tableau 8). Enfin, un nombre élevé de CMH en position riveraine est présent (tableau 9, figure 18), ce qui devrait augmenter le score de ce district. Toutefois, une forte proportion de ces CMH sont non classifiés, ce qui vient diminuer fortement leur potentiel. Les valeurs de référence pour la productivité primaire nette étant de 1 pour les milieux non classifiés et les dénudés humides. Il est également important de mentionner que la taille des CMH n'a pas été prise en compte dans le calcul de l'indice de productivité primaire des milieux parce que le critère de la taille est intégré dans les critères de biodiversité évalués. Cet aspect est

important à considérer. Par exemple, les gros marais près du fleuve ont le même poids relatif dans le calcul de la moyenne qu'un petit étang isolé.

Il est également possible de cibler directement à l'échelle du district écologique les CMH qui obtiennent un score plus faible (figure 19). Il s'agit principalement des CMH composés de dénudés humides et de milieux non classifiés.

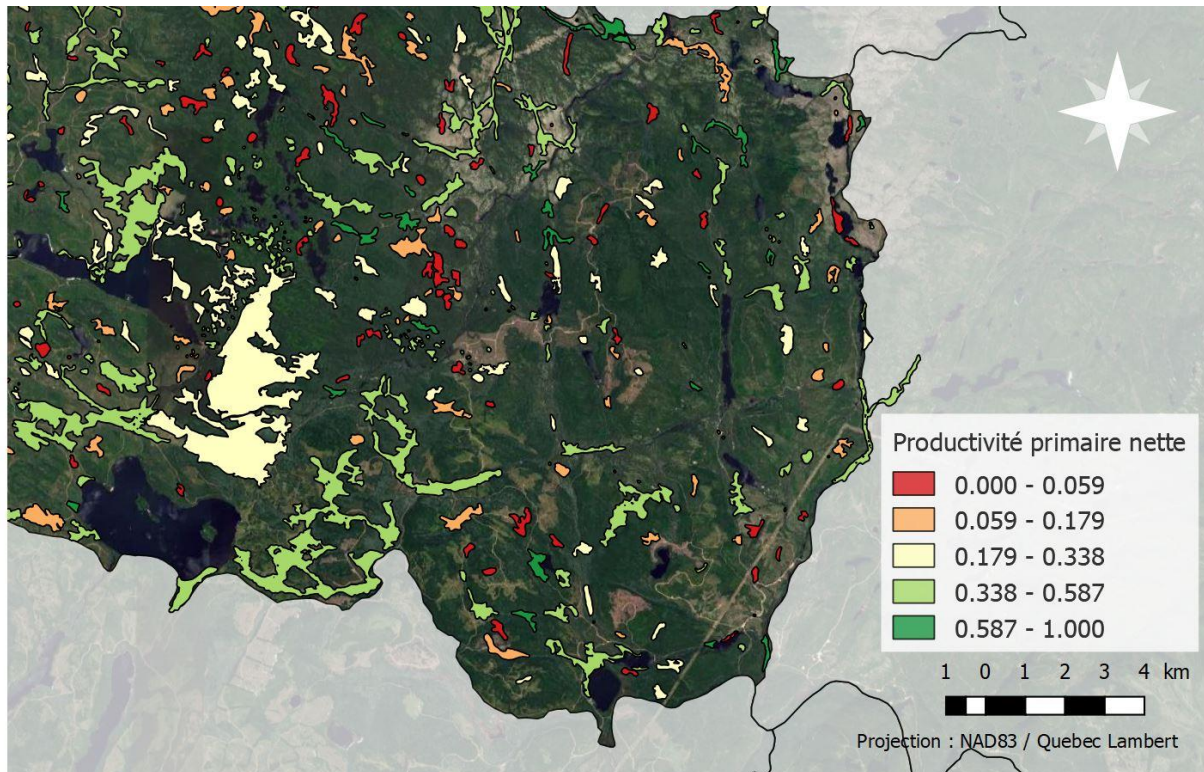


Figure 19. La productivité primaire nette pour chaque CMH selon le district écologique des Buttes du lac Malbaie pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency

5.2 Diversité végétale

L'indice de Shannon moyen par district écologique évolue selon un gradient croissant du fleuve Saint-Laurent vers l'intérieur des terres (figure 20). L'hétérogénéité des CMH est donc plus élevée lorsqu'on s'enfonce dans les terres et plus faible près du fleuve, notamment le district du Côteau de Saint-Hilarion (figure 21). Cette tendance est difficilement explicable. Les pressions anthropiques sont plus fortes près du fleuve, ce qui doit être considéré dans l'analyse. Cependant,

existe-t-il une relation positive entre les pressions anthropiques et l'hétérogénéité intrinsèque d'un CMH? Il est difficile de confirmer cette supposition.

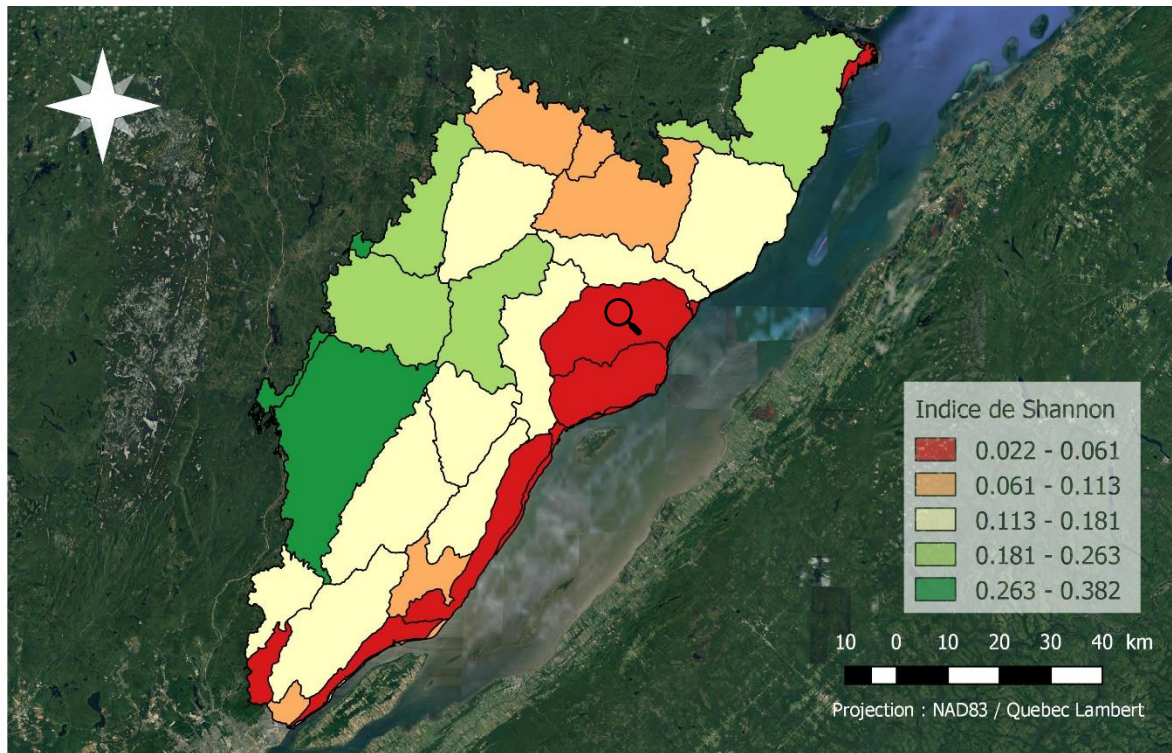


Figure 20. Moyennes de l'indice de Shannon selon le district écologique pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency

Le cas du district du Côteau de Saint-Hilarion permet d'observer que les milieux d'eau peu profonde s'agglomèrent très peu sur le territoire avec d'autres types MH pour former des CMH diversifiés. Ainsi, les milieux d'eau peu profonde ont des valeurs faibles à l'indice de Shannon. De ce fait, les districts avec une proportion d'écosystèmes humides importante provenant de cette classe structurale sont plus à risque d'avoir une moyenne de l'indice de Shannon faible. La généralisation de toutes les étendues d'eau de moins de 8 ha en milieu d'eau peu profonde lors de la classification des milieux humides a mené à une surestimation de cette classe sur le territoire, et cela, notamment dans le district du Côteau de Saint-Hilarion.

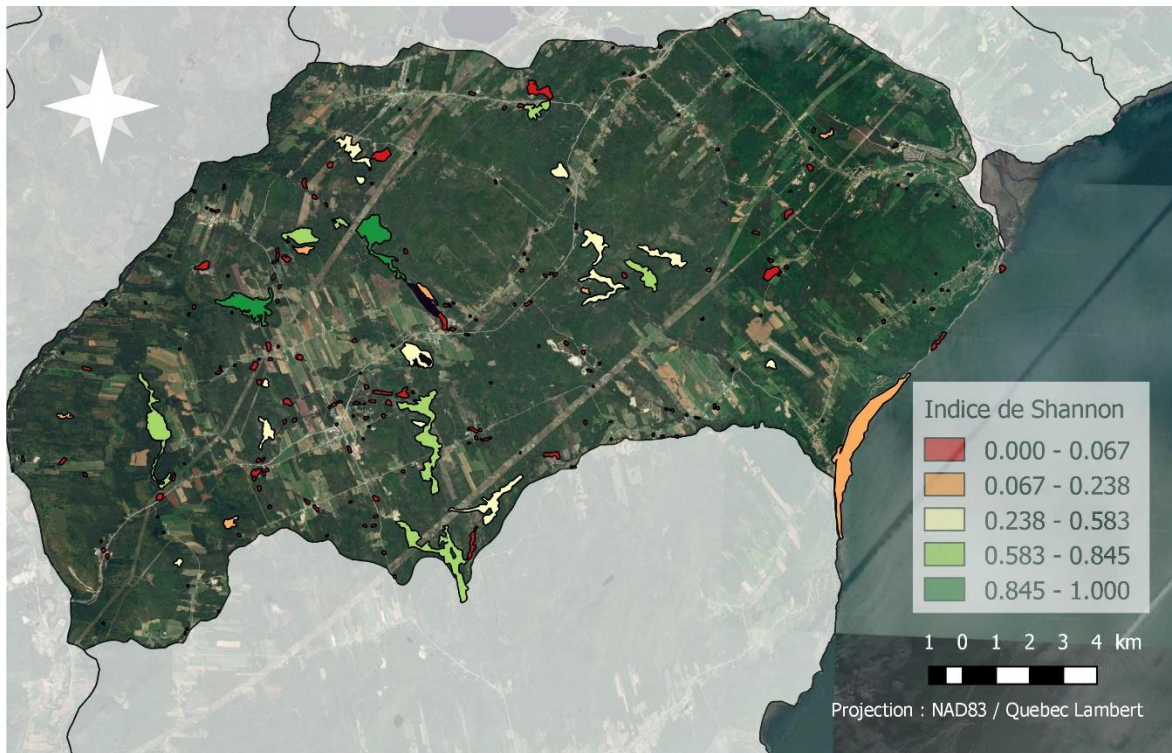


Figure 21. L'indice de Shannon pour chaque CMH selon le district écologique du Côteau de Saint-Hilarion pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency

5.3 Taille

L'indice de la taille forme un gradient clair entre les limites supérieures à l'intérieur des terres, où les « scores » sont plus élevés, et les districts au sud, où les « scores » sont plus faibles (figure 22). Cependant, les immenses MH riverains du fleuve tout au sud établissent un contraste important. La situation est définie par les différentes structures physiques du sol des districts qui dictent et influencent la nature des MH sur le territoire. De ce fait, la taille des CMH peut différer d'un district à l'autre. Les districts avec des indices faibles ont de manière générale une proportion du territoire anthropique supérieure. La fragmentation des CMH est également une hypothèse valable pour expliquer le gradient de la taille.

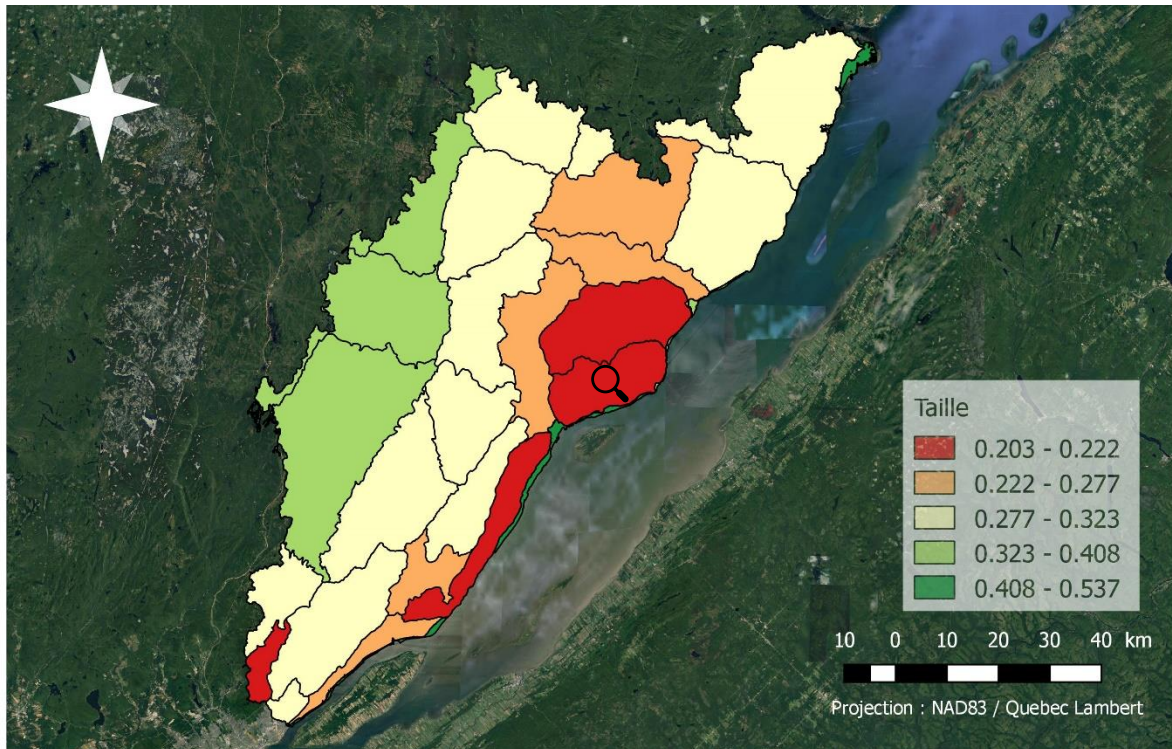


Figure 22. Moyennes de la taille selon le district écologique pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency

L'évaluation des pertes historiques en termes de superficie et du nombre de MH sur un territoire serait nécessaire pour évaluer le portrait réel des MH. Les effets distinctifs du contexte territorial et des pertes historiques assureraient une meilleure compréhension de la relation entre la taille et la distribution de l'indice sur le territoire. Le district de la terrasse de Beaupré démontre que le gros CMH riverain-fleuve obtient un « score » élevé et que la plupart des autres MH sont de petites tailles. L'unité de comparaison étant le district, de petits CMH obtiennent tout de même une valeur élevée (figure 23).

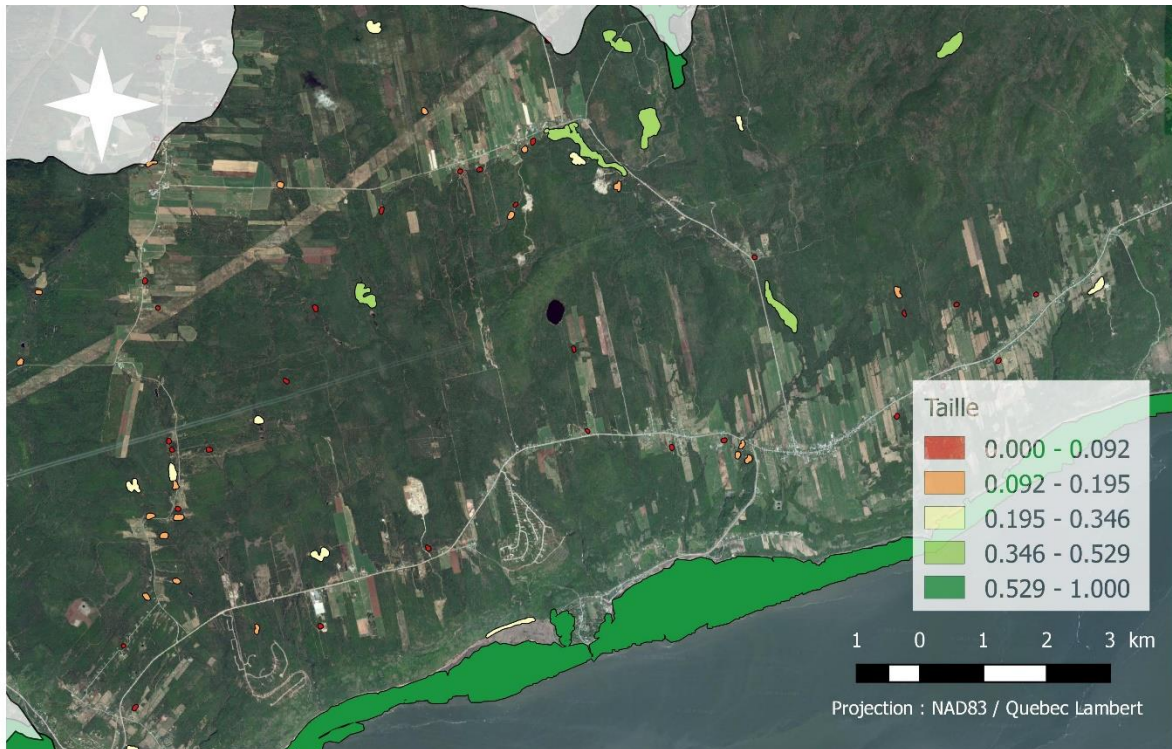


Figure 23. La taille pour chaque CMH selon le district écologique du Mont des Éboulements pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency

5.4 Naturalité de la zone tampon

L'échelle diagnostique pour la naturalité de la zone tampon dévoile que les districts écologiques près du fleuve Saint-Laurent dans la partie au sud de la zone intégrée de l'eau détiennent une zone tampon moins naturelle que les districts à l'intérieur des terres (figure 24). Rappelons que les utilisations anthropiques, agricoles et les coupes forestières affectaient à la baisse la naturalité de la zone. Les districts centraux obtiennent les « scores » maximaux. Dans les terres, la naturalité de la zone tampon est reliée à l'intensité des activités forestières sur le territoire. Les activités forestières répertoriées sont plus présentes aux limites supérieures de la zone qu'au centre. Il demeure que les districts écologiques à l'intérieur des terres obtiennent un « score » élevé.

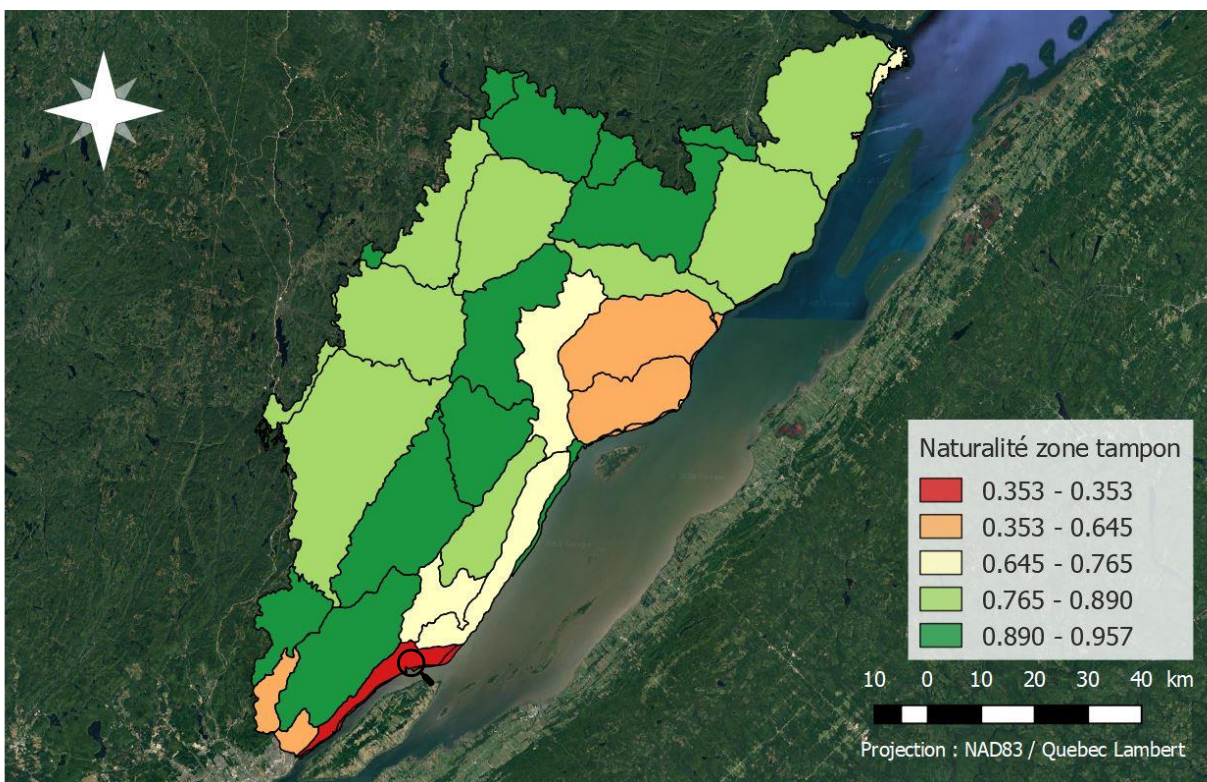


Figure 24. Moyennes de la naturalité selon le district écologique pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency

Les gros marais riverains du fleuve Saint-Laurent dans les districts de la terrasse de Beupré et de Charlesbourg sont des milieux fortement impactés par la présence de routes, de développements résidentiels et d'activités agricoles (figure 25). Il est important de mentionner que l'utilisation du sol varie dans le temps, notamment le développement résidentiel et les activités forestières. L'indice représente donc une évaluation statique de la naturalité des zones tampons des CMH au moment du développement de la couche d'utilisation du sol.

Les traitements géomatiques sont automatisés pour cet indice et le modèle d'automatisation est fiable s'il est utilisé avec un nombre d'entités raisonnables. Le traitement par lot est souvent nécessaire.

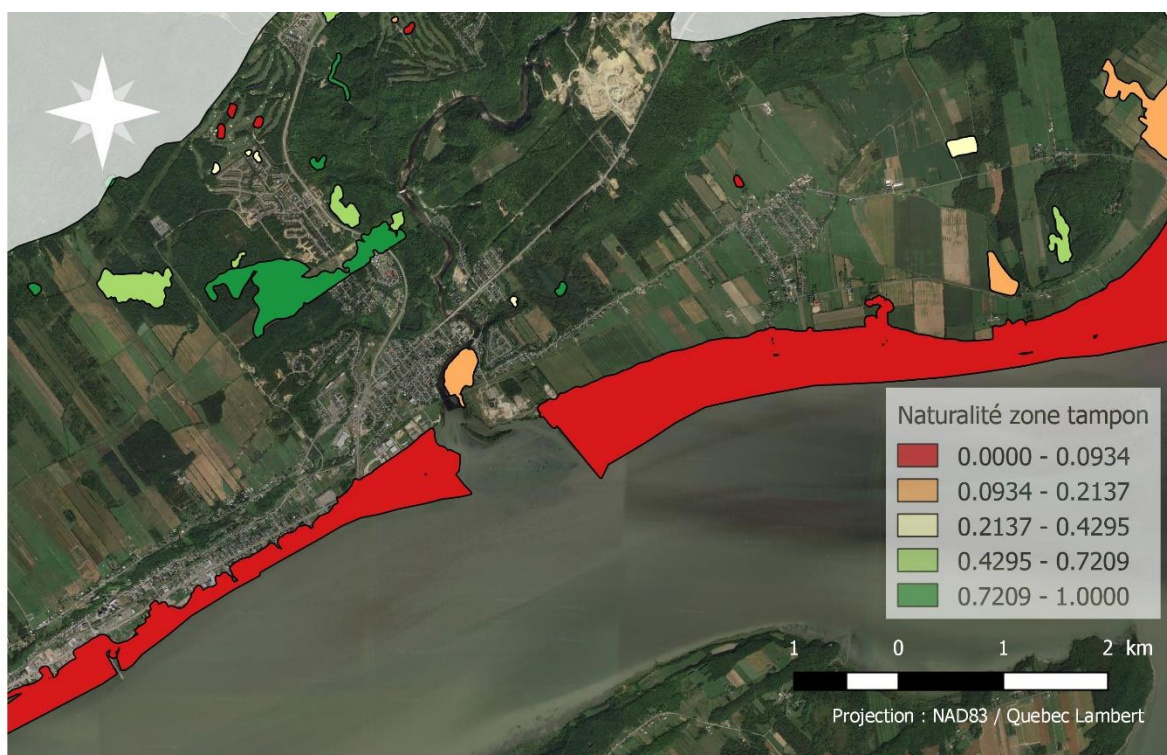


Figure 25. La naturalité de la zone tampon pour chaque CMH selon le district écologique de la terrasse de Beaufort pour le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency

6 - Discussion

La démarche développée permet de nourrir une réflexion territoriale portant sur les milieux humides. Celle-ci offre la possibilité d'évaluer la valeur relative des MH selon leur biodiversité et d'émettre des objectifs de conservation à l'échelle du bassin versant. Même si l'estimation des valeurs n'est pas nécessairement juste, elle reste suffisante pour répondre à cet objectif macro. Pour l'OBV Charlevoix-Montmorency, des tendances générales ressortent des résultats obtenus. Pour la diversité végétale, la taille et la naturalité de la zone tampon, les zones ayant des scores relativement plus faibles comparés aux autres districts se trouvent généralement le long du fleuve. Il serait donc important d'accorder plus d'effort de conservation dans cette portion du territoire. Pour la productivité primaire, le patron est moins clair, mais il serait tout de même important de commencer par le district écologique des Buttes du lac Malbaie où les scores sont les plus faibles comparativement aux autres districts. Il est important de mentionner que le contenu de la discussion portera majoritairement sur la démarche en tant que telle plutôt que sur les résultats de la démarche considérant les objectifs de cet essai.

6.1 Application de la méthode

Il est important de ne pas considérer cette démarche comme un outil d'aide décisionnel. Elle soutient plutôt un processus de réflexion territoriale dans la réalisation des objectifs de conservation. L'objectif est de développer du matériel (cartes et bases de données) pouvant structurer les processus de réflexion autour des fonctions écologiques et d'unités spatiales cohérentes. Par conséquent, les utilisateurs doivent prendre en compte certaines limites et certains défis inhérents à la méthode. La justesse et la robustesse de la méthode ne permettent pas de distinguer entre deux CMH lequel à une valeur écologique plus élevée. Cependant, la méthodologie peut déceler des tendances générales qui mènent à une meilleure compréhension et à une meilleure gestion du territoire. Enfin, pour un projet précis (nécessitant un CA) ou des conclusions finales et fiables, il est nécessaire de réaliser des études de caractérisation sur le terrain avec des professionnels qualifiés. Il est essentiel de bien comprendre les limites et la valeur des résultats produits.

6.2 Aménagement du territoire

La planification du territoire se doit d'être réfléchi et adaptée. Le processus de réflexion, souvent incarné par les outils de planification du monde municipal comme le Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD), le Schéma d'aménagement et de développement (SAD) et le Plan d'urbanisme (PU), tentent de répondre à ces objectifs. Cependant, les limites administratives des différentes institutions municipales ne permettent pas la prise en compte compatible des enjeux liés à la gestion de l'eau. La principale raison repose sur le fait que l'eau peut se déplacer dans l'espace et dans le temps et transgresse donc ces limites imposées par le cadre administratif. L'unité de gestion cohérente de la ressource demeure donc le bassin versant. De plus, ces documents de planification n'ont pas su assurer la conservation des milieux hydriques et humides sur les territoires municipaux au cours des dernières décennies. Le plan régional des milieux humides et hydriques (PRMHH) est donc un outil de planification nécessaire considérant les pertes subies en matière de MH. Pour ouvrir le chemin au PRMHH, les futurs objectifs de conservation par bassin versant seront d'une importance capitale parce qu'ils introduisent l'approche par fonction écologique et, par le fait même, la résilience des territoires aux changements climatiques. La méthode développée dans cet essai répond partiellement aux objectifs du PRMHH et il est possible d'imaginer qu'elle pourra être utilisée dans la fabrication de ceux-ci et d'autres documents de planification similaires.

La LCMHH s'inscrit dans un mouvement de changement important pour la gestion de l'eau au Québec. L'importance des écosystèmes naturels et leurs fonctions écologiques prennent de plus en plus de place dans les débats touchant l'aménagement du territoire. Une vision stratégique et commune se doit d'être instaurée dans l'élaboration de documents d'importance qui seront produits prochainement comme les PRMHH et les analyses de vulnérabilité des sources d'eau potable. Il sera important d'intégrer les grandes orientations de la nouvelle Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030 dans l'élaboration de ces documents. D'ailleurs, l'ancrage de cette vision commune devrait prendre forme dans les nouvelles orientations gouvernementales en matière aménagement du territoire (OGAT). La figure 26 expose les différents documents qui seront produits et mis à jour dans un futur proche au Québec, assurant ainsi une planification territoriale réfléchi en matière de gestion de l'eau.

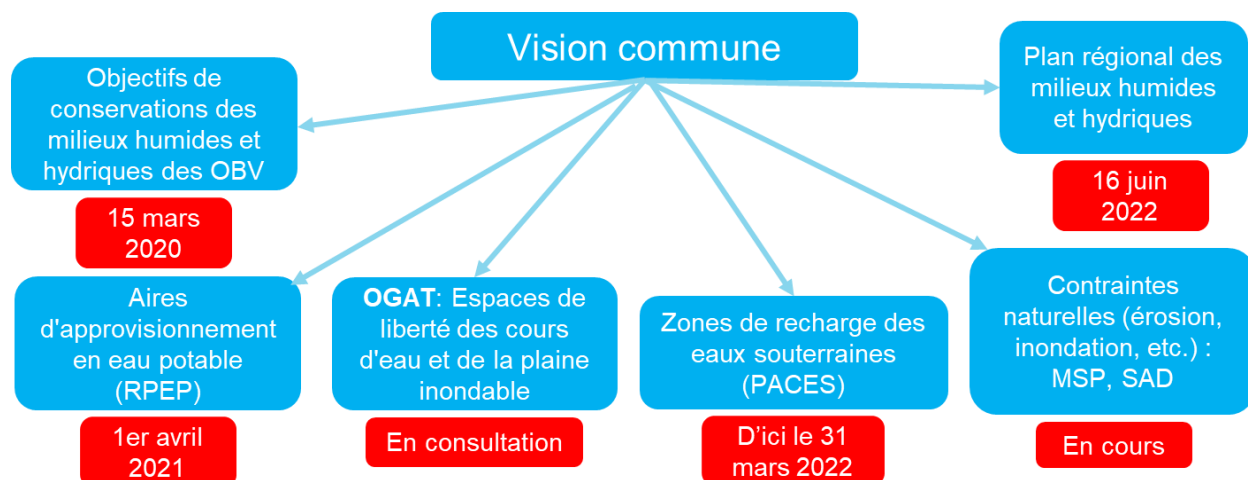


Figure 26. Les différents documents en développement au Québec ayant un lien avec la gestion de l'eau

D'un autre côté, la protection des MH par la LCMHH peut devenir un frein à la croissance et au développement territorial des municipalités qui ont une superficie importante de MH dans leur périmètre urbain. Les contributions financières importantes à la suite d'une destruction de MH peuvent facilement mettre en péril la viabilité financière d'un projet. Certains types de développement pourrait même être complètement refusé. Une problématique qui confronte directement les citoyens propriétaires de terres privées. En effet, on pourrait supposer qu'une terre privée composée de MH perd de la valeur si la surface « développable » est diminuée en raison de la LCMHH. À l'inverse, peut-être s'agit-il d'une opportunité à saisir pour ces propriétaires qui devaient, de toute façon, composer avec des terrains difficilement développables. Leurs milieux humides pourraient augmenter la valeur à leurs terrains vis-à-vis les nouveaux programmes de restauration et de conservation. Le développement d'une nouvelle économie de la conservation et de la restauration est envisageable.

6.3 Les limites et défis du projet

Les résultats de cet essai sont influencés par plusieurs limites méthodologiques. En outre, plusieurs défis restent à être surmontés pour accroître la précision de la méthode. Ce document offre tout de même une bonne base pour qui veut entreprendre la quantification de la fonction écologique de biodiversité sur son territoire.

6.3.1 Méthode d'analyse globale

Les méthodes de priorisation quantifient des processus naturels comme s'ils étaient fixes dans le temps, alors qu'en réalité, ces processus sont de nature dynamique. Les MH évoluent dans le temps, que ce soit au niveau de leur composition, leur superficie, etc. Cette simplification d'une réalité complexe peut parfois mener à des conclusions et des décisions d'aménagement erronées. Par exemple, une région où il existe naturellement peu de MH sur le territoire pourrait obtenir un faible résultat, alors qu'il en a toujours été ainsi. Il est donc important d'effectuer des validations historiques ainsi que sur le terrain avec le soutien des intervenants locaux.

De plus, les critères employés ne représentent pas exactement les fonctions écologiques. Ils mesurent plutôt des relations théoriques qui permettent d'expliquer un processus naturel. Il est important de ne pas considérer les critères comme étant la vérité absolue, mais plutôt comme un indice de ce qui se rapproche de la vérité.

Également, les indicateurs utilisés pour mesurer les critères ne font pas nécessairement consensus dans la littérature scientifique et ils varient selon les contextes de mise en place de l'indicateur. Les indicateurs ne proviennent pas de données primaires, mais bien de mesures indirectes (proxys) sur le territoire. L'utilisation d'indicateurs proxys pour cartographier les fonctions écologiques résulte en une variation importante en comparaison avec l'utilisation de données primaires (Eigenbrod, 2018). La cartographie des fonctions écologiques est une estimation de processus dynamiques à partir de mesures indirectes statiques. Les résultats obtenus à partir de proxys ont donc une incertitude supérieure et une exactitude diminuée.

La méthodologie offre aussi une prise en compte de chaque critère de manière individuelle, mais pas de manière globale. Cette approche est intéressante puisqu'elle permet d'établir un portrait des forces et des faiblesses selon les résultats obtenus aux différents critères. Ceci permet également d'éviter une certaine redondance. Cependant, cette approche révèle un problème particulier. Par exemple, le critère de productivité primaire n'inclut pas la taille des CMH dans le calcul, sachant que la taille du complexe est un autre critère de biodiversité. Dans les résultats du critère de la productivité primaire, un petit marais riverain obtient donc un « score » plus élevé qu'un gros marécage riverain, tout simplement parce que la productivité de ce type de milieux est supérieure. Pourtant, la superficie plus grande du marécage riverain devrait le placer au-dessus

du petit marais riverain. Il serait donc pertinent de combiner tous les critères afin de créer un indice global de biodiversité.

Enfin, lors de l’affichage cartographique, l’analyse à grande échelle nécessite le calcul de la moyenne de chaque critère pour une entité spatiale précise, soit le district. Une généralisation des indicateurs pour des entités spatiales mène à des confusions. La moyenne est une méthode facile à utiliser, mais il existe tout de même des faiblesses. Par exemple, le poids relatif d’un gros CMH est le même qu’un petit CMH dans le calcul. Il y a donc une estimation erronée des valeurs moyennes des critères pour chaque entité spatiale.

6.3.2 Données et traitements géomatiques

Les données géographiques disponibles sont de qualité limitée en raison de l’étendue du territoire sélectionné et de l’objectif de reproductibilité de la méthode. Les zones de gestion intégrée de l’eau sont des territoires ayant des superficies relativement élevées. Il faut donc traiter un nombre important d’entités, ce qui augmente la lourdeur des données et rend plus complexes les traitements géomatiques. Trois enjeux majeurs liés aux données et aux traitements géomatiques sont à prendre en compte soient, l’adaptation des données, les développements méthodologiques en géomatique et la gestion des données lourdes.

6.3.2.1 Adaptation des données

La méthodologie de l’*Atlas des territoires d’intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* nécessite une classification des milieux humides. Les couches de données des MH sur l’ensemble de l’aire d’étude ne sont pas classifiées. Il est donc nécessaire d’adapter la couche et d’effectuer une classification alternative. La couche de MH développée a une unité minimale cartographiable de 1,0 à 4,0 ha selon les régions. Il y a donc une perte de précision majeure pour cartographier les petits MH, comparativement à celle de *Canards Illimités Canada*.

D’ailleurs, il existe des différences notables entre les classes définies par la classification alternative et celle de l’*Atlas*. Ce problème se répercute dans le calcul des indicateurs. Par exemple, les valeurs de références de productivité primaire ne sont pas définies pour toutes les classes. Il y a donc une mauvaise interprétation des résultats de ce critère.

6.3.2.2 Développements méthodologiques en géomatique

L'indicateur de la position physiographique a été partiellement complété pour le critère de la productivité primaire. Un manque d'expertise en langage de programmation est la cause de cette limite. Les milieux en position palustre et isolé ne peuvent être différenciés, ce qui limite la justesse des résultats. L'utilisation d'une position physiographique partielle est tout de même pertinente et expose une certaine réalité.

Également, l'automatisation des traitements a été partiellement réalisée. Le modeleur graphique du logiciel QGIS a des erreurs qui rendent moins fiable la réalisation en chaîne des traitements géomatiques. Certaines opérations ne peuvent être introduites dans le modèle, ce qui rend difficile l'automatisation de tous les critères.

6.3.2.2.1 Lourdeur des données

Certains traitements géomatiques ne peuvent être utilisés en raison de la lourdeur des données. D'autres traitements doivent être utilisés, par lot, pour assurer leur fonctionnement. Ce sont des limites méthodologiques qui augmentent la difficulté d'application de la démarche.

6.3.3 Ajouts essentiels

6.3.3.1 Critères hydrologiques et biogéochimiques

Cet essai voulait également utiliser l'approche hydrogéomorphologique (figure 27) pour quantifier les fonctions écologiques reliées aux fonctions 1, 2 et 4 de l'article 13.1 de la Loi sur l'eau (section 2.1). Pour ce faire, il aurait fallu développer certains indicateurs manquants. Plusieurs critères se basent sur des indicateurs semblables, ce qui aurait permis d'avancer rapidement une fois la base bien établie. L'ajout de ses critères hydrologiques et biogéochimiques assurerait une meilleure évaluation de la résilience des territoires aux changements climatiques. En effet, les fonctions écologiques évaluées par ses critères tamponnent directement des facteurs problématiques causés par les changements climatiques, notamment une meilleure rétention des débits de crue.

Par ailleurs, pour les critères de biodiversités, l'échelle de comparaison choisie fut les districts écologiques. Pour les critères hydrologiques et biogéochimiques, il serait plus judicieux d'utiliser les bassins versants afin d'effectuer une meilleure gestion de l'eau.

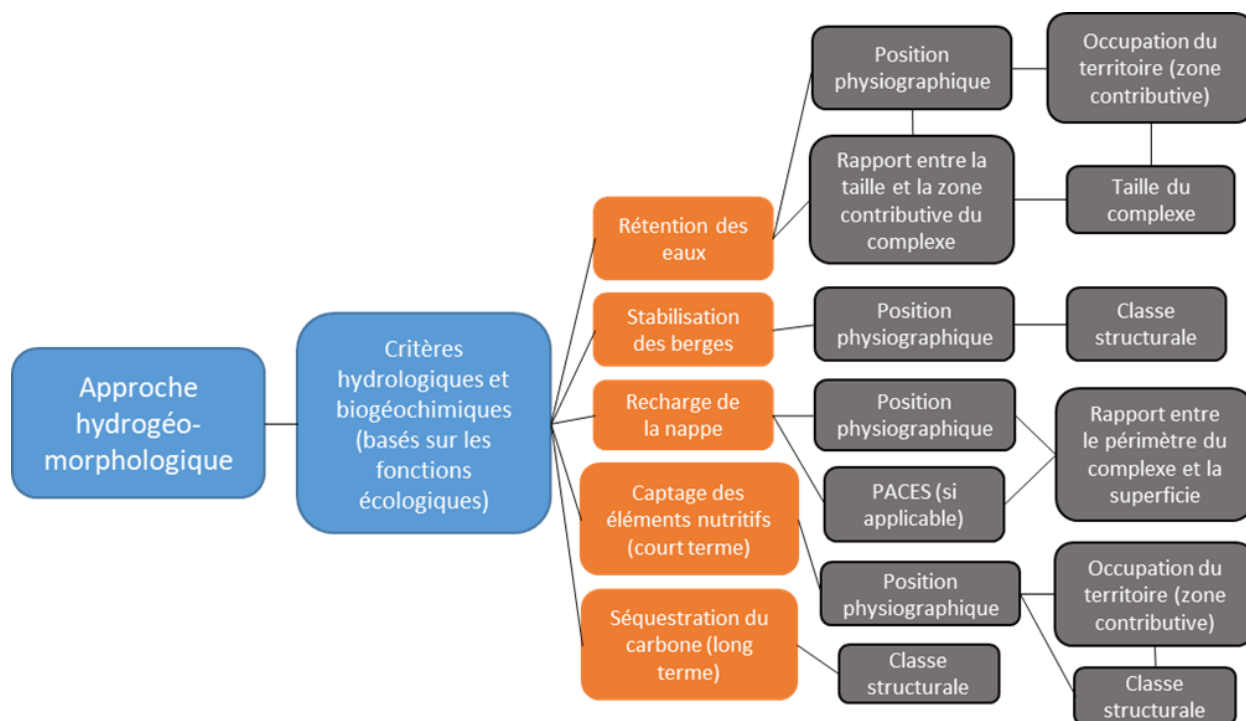


Figure 27. Schéma de concept illustrant l'ensemble des critères et des indicateurs spatiaux inspiré de l'équipe de Daniel Lachance au MDDELCC (Jobin et al., 2018)

6.3.3.2 Volet hydrique

Selon le gouvernement du Québec, un milieu hydrique est une zone constituée par un lac ou un cours d'eau à débit régulier ou intermittent (MDDELCC, 2015). Cet aspect de la LCMHH ne fut pas abordé dans le cadre de cet essai, mais il demeure intrinsèquement relié aux milieux humides. Plusieurs projets sont en cours au Québec et gagneraient à être intégrés à la méthodologie (figure 26).

Par ailleurs, la technologie du LiDAR (Light Detection and Ranging) est en vogue au Québec. Les données du LiDAR seront disponibles pour l'ensemble du Québec méridional d'ici 2022. Ils fournissent avec précision la hauteur du couvert forestier, l'altitude du sol et les pentes du terrain. Grâce à quelques manipulations géomatiques, il est possible de créer le modèle d'écoulement des eaux d'un bassin versant. Actuellement, dans la base de données cartographique diffusée par le Gouvernement du Québec, on retrouve des erreurs et des imprécisions autant au niveau de la localisation du parcours d'un cours d'eau que sur l'identification du type d'écoulement (permanent, intermittent ou fossé). Avec l'aide du LiDAR et de validations terrain, il est possible d'obtenir une couche d'informations géographiques beaucoup plus précise.

6.3.3.3 Suite du développement de la méthodologie

Afin d'améliorer la justesse de la méthodologie, plusieurs éléments essentiels doivent être considérés. Premièrement, il serait important d'ajouter le critère de *Proximité des MH* pour compléter tous les critères de biodiversité (figure 6). Deuxièmement, il faudrait ajouter les critères hydrologiques et biogéochimiques pour mettre de l'avant une approche par fonction écologique (section 7.3.2). Troisièmement, la méthodologie pour déterminer la position physiographique des CMH doit être améliorée (section 6.2.2). Quatrièmement, il serait judicieux de couper les CMH avec le réseau routier (considéré comme des éléments de fragmentation). En effet, la fragmentation diminue la connectivité hydrologique et biologique entre les milieux. Cinquièmement, une couche d'information sur les ponceaux de chemins forestiers pourrait améliorer les résultats. Cette variable est non négligeable et affecte grandement la performance des fonctions écologiques des MHH. En effet, un vieux ponceau qui n'est pas démantelé et qui cède déverse une quantité non négligeable de sédiments dans un cours d'eau (Paradis-Lacombe, 2018). De plus, la donnée des ponceaux permettrait une meilleure modélisation hydrologique en milieu forestier. Sixièmement, il faudrait effectuer des analyses statistiques sur les critères et les indicateurs (ACP, corrélation, etc.) pour s'assurer de leurs cohérences dans des contextes territoriaux différents. Les analyses statistiques ont été réalisées pour le territoire des BTSL dans le cadre de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* (Jobin et al., 2018). Enfin, la recherche scientifique concernant la détection de MH à l'aide de la technologie LiDAR doit être suivie de près. L'indice topographique d'humidité (TWI) permet d'indiquer des zones plus humides selon les pentes du territoire et ses zones contributives. Cela pourrait améliorer grandement les données et même permettre de détecter des endroits propices à la restauration ou la création de nouveaux MH.

7 - Conclusion

La création d'objectifs de conservations concernant les milieux humides à l'échelle d'un bassin versant est complexe et difficile. La mise en place d'une démarche reproductible est nécessaire et essentielle afin de considérer les enjeux dans une perspective globale. L'adaptation de la méthode de priorisation des MH basée sur les fonctions écologiques de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent* à l'extérieur des BTSL a permis de répondre partiellement aux objectifs opérationnels et à l'objectif général de cet essai. Tout d'abord, l'utilisation de données disponibles pour tout le territoire des OBV et l'utilisation d'un

logiciel de géomatique libre d'accès assure une reproductibilité et une accessibilité de la méthodologie. Ensuite, l'approche par bassin versant fut respectée, en intégrant deux échelles spatiales, soit celle du diagnostic (ZGIEBV) et celle de l'intervention (district écologique). Cependant, les problèmes méthodologiques rencontrés n'ont pas permis une approche complète par fonction écologique, notamment en raison de l'absence des critères hydrologiques et biogéochimiques. En définitive, la méthodologie est partielle, mais elle permet tout de même une analyse à deux échelles de quatre critères de biodiversité (diversité végétale, productivité primaire, taille et naturalité de la zone tampon). Les cartes développées alimentent un processus de réflexion nécessaire en matière d'aménagement territorial. La démarche proposée permet aux intervenants d'émettre des objectifs de conservation en simplifiant une réalité complexe pour les critères évalués.

8 - Bibliographie

Anielski, M., & Wilson, S. (2006). Counting Canada's Natural Capital. Assessing the real value of Canada's boreal ecosystems. Ottawa: Canadian Boreal Initiative the Pembina Institute.

Beaulieu, J., P. Dulude, I. Falardeau, S. Murray & C. Villeneuve. (2014). Cartographie détaillée des milieux humides du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec (mise à jour 2013) - Rapport technique. Canards Illimités Canada et le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs. Québec, 54 p

Burkhard B., & Maes J. (Eds.) (2017). Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp.

Cimon-Morin, J. (2015). Développement d'une approche de planification systématique de la conservation des milieux humides intégrant les services écologiques. Thèse doctorale. Université Laval. 142 pages.

Cimon-Morin, J., Darveau, M., & Poulin, M. (2013). Fostering synergies between ecosystem services and biodiversity in conservation planning: a review. *Biological Conservation*, 166, 144-154.

Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec (CRECQ). (2012). Portrait des milieux humides du Centre-du-Québec. Dans le cadre du Plan régional de développement intégré des ressources et du territoire (PRDIRT). Avril 2012. 138 pp.

Debinski, D.M. et R.D. HOLT. 1999. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* 14: 342-355.

De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), 393-408.

Denny, P. (1994). Biodiversity and wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 3(1), 55-611.

Dy Goulwen, M. Martel, M. Joly & G. Dufour-Tremblay. (2018). *Les plans régionaux des milieux humides et hydriques – Démarche de réalisation*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité et Direction de l'agroenvironnement et du milieu hydrique, Québec, 2018, 73 p. [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/milieux-humides/plans-regionaux/index.htm>

ECCC et MDDELCC. 2018. Cartographie de l'occupation du sol des Basses-terres du Saint-Laurent, circa 2014. Environnement et Changement climatique Canada et Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 49 p.

Eigenbrod, F., Armsworth, P. R., Anderson, B. J., Heinemeyer, A., Gillings, S., Roy, D. B., ... & Gaston, K. J. (2010). The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 47(2), 377-385.

Environnement Canada. (1986). Wetlands in Canada: A Valuable Resource, Juin 1986, Minister of Supply & Services, Land Use Change in Canada, 8 p.

Findlay, C. S., & Houlihan, J. (1997). Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conservation biology*, 11(4), 1000-1009.

Fournier, R.A., Grenier, M., Lavoie, A. & Hélie, R. (2007). Towards a strategy to implement the Canadian Wetland Inventory using satellite remote sensing. *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 33, no 1, p. S1-S16.

Golet, F.C. (1976). Wildlife Wetland Evaluation Model. In *Models for the Evaluation of Freshwater Wetlands*. J.S. Larson (ed.). Water Resources Research Centre, University of Massachusetts. pp. 13-34

Gorham, E. (1995). In *Biotic Feedbacks in the Global Climatic System* (eds Woodwell, G. M. & MacKenzie, F. T.), Oxford University Press, New York, pp. 169–187.

Groupe de travail national sur les terres humides (GTNTH). (1997). Le système de classification des terres humides du Canada (SCTHC), 2e édition. Édité par B.G. Warner et C.D.A. Rubec. Recherche sur les terres humides, Université de Waterloo. Waterloo. Ontario. 68 p.

Haines-Young, R. & Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES), version 4.3. Report to the European Environment Agency EEA/BSS/07/007. [En ligne] cices.eu

Hébert, S. & Légaré, S. (2000). Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq no ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p. et 3 annexes.

Hynes, H.B.N. (1970). *The Ecology of running Water*. Univ. of Toronto Press. 555 pp.

Jenks & Caspall. (1971). Error on choroplethic maps : Definition, measurement, reduction, *Annals of Association American Geographer*, 61 , 217-244.

Jobin, B., L. Gratton, M.-J. Côté, O. Pfister, D. Lachance, M. Mingelbier, D. Blais, A. Blais et D. Leclair. (2018). Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les Basses-terres du Saint-Laurent - Rapport méthodologique version 1. Environnement et Changement climatique Canada, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 158 p.

Joly, M., Primeau, S., Sager, M. & Bazoge, A. (2008). Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides. *Première édition*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 68 p.

Kukkala, A. S., & Moilanen, A. (2013). Core concepts of spatial prioritisation in systematic conservation planning. *Biological Reviews*, 88(2), 443-464.

Lachance, S. C. (2017). Développement d'une approche de planification systématique de la conservation des milieux humides et de la sauvagine: étude de cas en Abitibi-Témiscamingue, (Dissertation doctorale, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue).

Lachance, S. C., M. Darveau & L. Imbeau. (2017). Méthode de classification des milieux humides du Québec boréal à partir de la carte écoforestière du 4e inventaire décennal, Rapport technique (sous presse), Canards Illimités Canada, 25 p.

Lavoie, R., Deslandes, J., & Proulx, F. (2016). Assessing the ecological value of wetlands using the MACBETH approach in Quebec City. *Journal for nature conservation*, 30, 67-75.

Lebel, A. (2015). Analyse et synthèse des plans de conservation des habitats des basses-terres du Saint-Laurent. Rapport préparé par le Bureau d'écologie appliquée pour le Service canadien de la faune, Environnement Canada, 55 p + annexes.

Legendre & Legendre. (1998). *Numerical ecology*, 2nd English edition, Elsevier Science BV, Amsterdam, xv + 853 p.

Limoges, B., Boisseau, G., Gratton, L., & Kasisi, R. (2013). Terminologie relative à la conservation de la biodiversité in situ. *Le Naturaliste canadien*, 137(2), 21-27.

Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés, RLRQ, C-6.2 (« Loi sur l'eau »)

Loi sur la qualité de l'environnement, RLRQ, c. Q-2 (« LQE »)

Magurran, A.A. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, 179 p.

Margules, C. R., & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405(6783), 243 p.

Mendoza, G. A., & Martins, H. (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: a critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest ecology and management*, 230(1-3), 1-22.

Michaud, C. (2010). Notions de cours d'eau. Présentation du MDDELCC. [En ligne] http://www.aqve.com/sites/default/files/documents/actes_colloque_2010_cmichaud.pdf

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2015). Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, Direction des politiques de l'eau, 131 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2018a). Aires protégées au Québec - Les provinces naturelles - Basses-terres du Saint-Laurent, Consulté le 12-07-2018. [En ligne] http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/provinces/partie4b.htm

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2018b). Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques. Gouvernement du Québec. [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/milieux-humides/loi.htm>

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2018c). Rapport sur L'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec. Gouvernement du Québec. [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/rapportsurleau/Etat-eau-ecosysteme-aquatique-milieuHumides-effets.htm>

OBV Charlevoix-Montmorency. (2014). Plan directeur de l'eau de la zone hydrique Charlevoix-Montmorency - Chapitre 1 - Présentation générale de la zone hydrique Charlevoix-Montmorency. Présenté au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Août 2014. 903 p.

OQLF, (2013). Le grand dictionnaire terminologique, [En ligne] http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8358590

Ontario Ministry of Natural Resources. (2014). *Ontario wetland evaluation system, southern manual v.3.3.*, Peterborough, 283 p.

Ouranos (2017). Milieux humides et changements climatiques – le rôle important des milieux humides dans l'adaptation. [En ligne] <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Fiche-MilieuxHumides-20170515.pdf>

Paradis-Lacombe, P. (2018). Caractérisation de l'état et de la durabilité des traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers. 92 p.

Pellerin, S. & M. Poulin. (2013). Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. 18 avril 2013.

Rocheffort, L., A. Bazoge, G. Garneau, M. Joly, S. Jutras, S. Pellerin, M. Poulin & F. Poisson. (2011). Peatland Inventories and Conservation in Québec. Groupe de recherche en écologie des tourbières et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, dans le cadre du Symposium on Responsible Peatland Management and Growing Media tenu à Québec les 13 et 17 juin 2011, 29 p.

Roe, J. H., & Georges, A. (2007). Heterogeneous wetland complexes, buffer zones, and travel corridors: landscape management for freshwater reptiles. *Biological Conservation*, 135(1), 67-76.

Saunders, D. A., Hobbs, R. J., & Margules, C. R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation biology*, 5(1), 18-32.

Schweiger, E.W., S.G. Lwibowitz J.B. Hyman, W.E. Foster et M.C. Downing. (2002). Synoptic assessment of wetland function: a planning tool for protection of wetland species biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 11: 379-406.

Tardif, B., G. Lavoie & Y. Lachance. (2005). Atlas de la biodiversité du Québec. Les espèces menacées ou vulnérables. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 60 p.

Varin, M. (2013). Cartographie de trois fonctions écologiques des milieux humides à l'aide d'indicateurs spatiaux dans un contexte d'aide à la décision, Mémoire de maîtrise, Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke, 95 p. + annexes.

Warner, B. G., & Rubec, C. D. A. (1997). Système de classification des terres humides du Canada. Centre de recherche sur les terres humides, Université de Waterloo., Waterloo, Ontario, Canada.

Annexe A : Classification des milieux humides

Les annexes qui suivent présente un document d'application permettant de reproduire l'essai-projet. Les différents protocoles ont été réalisé à l'aide du logiciel QGIS 2.18.17. Il existe actuellement une version 3.x.x, mais il est impossible de confirmer la compatibilité de la méthode avec cette nouvelle version. À la fin de ce document (annexe G), un aide-mémoire concernant les différentes fonctionnalités de l'interface de QGIS 2.18 est disponible. La méthode a été testée sur le territoire de l'OBV Charlevoix-Montmorency.

La présente annexe se penche sur la classification des milieux humides. Une couche de données de milieux humides classifiés à l'extérieur des BTSL n'est actuellement pas disponible au Québec. La classe structurale des milieux humides est un indicateur pour les critères de biodiversité. Pour appliquer cette méthode sur tout le territoire des OBV du Québec, une méthodologie de classification des milieux humides doit être développée.

La méthode de classification des milieux humides du Québec boréal à partir de la carte écoforestière du 4^e inventaire décennal (Lachance et al., 2017, Annexe A) propose une alternative intéressante. La présente section offre donc une méthodologie adaptée de cette classification des milieux humides à partir des inventaires écoforestiers.

Pour plus d'informations, veuillez-vous référer au rapport technique de la méthode de classification (Lachance et al., 2017). Le tableau A1 dénombre toutes les couches de données nécessaires à la réalisation de la méthodologie alors que le tableau A2 détaille toutes les étapes de la méthodologie.

Tableau A1. Données géomatiques utilisées pour réaliser la méthode de classification

#	Nom	Produit/ producteur	Syst. de coordonnées	Format	Hyperlien
C1	Couche polygonale de peuplements forestiers de l'inventaire écoforestier du 4e décennal (SIEF_C08PEEFO)	SIEF	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Données Québec

C2	Couche hydrographique linéaire (CRHQ_RH_L)	CRHQ	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	ROBVQ Voir CRHQ
C3	Couche hydrographique surfacique (CRHQ_RH_S)	CRHQ	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	ROBVQ Voir CRHQ
C4	Couche polygonale des zones de gestion intégrée de l'eau (ZGIE, ZGIEBV)	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Données Québec
C5	Couche des milieux humides potentiels	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Données Québec
C6	Atlas de conservation des terres humides de la vallée du Saint-Laurent (1993-1994)	Environnement Canada	NAD83 / UTM zone 18N – 19N	Shapefile	Environnement Canada

L'Atlas de conservation des terres humides de la vallée du Saint-Laurent (tableau A1, ligne C6) est une source d'information supplémentaire de milieux humides classifiés. Toutefois, la cartographie détaillée de CIC demeure la couche de données la plus précise (si disponible). Il est d'ailleurs recommandé de vérifier l'avancement des travaux de la cartographie détaillée, car ils sont en constant développement.

Tableau A2. Traitements et requêtes géomatiques pour réaliser la méthode de classification

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts / Explications
1	Importer les différentes géodatabases nécessaires dans le tableau A1 (cliquer sur l'icône :  et voir figure A1 pour ajouter une géodatabase vectorielle dans votre projet QGIS et figure A2 pour savoir les couches nécessaires).	SIEF_C08PEEFO CRHQ_RH_L CRHQ_RH_S ZGIE ZGIEBV		Ajouter les couches de données.
2	Utiliser l'outil Définir une projection courante (Vecteur → Outils de gestion de données) et projeter en NAD83/Québec Lambert.	SIEF_C08PEEFO CRHQ_RH_L CRHQ_RH_S		Assurer le bon affichage cartographique.

	Il est également nécessaire de définir le SCR du projet à partir de cette couche (Clic droit sur la couche). La projection peut être différente si votre territoire se situe près des limites de la province.	ZGIE ZGIEBV		
3	Ouvrir la table attributaire de la couche (Clic droit sur celle-ci). Utiliser l'outil Select by expression à partir de la table attributaire de la couche  Sélectionner la zone à l'aide d'un opérateur like et du champ ZGIE (voir figure A3) ou Vous pouvez également sélectionner directement le territoire avec l'outil suivant:  *Il est important que la couche dont vous voulez sélectionner une entité soit elle-même sélectionnée dans la table des matières Enregistrer sous en .shp (ESRI Shapefile) votre sélection pour en créer une couche. (Clic droit sur la couche → Enregistrer sous.) (voir figure A4).	Couche polygonale des zones de gestion intégrée de l'eau (ZGIE, ZGIEBV)	OBV_CM	Sélectionner la zone de gestion intégrée de l'eau de votre OBV.

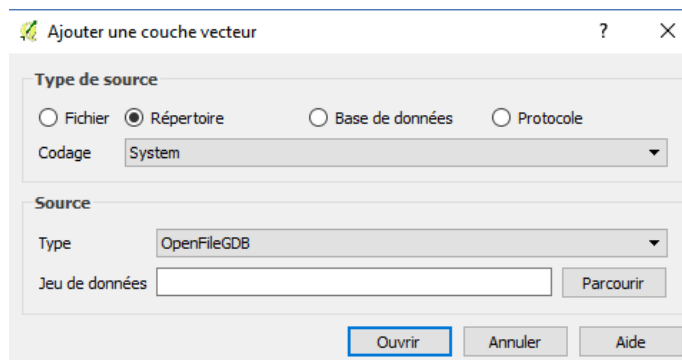


Figure A1. Procédure pour ajouter une géodatabase vectorielle

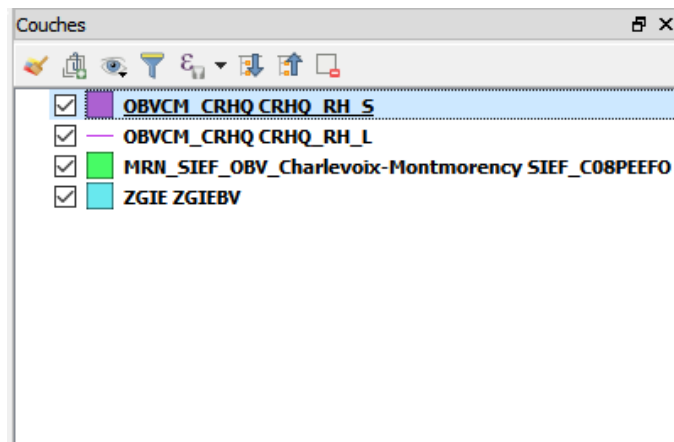


Figure A2. Les couches nécessaires pour la classification (vue de la table des matières)

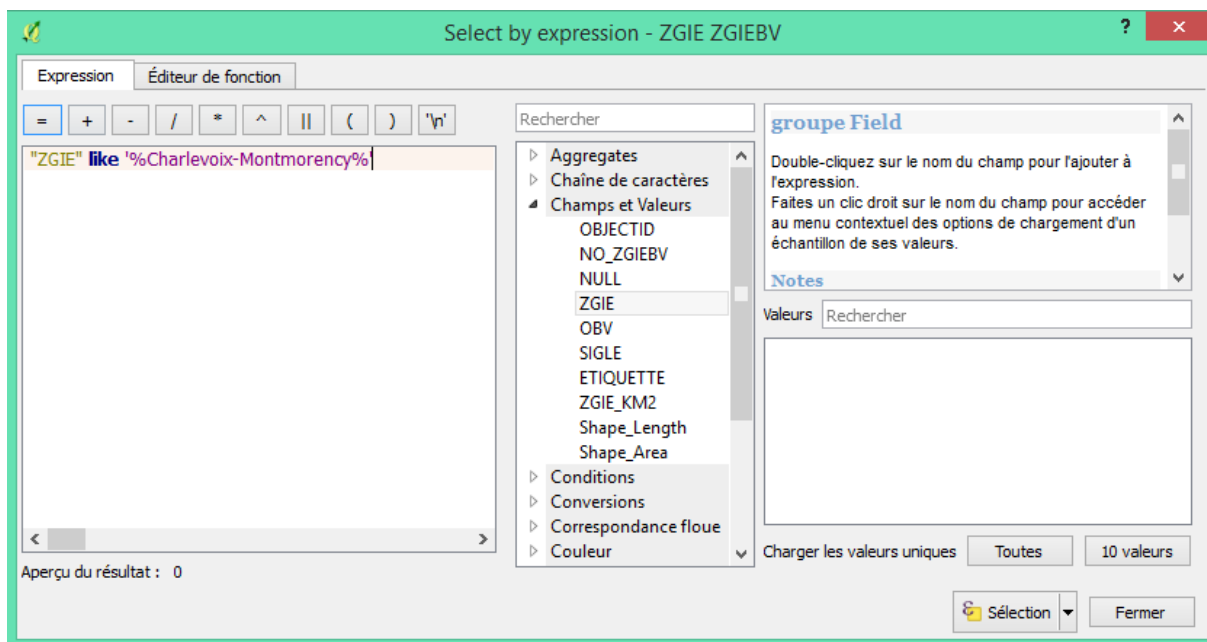


Figure A3. Utilisation de l'outil *Select by expression*

Enregistrer la couche vectorielle sous..

Format: ESRI Shapefile

File name: C:/Users/Guillaume/Desktop/MH_data/Classification_MH/OBV_CM.shp Parcourir

Layer name:

SCR: SCR sélectionné (EPSG:32198, NAD83 / Quebec Lambert)

Codage: System

☒ Enregistrer que les entités sélectionnées

► Sélectionner les champs à exporter et leurs options d'export

☒ Ajouter les fichiers sauvegardés à la carte

Exporter la symbologie: Pas de symbologie

Échelle: 1:50000

► Géométrie

► ☐ Etendue (courant: couche)

▼ Options de la couche

RESIZE: NO

SHPT: <Défaut>

► Options personnalisables

OK Annuler Aide

Figure A4. Enregistrer une sélection pour créer une nouvelle couche

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts / Explications
4	Faire une requête spatiale pour sélectionner tous les peuplements forestiers (SIEF_C08PEEFO) intersectant le territoire sélectionné: Onglet Vecteur → Requête spatiale (voir figure A5). Si l'option n'apparaît pas, veuillez l'activer en allant dans Extension → Installer/Gérer les extensions → et cocher : « Extension de requête spatiale ». Enregistrer sous la sélection comme à l'étape 3 et créer une nouvelle couche.	OBV_CM SIEF_C08PEEFO	Peuplement_OBVCM	Créer une couche de peuplement forestier de votre territoire pour faciliter les traitements géomatiques suivants.

5	Ajouter des champs « <i>Type</i> » et « <i>Sous-type</i> » pour définir les milieux humides dans la table attributaire des peuplements écoforestiers. Créer les nouveaux champs avec la calculatrice de champs qui se situe dans la barre d'outils de la table attributaire (voir figure A6) 	Peuplement_ OBVCM	Ajouter des champs « <i>Type</i> » et « <i>Sous-type</i> »	Mise en forme de la table attributaire pour ajouter l'information.
6A	Détermination des milieux marécageux et marais : <i>Marécage inondé:</i> Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner tous les marécages inondés à l'aide du champ CO_TER (voir figure A8). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « <i>Type</i> » et « <i>Sous-type</i> » préalablement créés (voir figure A7). Vous devez entrer en mode édition pour effectuer la mise à jour.	Peuplement_ OBVCM	Mise à jour du champ « <i>Type</i> » : Marecage Mise à jour du champ « <i>Sous-type</i> » : Inonde	Classifier les milieux humides de type « Marécage ».
6B	<i>Marécage arbustif :</i> Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner tous les marécages arbustifs à l'aide du champ CO_TER et TYPE_ECO (voir figure A9). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « <i>Type</i> » et « <i>Sous-type</i> » préalablement créés.	Peuplement_ OBVCM	Mise à jour du champ « <i>Type</i> » : Marecage Mise à jour du champ « <i>Sous-type</i> » : Aulnaie (Arbustif)	Classifier les milieux humides de type « Marécage ».
	Cause d'erreur Les marais et les marécages arbustifs sont classifiés dans le même type écologique dans l'inventaire écoforestier du 4^{ème} décennal. Il est donc impossible de les différencier. En isolant les aulnaies (6B) qui représentent une très forte proportion des marécages arbustifs, la cause d'erreur de différenciation entre les marais et les marécages arbustifs est diminuée. Il faut dire que les marais en milieu forestier sont plutôt rares au Québec. La méthode de détection des marais n'est pas assez précise pour créer une classe « Marais ».			

6C	<i>Marais ou Marécage arbustif :</i> Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner tous les marécages arbustifs à l'aide du champ <i>CO_TER</i> et <i>TYPE_ECO</i> (voir figure A10). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « Type » et « Sous-type » préalablement créés. Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant: 	Peuplement_ OBVCM	Mise à jour du champ « Type » : Marecage Mise à jour du champ « Sous-type » : Arbustif/ Marais	Classifier les milieux humides de type « Marécage » et de sous-type « Arbustif/ Marais ».
6D	<i>Marécages arborés pauvres:</i> Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner tous les marécages arborés pauvres à l'aide du champ <i>CO_TER</i> et <i>TYPE_ECO</i> (voir figure A11). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « Type » et « Sous-type » préalablement créés	Peuplement_ OBVCM	Mise à jour du champ « Type » : Marecage Mise à jour du champ « Sous-type » : Arbore pauvre	Classifier les milieux humides de type « Marécage ».
6E	<i>Marécages arborés riches:</i> Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner tous les marécages arborés riches à l'aide du champ <i>CO_TER</i> et <i>TYPE_ECO</i> (voir figure A12). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « Type » et « Sous-type » préalablement créés Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant: 	Peuplement_ OBVCM	Mise à jour du champ « Type » : Marecage Mise à jour du champ « Sous-type » : Arbore riche	Classifier les milieux humides de type « Marécage ».

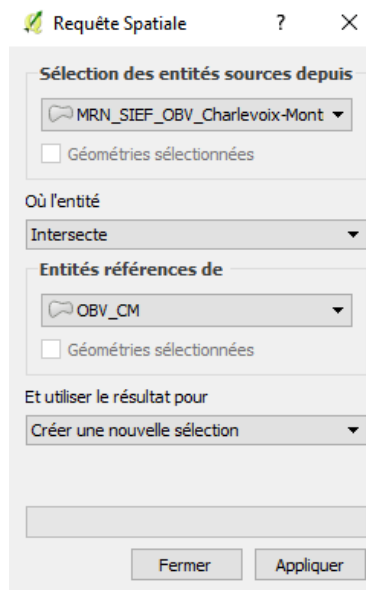


Figure A5. Les couches à utiliser pour effectuer la requête spatiale

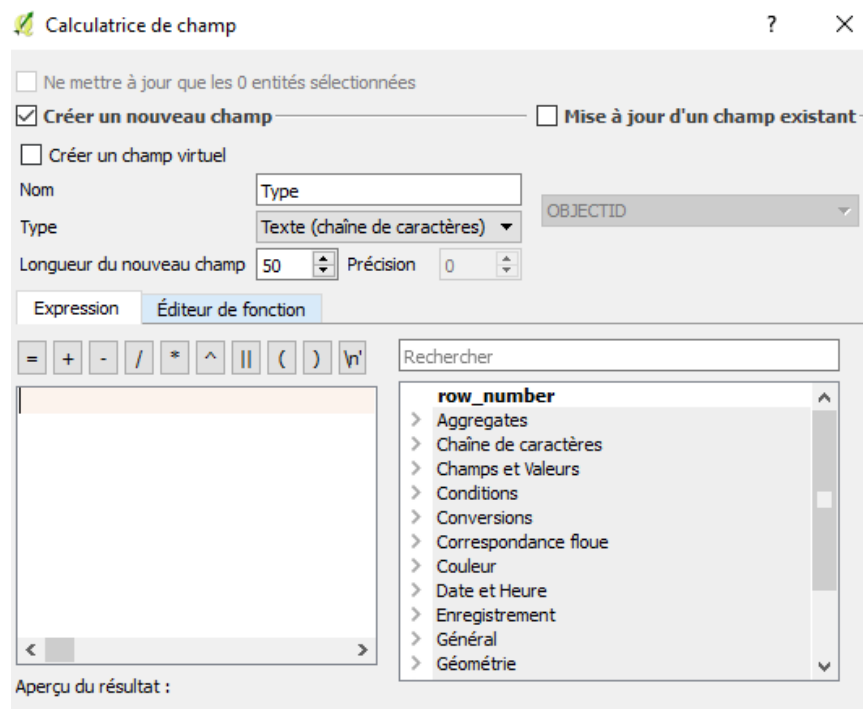


Figure A6. La création d'un champ dans la table attributaire à l'aide de la *Calculatrice de champs*

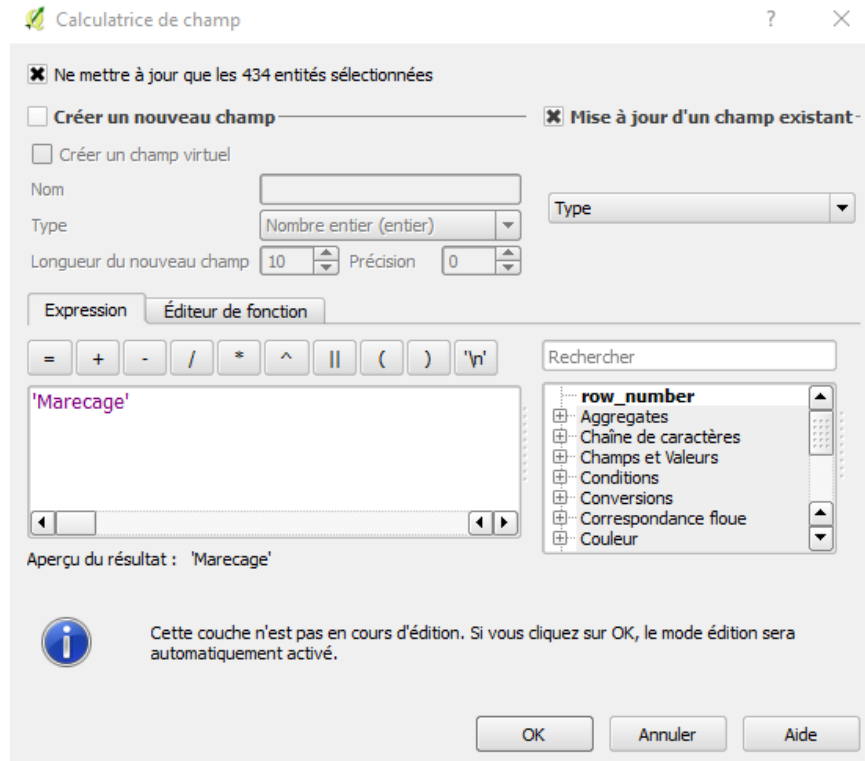


Figure A7. La mise à jour d'un champ existant à l'aide de la *Calculatrice de champs*

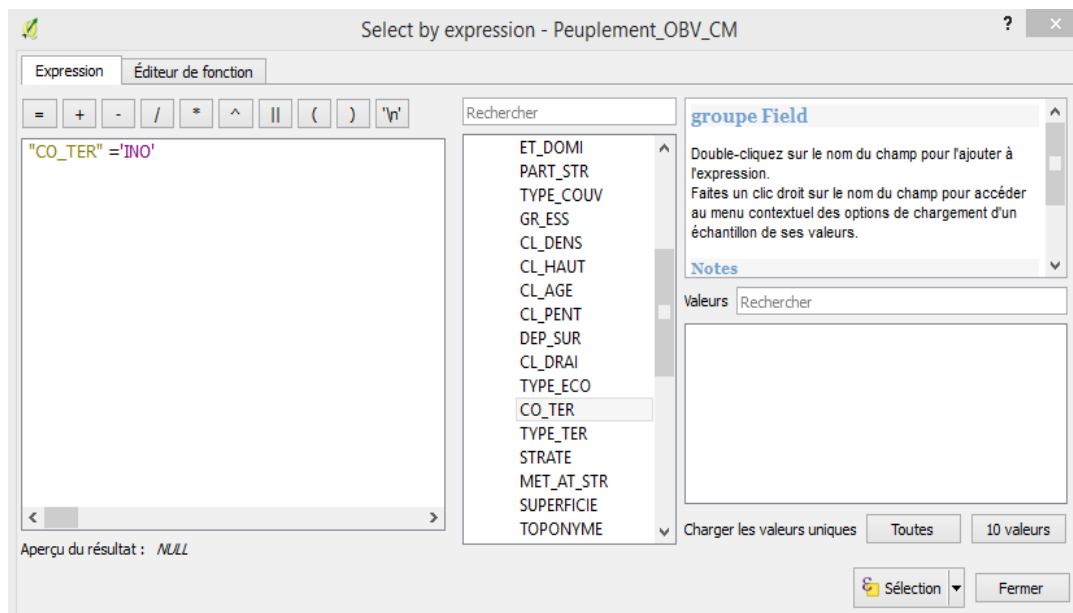


Figure A8. La requête pour sélectionner les marécages inondés à l'aide de l'outil *Select by expression*

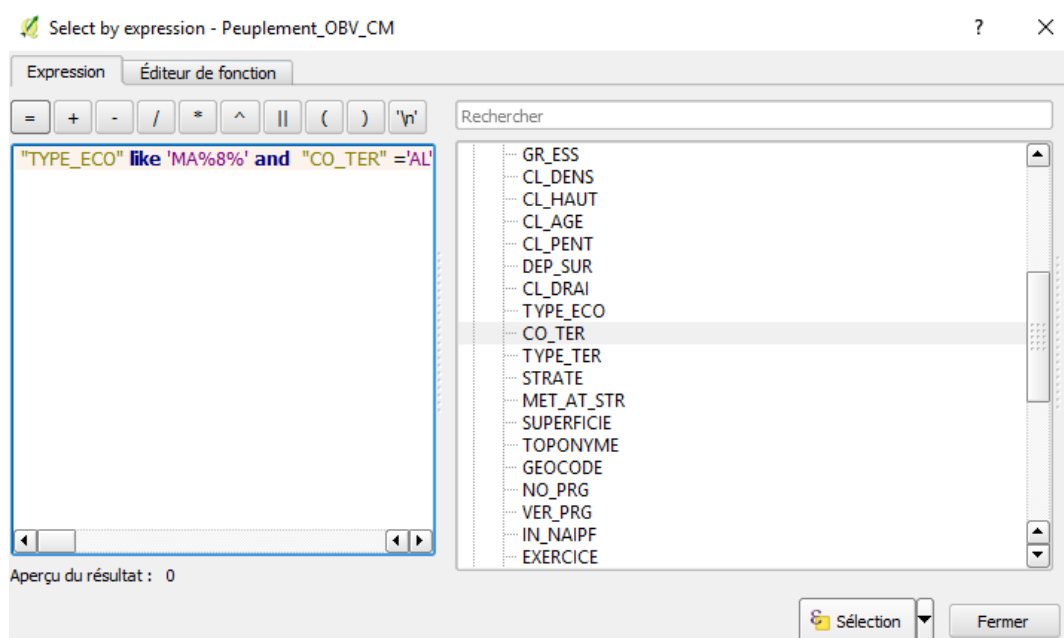


Figure A9. La requête pour sélectionner les marécages arbustifs (aulnaie) à l'aide de l'outil *Select by expression*

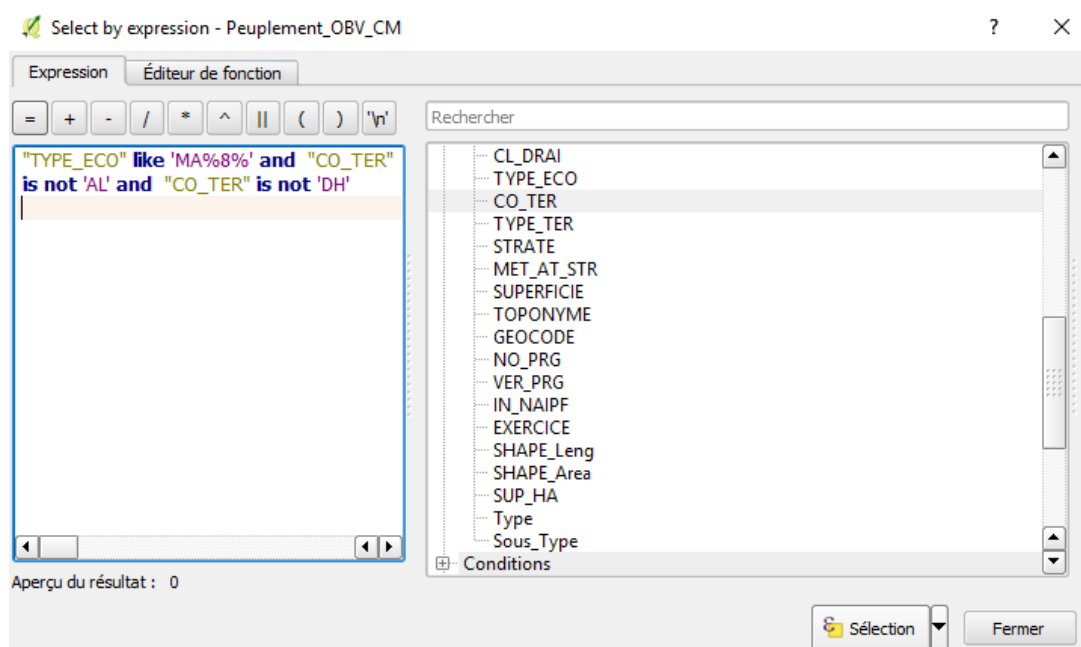


Figure A10. La requête pour sélectionner les marais et les marécages qui ne sont pas des aulnaies à l'aide de l'outil *Select by expression*

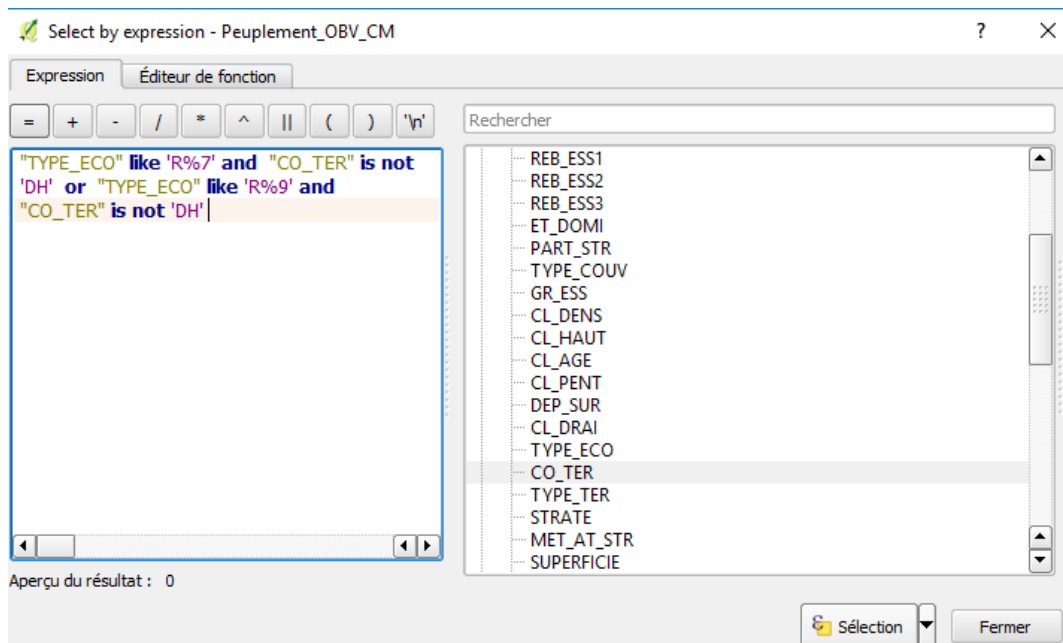


Figure A11. La requête pour sélectionner les marécages arborés pauvres à l'aide de l'outil *Select by expression*

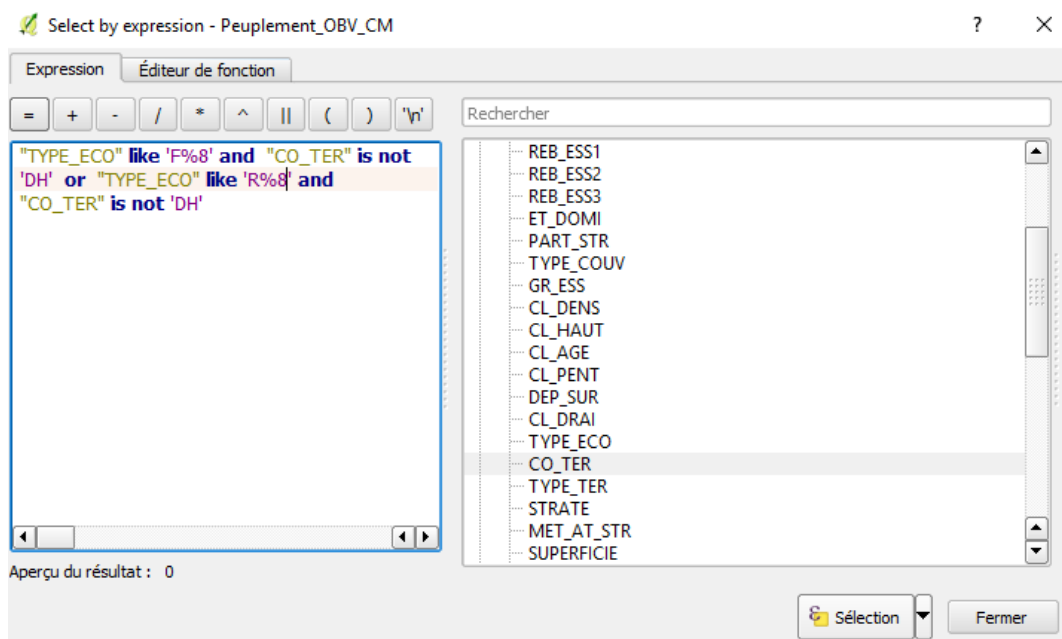


Figure A12. La requête pour sélectionner les marécages arborés riches à l'aide de l'outil *Select by expression*

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts/Explications
7A	Détermination des tourbières: <i>Tourbières bog:</i> Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner toutes les tourbières bog à l'aide du champ <i>TYPE_ECO</i> (voir figure A13). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « Type » et « Sous-type » préalablement créés	Peuplement_OBVCM	Mise à jour du champ « Type » : Tourbiere bog Mise à jour du champ « Sous-type » : Bog	Classifier les milieux humides de type « Tourbière bog ».
7B	<i>Tourbières fen:</i> Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner toutes les tourbières fen à l'aide du champ <i>TYPE_ECO</i> (voir figure A14). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « Type » et « Sous-type » préalablement créés. Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant : 	Peuplement_OBVCM	Mise à jour du champ « Type » : Tourbiere fen Mise à jour du champ « Sous-type » : Fen	Classifier les milieux humides de type « Tourbière fen ».

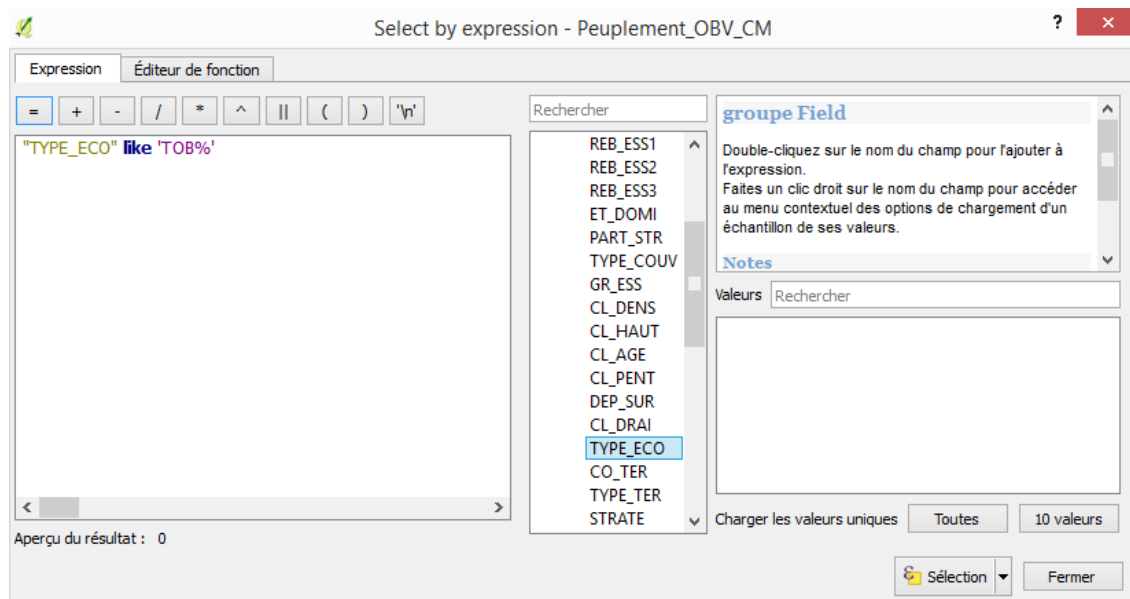


Figure A13. La requête pour sélectionner les tourbières bog à l'aide de l'outil *Select by expression*

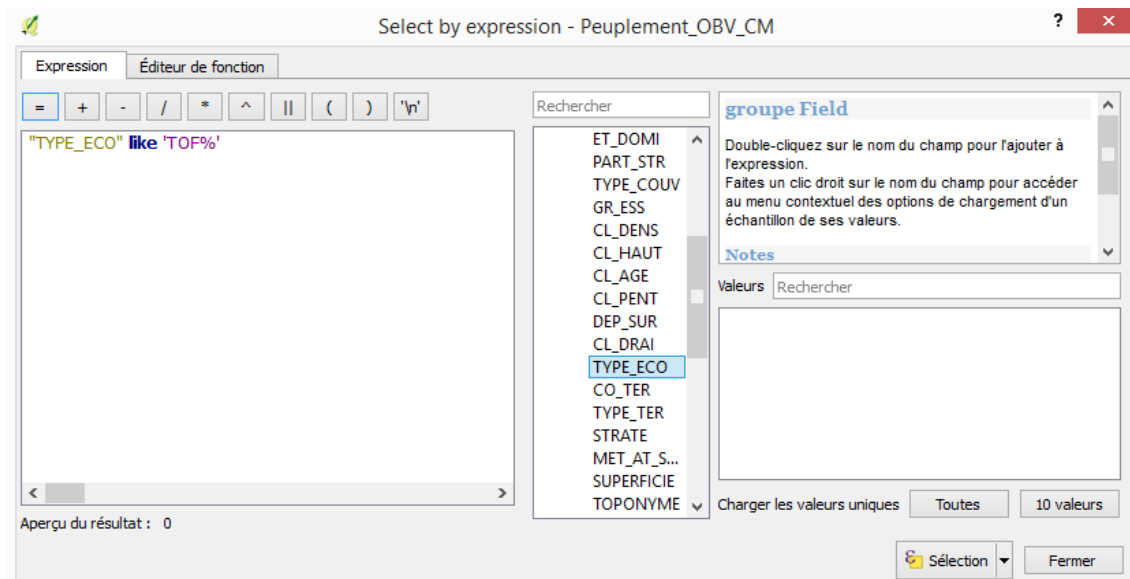


Figure A14. La requête pour sélectionner les tourbières fen à l'aide de l'outil *Select by expression*

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts/Explications
8	Détermination des milieux dénudés humides non différenciés: Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner tous les dénudés humides à l'aide des champs <i>CO_TER</i> et <i>TYPE_ECO</i> (voir figure A15). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « Type » et « Sous-type » préalablement créés. Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant : 	Peuplement_OBVCM	Mise à jour du champ « Type » : Denude humide Mise à jour du champ « Sous-type » : N/A	Classifier les milieux humides de type « Dénudé humide ».
	Cause d'erreur : Les milieux dénudés humides sont des milieux semi-terrestres. Ce sont des milieux particulièrement difficiles à classer à partir de la couche des peuplements forestiers parce qu'ils font souvent référence à un mélange de différents écosystèmes. Par exemple, un mélange complexe de bog, fen et vieux marais de castor serait considéré comme un milieu dénudé humide.			

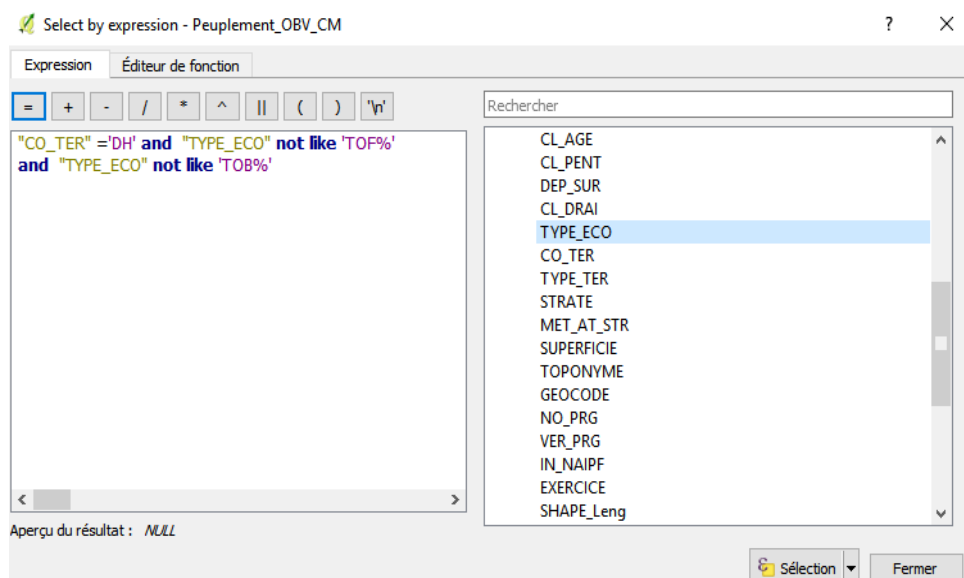


Figure A15. La requête pour sélectionner les dénudés humides à l'aide de l'outil *Select by expression*

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts/explications
	Dans CRHQ surfacique, il y a plusieurs classifications pour les milieux hydriques, dont les lacs et les mares. Cependant, par définition, « les lacs de moins de 8 ha sont plutôt considérés comme des étangs et des mares. En effet, les étendues d'eau de moins de 8 ha ne sont en général pas suffisamment grandes pour qu'il y ait présence de processus lacustres, c'est-à-dire une stratification thermique et la formation de rivages exposés sous l'action du vent et des vagues. » (Lachance et al., 2017). Par conséquent, tous les lacs d'une superficie de moins de 8 ha dans la couche hydrographique surfacique sont considérés comme des étangs et des mares dans la méthodologie. La mare se veut une étendue d'eau de moins de 8 ha isolé du milieu hydrique alors que les étangs sont une étendue d'eau de moins de 8 ha avec une connectivité avec le milieu hydrique.			
9	Créer un nouveau champ SUP_HA dans la couche de peuplement. Utiliser l'outil Calculatrice de champs dans la table attributaire en cliquant sur l'icône suivant :  (Voir figure A16) Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant: 	Peuplement_OBVCM	Ajout du champ « SUP_HA »	Faciliter la sélection des milieux hydriques de moins de 8 ha.
10	Détermination des milieux hydriques d'eau peu profonde (10-15) : Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner tous les milieux hydriques ≤ 8 ha (ou 80 000 m²) à l'aide des champs CO_TER et SUP_HA (ou SHAPE_Area) dans la couche de peuplement écoforestier (voir figure A17).	Peuplement_OBVCM	Sélection d'entités	Sélectionner les milieux hydriques d'une surface inférieure à 8 ha dans la couche des peuplements écoforestiers.
	Lorsque la sélection des milieux hydriques de moins de 8 ha est réalisée, les lacs et les cours d'eau sont sélectionnés. Les milieux hydriques d'eau peu profonde correspondent aux mares et aux étangs. Il faut donc éliminer de la sélection tous les cours d'eau inférieurs à 8 ha sélectionnés à l'étape précédente (10). La distinction entre les cours d'eau et les mares/étangs (lacs de moins de 8 ha) ne peut se faire directement avec la couche de l'inventaire écoforestier parce qu'ils sont regroupés en une seule catégorie. Il faut utiliser la géodatabase du réseau hydrologique du Québec (CRHQ_RH_S).			
11	Utiliser l'outil Select by expression et sélectionner tous les cours d'eau à l'aide du champ DESCRIP (voir	CRHQ_RH_S	Sélection d'entités	Sélectionner les milieux hydriques de moins de 8 ha qui sont des cours d'eau pour pouvoir les éliminer

	figure A18)			de la sélection.
12	Faire une requête spatiale pour supprimer de la sélection tous les cours d'eau dans la couche de peuplement. Il faut supprimer le résultat de l'intersection à la sélection actuelle (Voir figure A19). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « <i>Type</i> ». Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant : 	Peuplement_OBVCM	Mise à jour du champ « <i>Type</i> » : Eau peu profonde	Éliminer de la sélection les cours d'eau de moins de 8 ha dans la couche de peuplement écoforestier.
	La connexion au réseau hydrographique permet de distinguer le sous-type de milieux hydriques d'eau peu profonde (étang ou mare). Le réseau hydrographique est défini par : CRHQ_RH_L.			
13	Sélectionner tous les milieux hydriques d'eau peu profonde avec le champ « <i>Type</i> » (voir figure A20) Étangs : Faire une requête spatiale pour déterminer à partir des entités sélectionnés les milieux connectés au réseau hydrique (voir figure A21). Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « <i>Sous-type</i> ».	Peuplement_OBVCM CRHQ_RH_L	Mise à jour du champ « <i>Sous-type</i> » : Etang	Classifier les milieux humides de type « Étang ».
14	Mares : Sélectionner toutes les autres entités qui n'ont pas été sélectionnées à l'étape 14. Autrement dit, toutes les entités qui sont déconnectées du réseau hydrographique. Réaliser la mise à jour des entités sélectionnées pour les champs « <i>Sous-type</i> ».	Peuplement_OBVCM	Mise à jour du champ « <i>Sous-type</i> » : Mare	Classifier les milieux humides de type « Mare ».

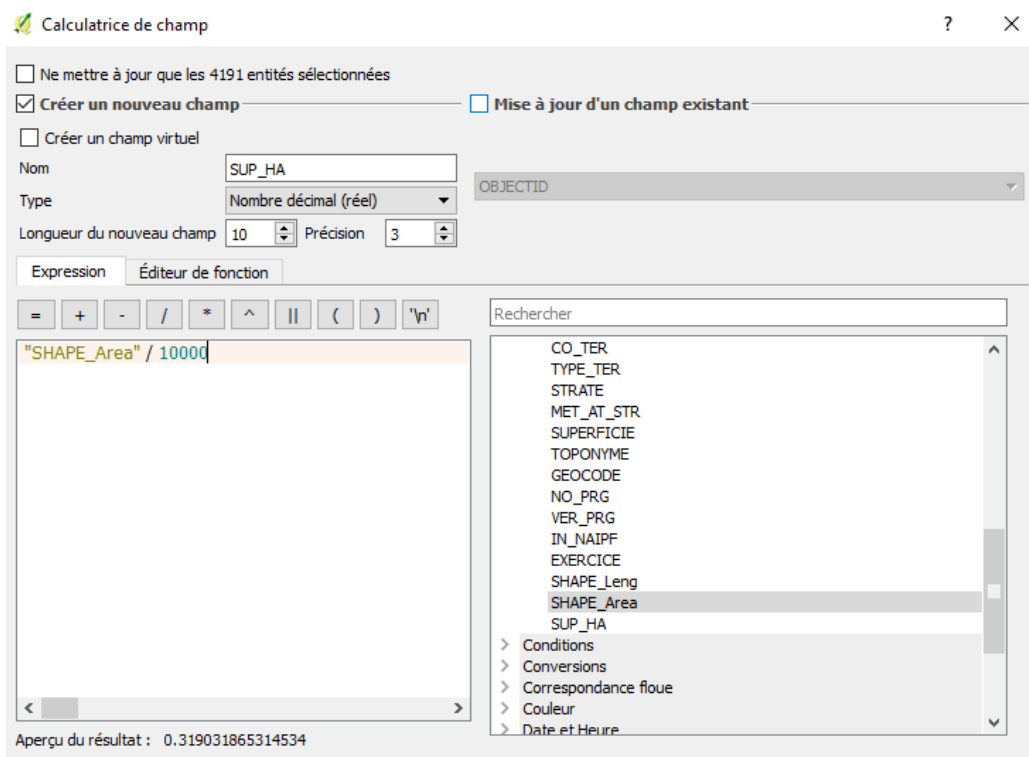


Figure A16. Création du nouveau champ « SUP_HA » dans la table attributaire de « Peuplement_OBVCM » à l'aide de l'outil *Calculatrice de champ*

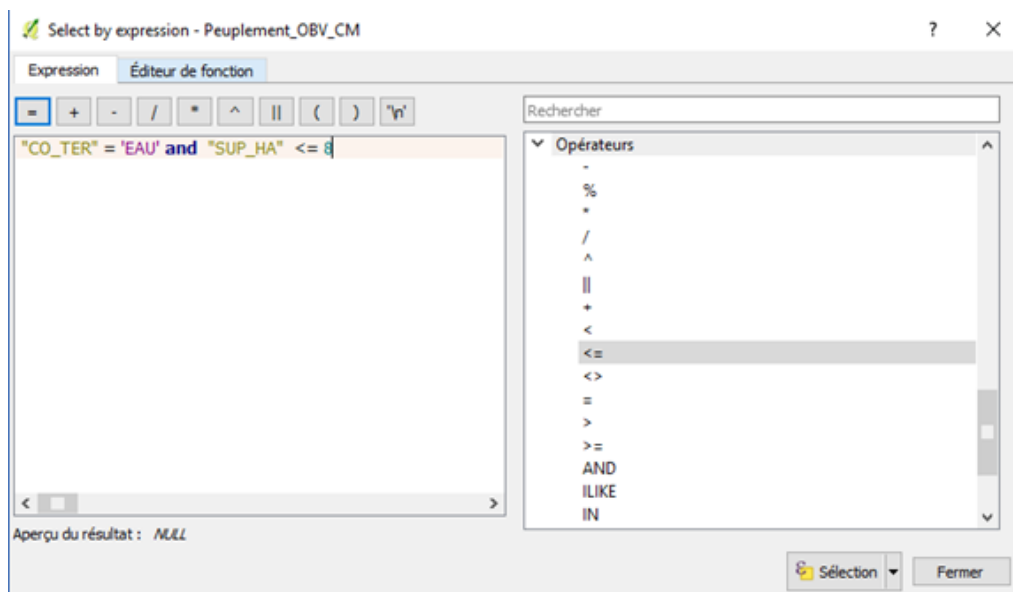


Figure A17. La requête pour sélectionner les milieux hydriques avec une superficie inférieure à 8 ha à l'aide de l'outil *Select by expression*

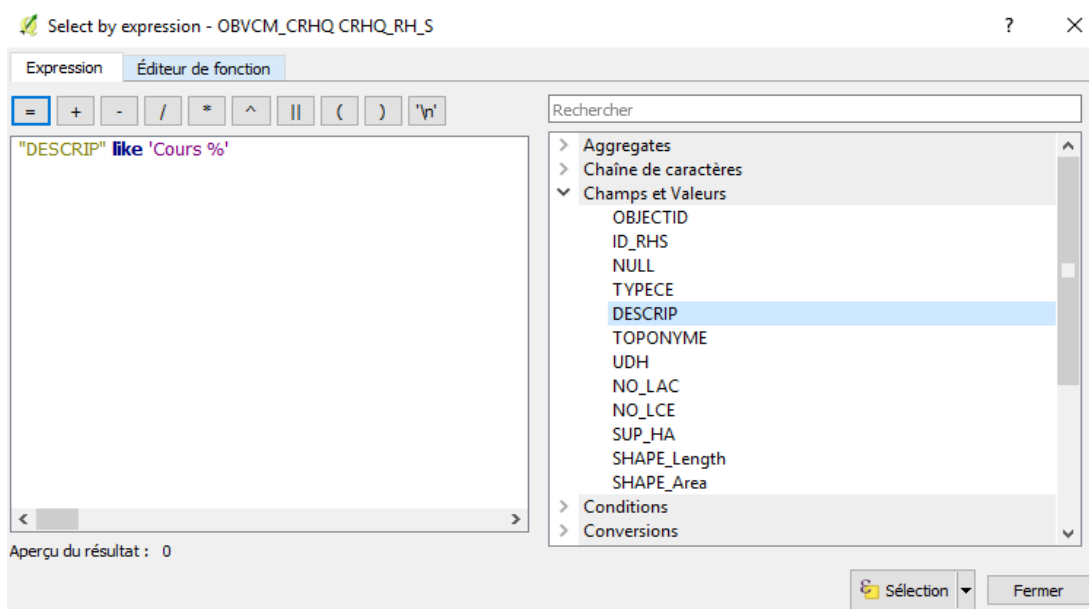


Figure A18. La requête pour sélectionner les cours d'eau surfaciques à l'aide de l'outil *Select by expression*

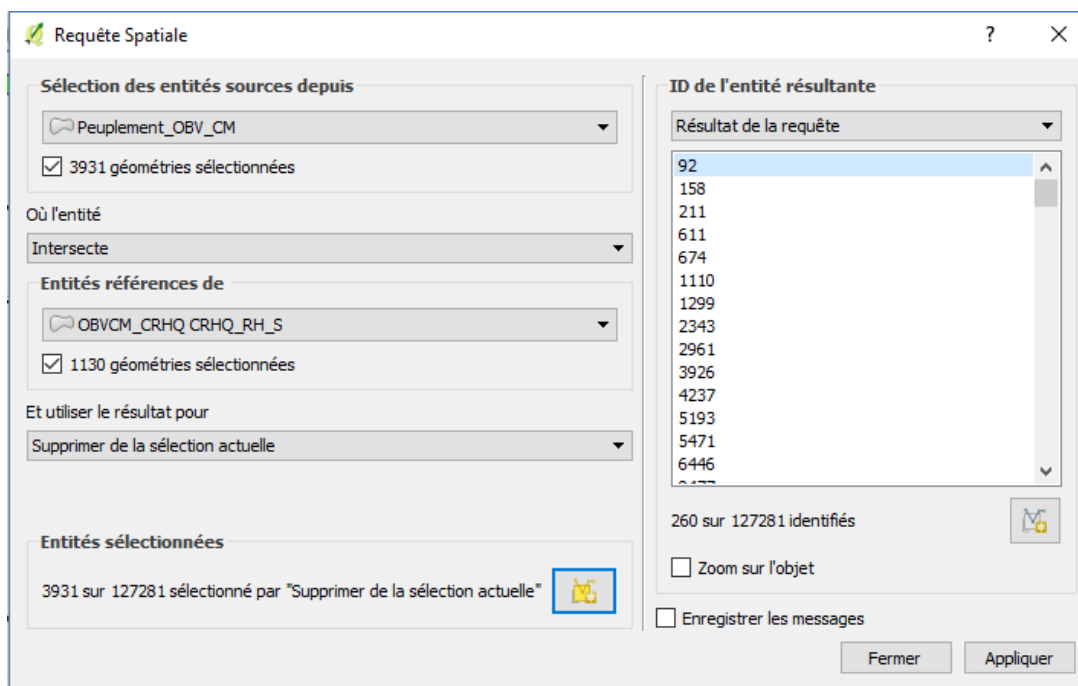


Figure A19. La requête spatiale effectuée pour supprimer de la sélection les cours d'eau des milieux hydriques de 8 ha de la couche peuplement

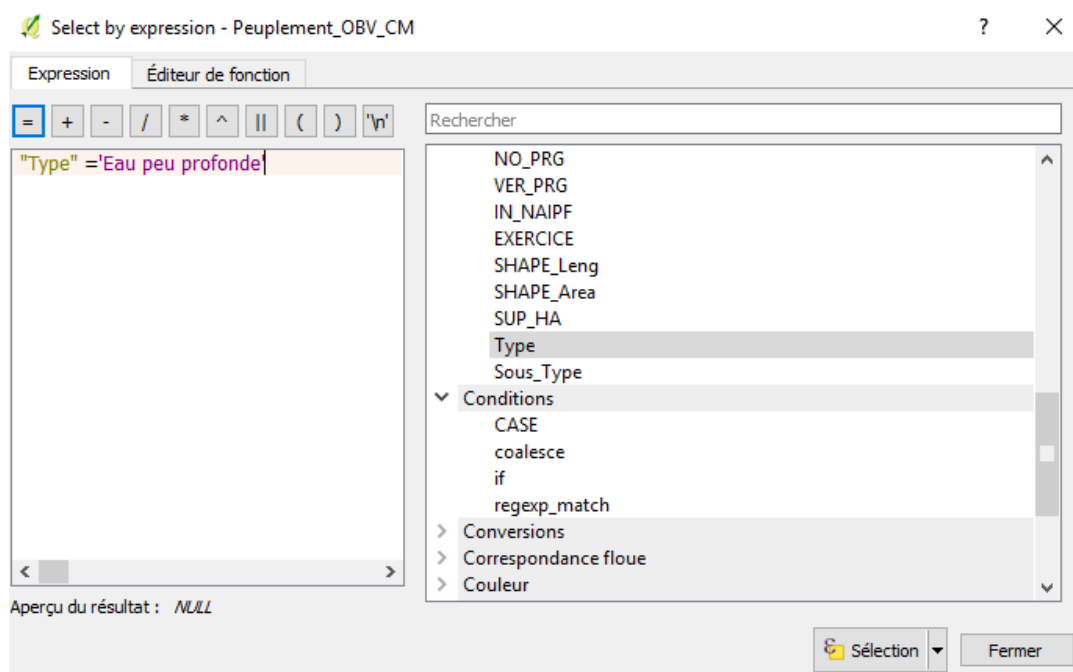


Figure A20. La requête pour sélectionner les milieux hydriques d'eau peu profonde à l'aide de l'outil *Select by expression*

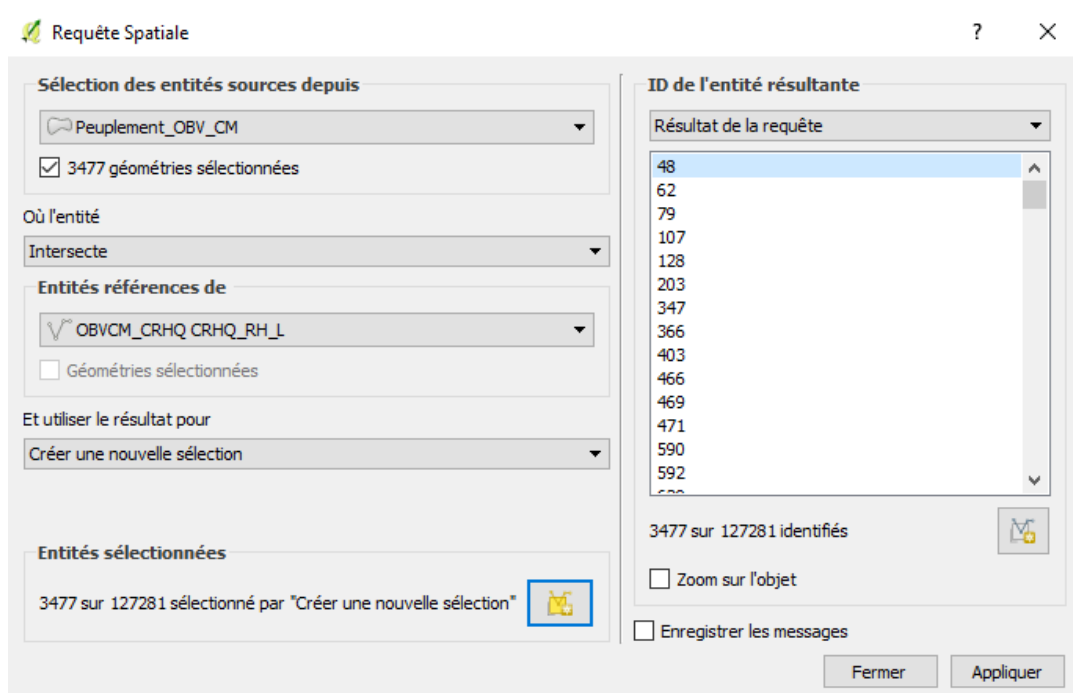


Figure A21. La requête spatiale effectuée pour déterminer quelles entités sont connectées au réseau hydrographique

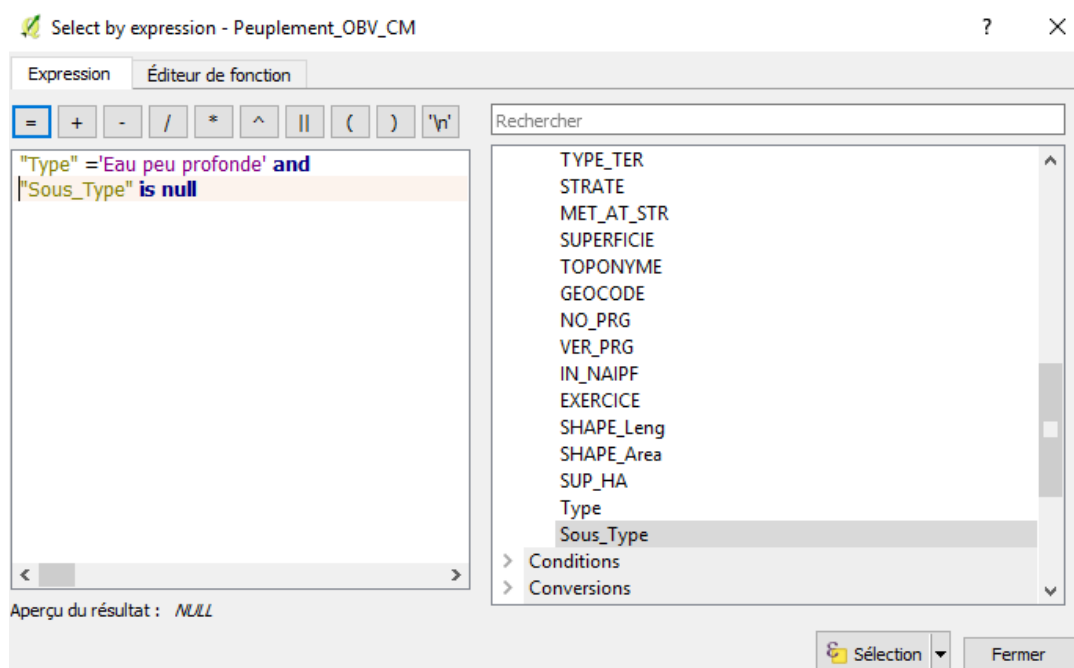


Figure A22. La requête pour sélectionner les milieux hydriques d'eau peu profonde qui ne sont pas connectés au réseau hydrographique à l'aide de l'outil *Select by expression*

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts/explications
15	Sélectionner toutes les entités qui ont été classifiées en différents types de milieux humides au cours des étapes précédentes (voir figure A23) Enregistrer sous en Shapefile la sélection pour en créer une couche. (Clic droit sur la couche dans la bibliothèque → Enregistrer sous.) (voir figure A24) <i>Il faut enregistrer seulement les entités sélectionnées.</i>	Peuplement_OBVCM	OBV_CM_MH	Création d'une couche de milieux humides pour le territoire à l'étude.
16	Supprimer les champs qui ne sont pas pertinents dans la table attributaire :  (voir figure A25)	OBV_CM_MH	Élimination de champs	Augmenter l'efficacité de la base de données.
17	Créer un nouvel identifiant	OBV_CM_MH	Ajout d'un champ	Assurer une bonne

	personnalisé à l'aide de la calculatrice de champs (voir figure A26) : 		«MH_ID »	identification (ID) des milieux humides.
--	---	--	----------	--

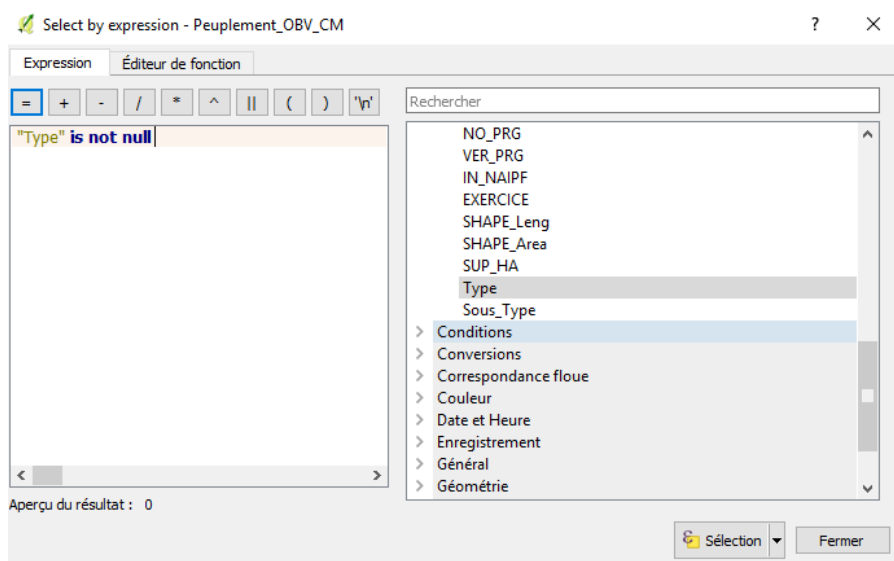


Figure A23. La requête pour sélectionner tous les milieux humides classifiés à l'aide de l'outil *Select by expression*

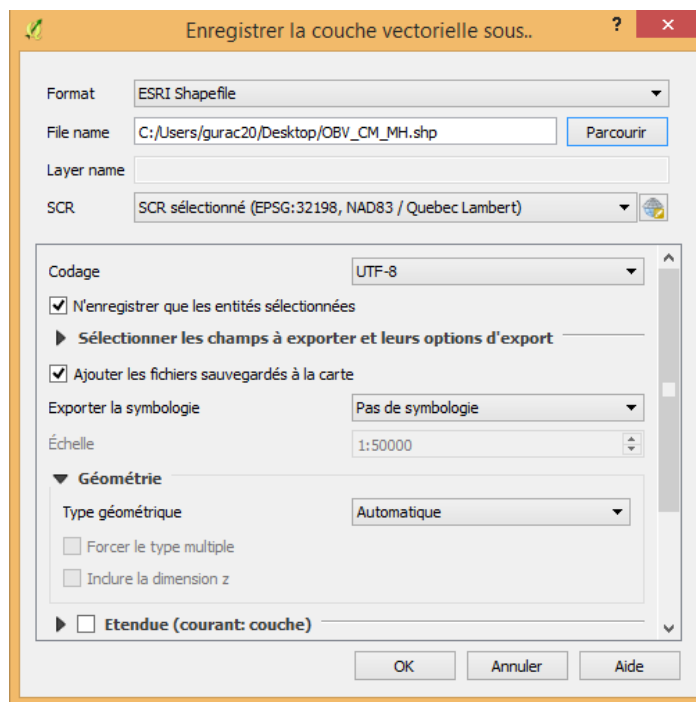


Figure A24. Enregistrement de la sélection des entités et création d'une couche distincte de milieux humides

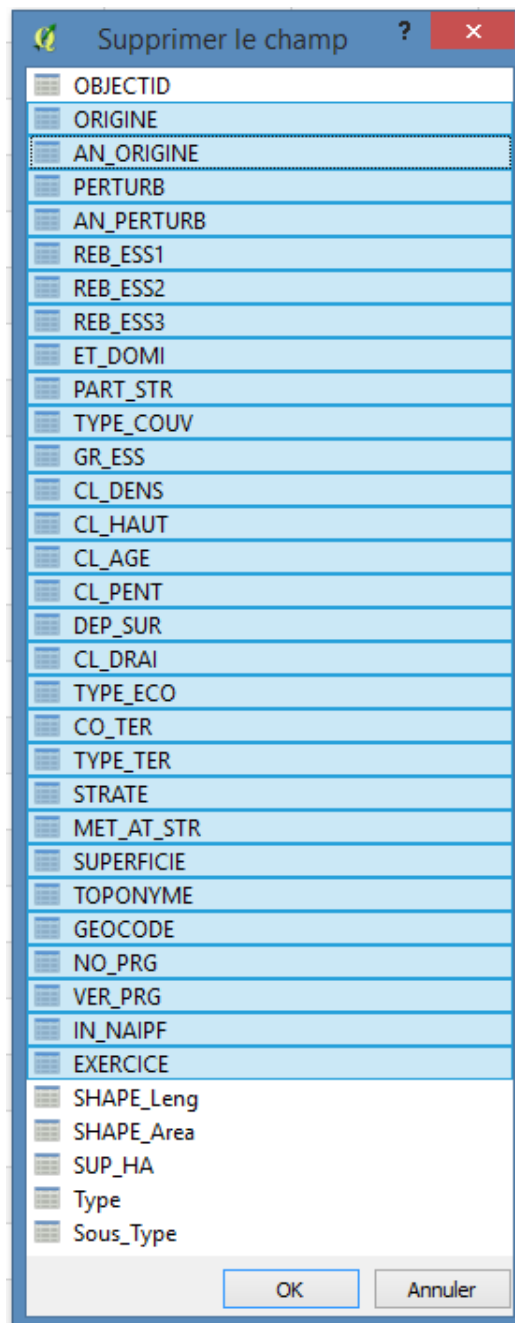


Figure A25. Les champs supprimés de la table attributaire de *OBV_CM_MH*

 Calculatrice de champ

☐ Ne mettre à jour que les 0 entités sélectionnées

☒ Créer un nouveau champ ☐ Mise à jour d'un champ existant

☐ Créer un champ virtuel

Nom: MH_ID

Type: Nombre entier (entier)

Longueur du nouveau champ: 10 Précision: 0

OBJECTID

Expression Éditeur de fonction

= + - / * ^ || () 'n'

\$ID

Rechercher

row_number

- > Aggregates
- > Chaîne de caractères
- > Champs et Valeurs
- > Conditions
- > Conversions
- > Correspondance floue
- > Couleur
- > Date et Heure
- > Enregistrement
- > Général
- > Géométrie

Aperçu du résultat : 0

 Cette couche n'est pas en cours d'édition. Si vous cliquez sur OK, le mode édition sera automatiquement activé.

OK Annuler Aide

Figure A26. Création d'un identifiant (ID) pour la couche de milieux humides avec la calculatrice de champs

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts/explications
	La couche des peuplements écoforestiers du 4 ^{ème} décennal est une couche réalisée pour le milieu terrestre. Les milieux semi-aquatiques sur les rives du fleuve Saint-Laurent n'ont donc pas été caractérisés. Il faut s'assurer de compléter la couche de milieux humides produite aux étapes précédentes avec la couche des milieux humides potentiels. Cette étape permet de prendre en compte les limites de la classification des milieux humides avec la méthode des peuplements écoforestiers.			
18	Il faut établir un polygone de sélection pour les milieux humides potentiels. Établir une zone de tampon de 1000 mètres avec l'outil Distance de tampon fixe (voir figure A27).	OBV_CM (Créer à l'étape 3)	Tampon_OBVCM	Créer un polygone de sélection prenant en compte les milieux humides riverains du fleuve.
19	Faire une requête spatiale pour sélectionner tous les milieux humides potentiels intersectant la zone tampon créée à l'étape 19 : Onglet Vecteur → Requête spatiale (voir figure A28).	Milieux humides potentiels : (MH_potentiel_qc Mh_potentiels_qc MultiPolygon) + Tampon_OBVCM	MH_potentiel	Créer une couche de milieux humides potentiels non-classifiée pour le territoire à l'étude.

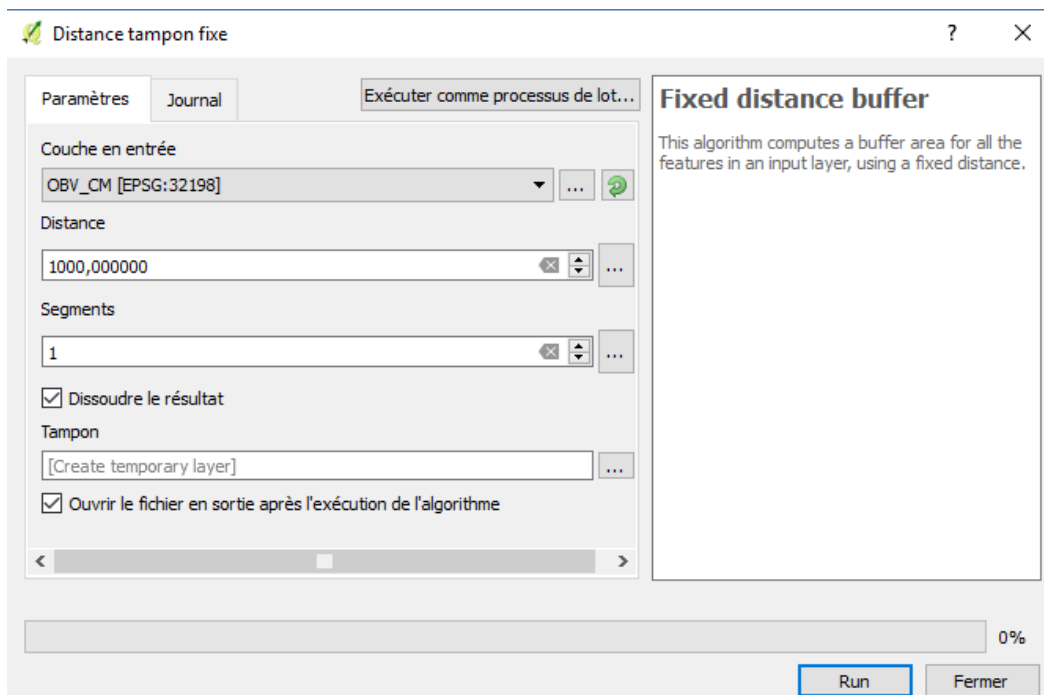


Figure A27. Création d'une zone tampon à l'aide de l'outil *Distance tampon fixe*

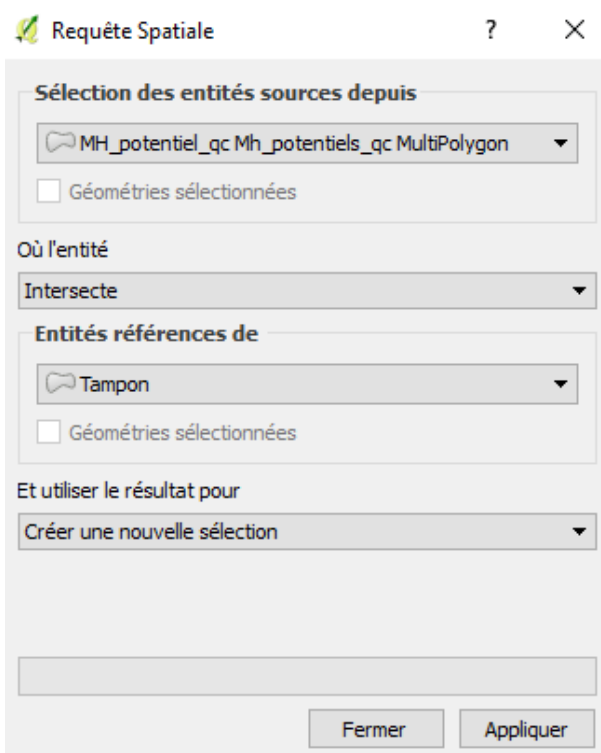


Figure A28. La sélection des milieux humides potentiels intersectant la zone tampon par une requête spatiale

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts/explications
	La différence entre les deux couches (MH_potentiel et OBV_CM_MH) permet de cibler les entités qui devront être ajoutées à la couche OBV_CM_MH. Les milieux ajoutés ne seront cependant pas classifiés et seront composés majoritairement de milieux riverains-fleuve. Il est possible d'utiliser d'autres couches de milieux humides qui ne sont pas nécessairement disponible pour tous les OBV, mais qui sont présente sur le territoire. La couche classifiée de l'Atlas de conservation des terres humides de la vallée du Saint-Laurent (1993-1994) est intéressante.			
20	Utiliser l'outil <i>Différence</i> de SAGA pour déterminer les milieux qui sont supplémentaires à la couche <i>MH_potentiel</i> (Couche de différenciation : <i>OBV_CM_MH</i>) (voir figure A29)	MH_potentiel + OBV_CM_MH	Difference_MH	Cibler les entités qui devront être ajoutées à la couche <i>OBV_CM_MH</i> .
21	Création des champs <i>MH_ID</i> , <i>Type</i> et <i>Sous_Type</i> en utilisant la <i>Calculatrice de champs</i> . Il faut écrire avec la même syntaxe les champs que dans la table attributaire de la couche <i>OBV_CM_MH</i> . Pour le champ « <i>MH_ID</i> » : Ne rien inscrire pour l'instant (Mettre deux apostrophes) (voir figure A30).	Difference_MH + OBV_CM_MH	Ajout des champs <i>MH_ID</i> , <i>Type</i> et <i>Sous_Type</i> Le champ « <i>MH_ID</i> » : Ne rien inscrire Le champ « <i>Type</i> » : Non Classifié Le champ « <i>Sous-type</i> » : N/A	Uniformiser la table attributaire de <i>Difference_MH</i> avec la table attributaire d' <i>OBV_CM_MH</i> . (1)
22	S'assurer que les types, la longueur et la précision soient égaux pour tous les champs avec l'outil <i>Refactoriser les champs</i> (voir figure A31). Ne pas oublier de <i>charger les champs</i> .	Difference_MH + OBV_CM_MH	Changement du type, de la longueur et de la précision pour plusieurs champs.	Uniformiser la table attributaire de <i>Difference_MH</i> avec la table attributaire d' <i>OBV_CM_MH</i> . (2)
23	Fusionner les deux couches de milieux humides avec l'outil <i>Fusionner des couches vecteur</i> (voir figure A32).	Difference_MH + OBV_CM_MH	MH_OBV_CM	Création de la couche finale de milieux humides pour le territoire sélectionné.
24	Faire la mise à jour de l'identifiant des MH (<i>MH_ID</i>) (voir figure A33).	MH_OBV_CM	Mise à jour du champ « <i>MH_ID</i> ».	Assurer une bonne identification (ID) des milieux humides.

FIN

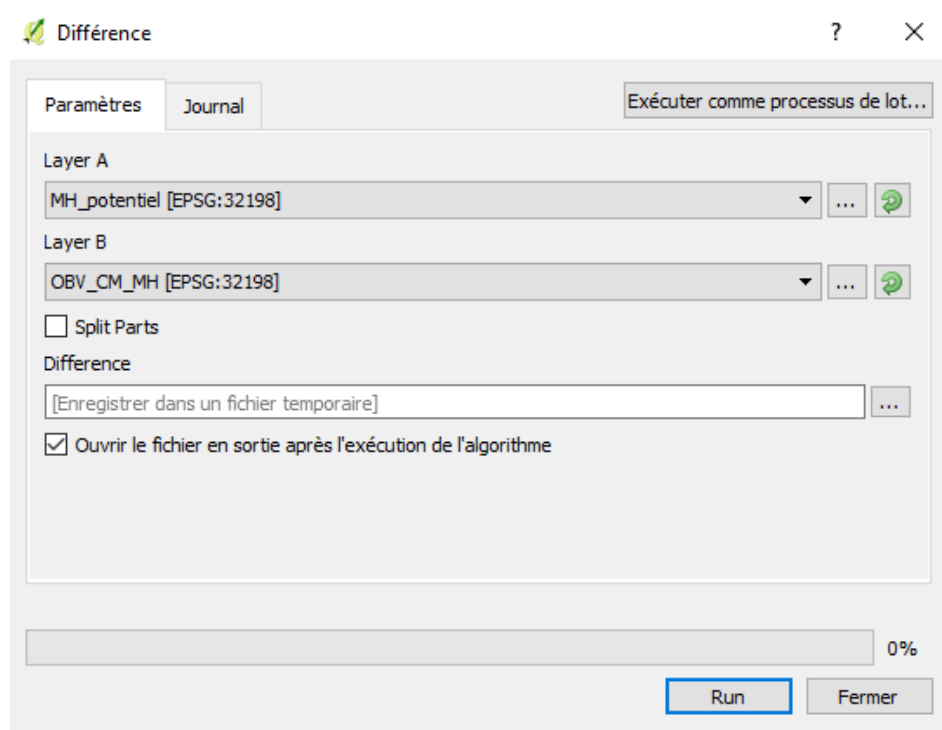


Figure A29. La différenciation entre les deux couches de milieux humides avec l'outil *Différence* de SAGA

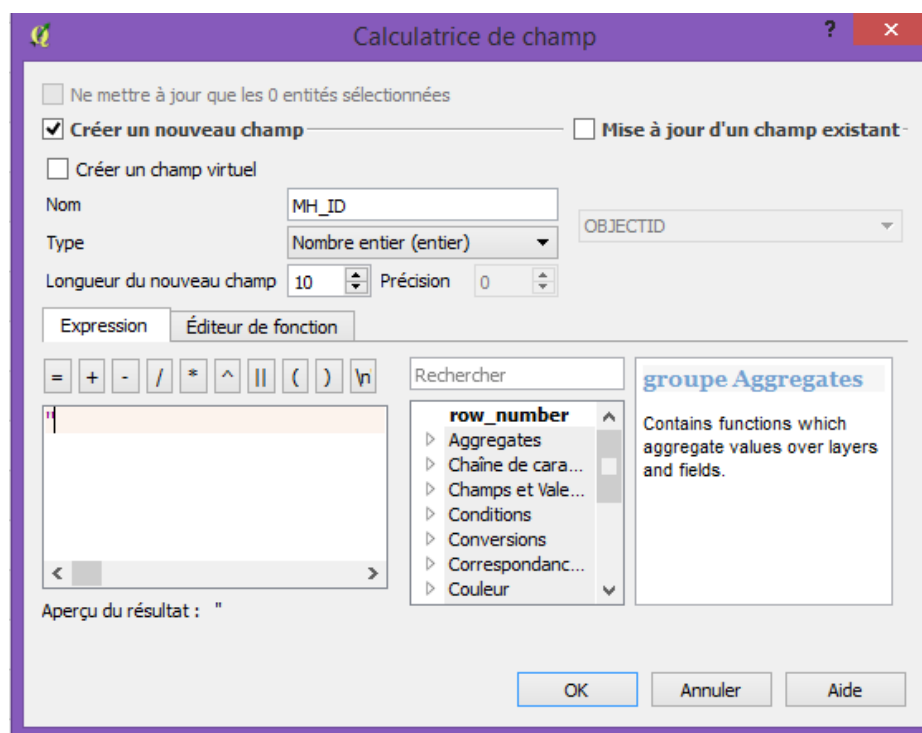


Figure A30. Création du champ MH_ID dans la couche *Difference_MH*

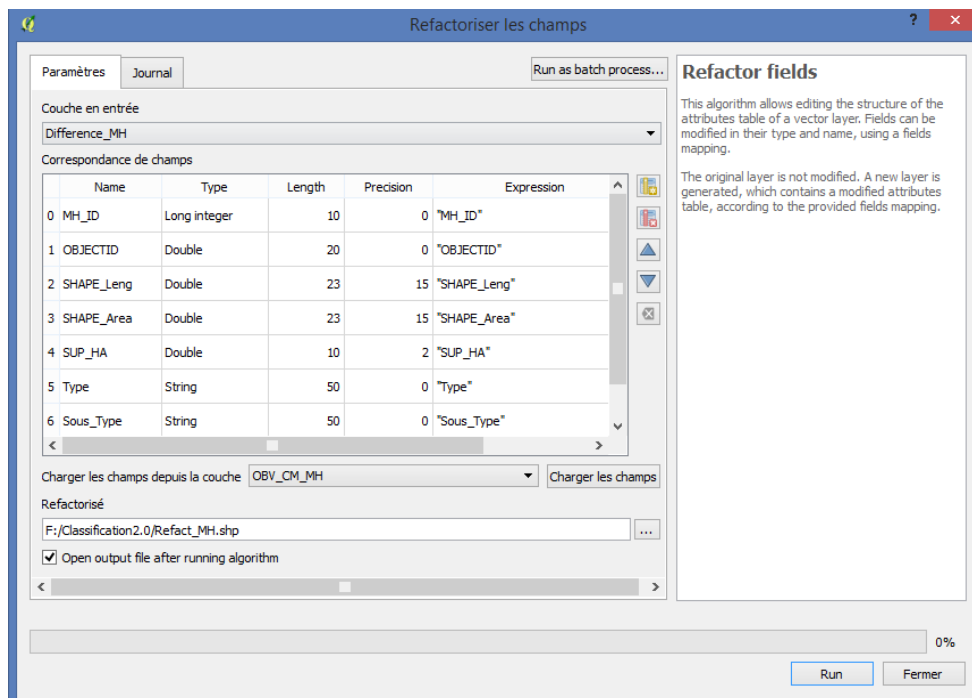


Figure A31. Refactorisation des champs de la couche *Difference_MH*

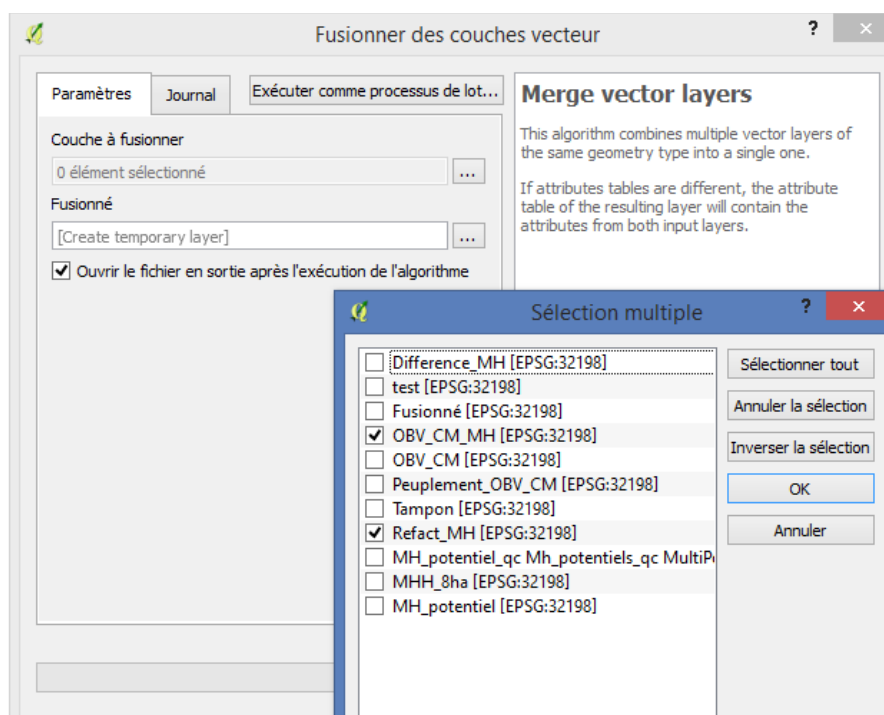


Figure A32. Fusion des deux couches de milieux humides avec l'outil *Fusionner des couches vecteurs*

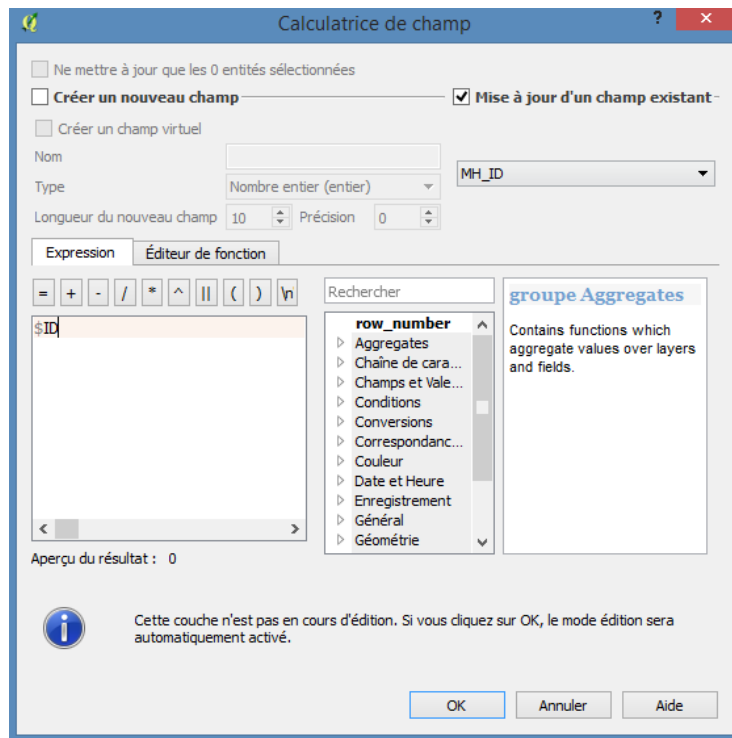


Figure A33. La mise à jour du champ *MH_ID* avec la *Calculatrice de champ*

Annexe B : Création des complexes de milieux humides

Il est nécessaire de développer les CMH car ils représentent la plus petite unité d'analyse des milieux humides. Pour le présent protocole, il est possible d'utiliser les couches C1 ou C2 (tableau B1) dépendamment de l'emplacement de votre OBV et de la disponibilité des données.

Tableau B1. Données géomatiques utilisées pour réaliser la méthode de classification

#	Nom	Produit/ producteur	Syst. de coordonnées	Format	Hyperlien
C1	Couche des milieux humides détaillés	CIC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (.shp)	Donnée Québec
C2	Milieux humides potentiels	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Donnée Québec
C3	Bassins versants de niveau 1 à 8	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Données Québec
C4	Réseau routier	MERN (BDTQ)	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (.shp)	BDTQ
	Cette couche n'a pas été utilisée dans cette annexe, il s'agit d'ailleurs d'une des limites de cet essai-projet. Il serait toutefois pertinent d'en tenir compte au niveau de la fragmentation des CMH.				
C5	MH_OBV_CM	Annexe A	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (.shp)	Produite à l'Annexe A

Tableau B2. Traitements et requêtes géomatiques pour créer les complexes de milieux humides

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
1	Importer les différentes géodatabases nécessaires dans le tableau B1 (voir figure B1 pour ajouter une géodatabase vectorielle dans votre projet QGIS et figure B2 pour savoir les couches nécessaires). 	<i>Couche de milieux humides :</i> C1, C2 ou C5 <i>Entités spatiales :</i> CE_bassin_multi bassin_multi + residuel ou ZGIEBV	Ajout des couches dans la bibliothèque	Ajouter les couches de données.
2	Utiliser l'outil <i>Définir une projection courante</i> et projeter	MH_OBV_CM (C5)	---	Assurer le bon affichage

	toutes les couches en NAD83/Québec Lambert. *Il est également nécessaire de définir le SCR du projet à partir de cette couche (Clic droit sur la couche) *	CE_bassin_multi bassin_multi + residuel ou ZGIEBV		cartographique
	Les traitements pour créer les complexes de milieux humides sont lourds et peuvent être longs pour un grand territoire. Les zones de gestions intégrées de l'eau sont des territoires plutôt vastes. Selon la puissance de votre ordinateur, il sera peut-être nécessaire d'utiliser des entités territoriales de superficies moindres comme les bassins versants de niveau 1 ou 2. De plus, la couche milieux humides à partir des peuplements écoforestiers (annexe A) est déjà découpée en zone de gestion intégré de l'eau par bassin versant (ZGIEBV). Il ne sera donc pas nécessaire d'effectuer les étapes 3 et 4.			
3	Sélectionner le bassin versant de niveau 1 (ou la zone de gestion intégrée de l'eau) à l'étude à l'aide de l'icône suivant:  *Il est important que la couche dont vous voulez sélectionner une entité soit elle-même sélectionnée dans la table des matières.	MH_OBV_CM CE_bassin_multi bassin_multi + residuel ou ZGIEBV		
4	Faire une requête spatiale pour sélectionner tous les MH intersectant le BV de niveau 1 sélectionné à l'étape 3 (voir figure B3). Par exemple, le bassin versant de la rivière du Gouffre a été sélectionné. Onglet <i>Vecteur</i> → Requête spatiale. Si l'option n'apparaît pas, veuillez l'activer en allant dans Extension → Installer/Gérer les extensions → et cocher «Extension de requête spatiale». Enregistrer sous la sélection des entités de la couche de milieux humides.	MH_OBV_CM CE_bassin_multi bassin_multi + residuel ou ZGIEBV	Couche de milieux humides découpés selon le BV de niveau 1 sélectionné MH_Riv_Gouffre (exemple)	Créer une couche de milieux humides pour un BV de niveau 1 sélectionné.

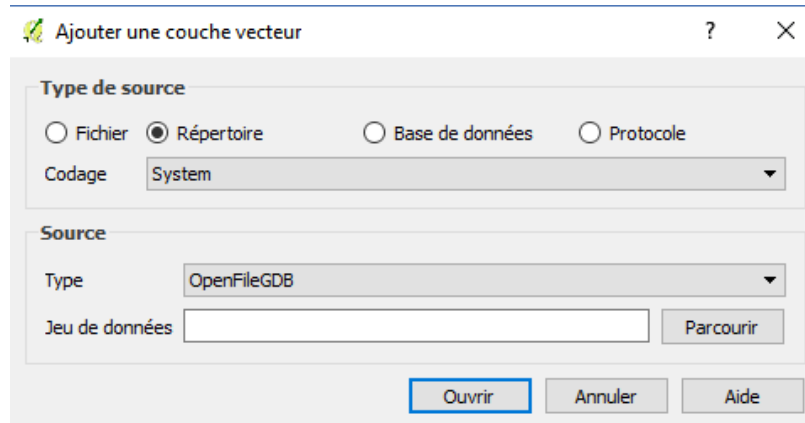


Figure B1. Procédure pour ajouter une géodatabase vectorielle

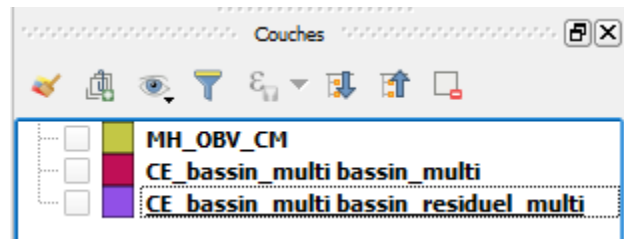


Figure B2. Les couches de données nécessaires pour créer les complexes de milieux humides

Requête Spatiale ? ✕

Sélection des entités sources depuis

MH_OBVCM ▼

☐ Géométries sélectionnées

Où l'entité

Intersecte ▼

Entités références de

BV_20K_50K BV_N1M_S ▼

☒ 1 géométries sélectionnées

Et utiliser le résultat pour

Créer une nouvelle sélection ▼

Fermer Appliquer

Figure B3. La requête spatiale pour sélectionner tous les milieux humides intersectant le BV de niveau 1

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
	Le complexe de MH est l'unité d'analyse la plus petite et se définit comme le regroupement des MH contigus ou distants de 30 mètres et moins (Beaulieu et al. 2014). La zone tampon créée autour des milieux humides doit donc être de 15 mètres et dissoute pour que les milieux humides distants de moins de 30 mètres forment un seul complexe.			
5	Dans l'onglet <i>Vecteur</i> , cliquer sur <i>Outils de géotraitement</i> et utiliser l'outil <i>Distance de tampon fixe</i> (voir figure B4).	Couche de MH : MH_OBV_CM	MH_tampon	Créer une zone tampon autour de chaque milieu humide de 15 mètres.
6	Créer une couche avec les problèmes où la zone tampon ne peut pas être créée (surtout en raison des polygones troués) Faire une requête spatiale pour déterminer les milieux humides qui sont à l'intérieur de la zone tampon. Si les milieux humides ne sont pas contenus dans la	MH_tampon	MH_T_erreur	Éliminer les problèmes dans la couche de la zone tampon pour avoir une couche des complexes sans invalidité.

	zone tampon, une erreur s'est fauillée (voir figure B5). Inverser la sélection pour sélectionner seulement les erreurs avec l'icône suivant:  Enregistrer sous la sélection sous le nom « <i>MH_T_erreur</i> » *Vous pouvez voir que tous les polygones problématiques sont des polygones troués*			
7	Créer une nouvelle zone tampon avec l'outil <i>Tampon des vecteurs</i> de la boîte à outils de traitement GDAL/OGR (voir figure B6). Enregistrer sous la couche tampon créée et définir la projection en NAD83/Québec Lambert.	MH_T_erreur	MH_T_erreur_tampon	
8	Fusionner les deux couches de zones tampons avec l'aide de l'outil <i>Fusionner des couches vecteurs</i> (voir figure B7).	MH_T_erreur_Tampon MH_tampon (étape 5)	MH_tampon_Merge	Créer une couche tampon des MH sans erreur pour ensuite créer les complexes de MH.
9	Utilisation de l'outil <i>Dissolve</i> Onglet <i>Vecteur</i> → <i>Outils de géotraitement</i> (voir figure B8).	MH_tampon_Merge	MH_tampon_valider	Créer une seule entité dans la couche « MH_tampon_Merge ».

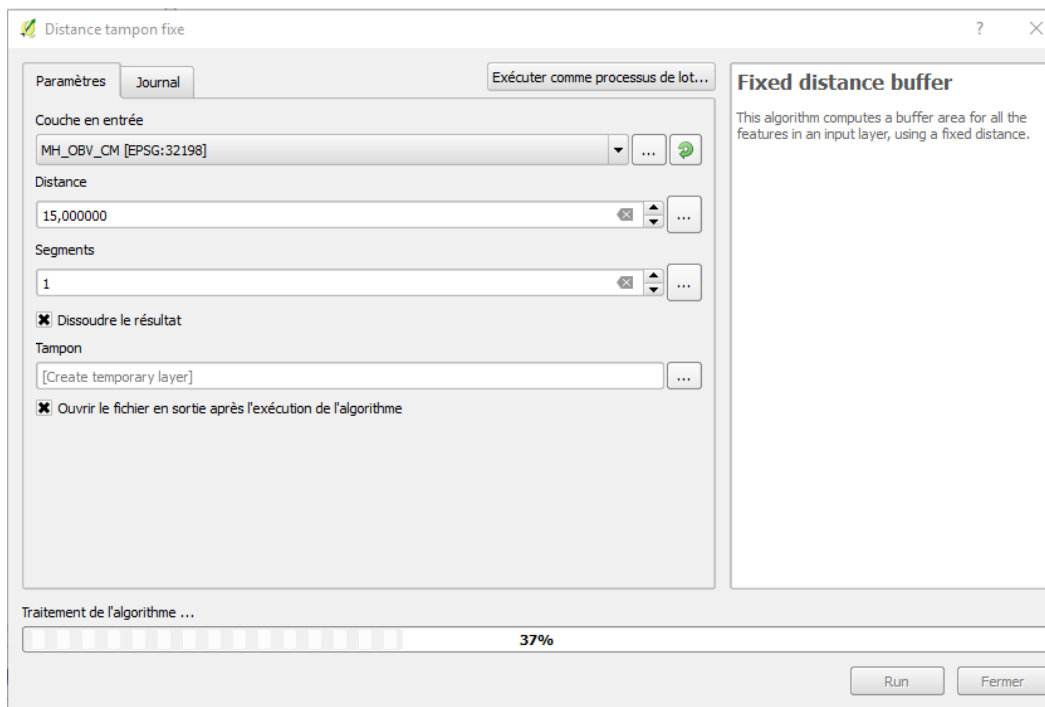


Figure B4. Utilisation de l'outil *Distance tampon fixe* pour créer une zone tampon de 15 mètres autour de chaque milieu humide. *Le résultat final doit être dissout*

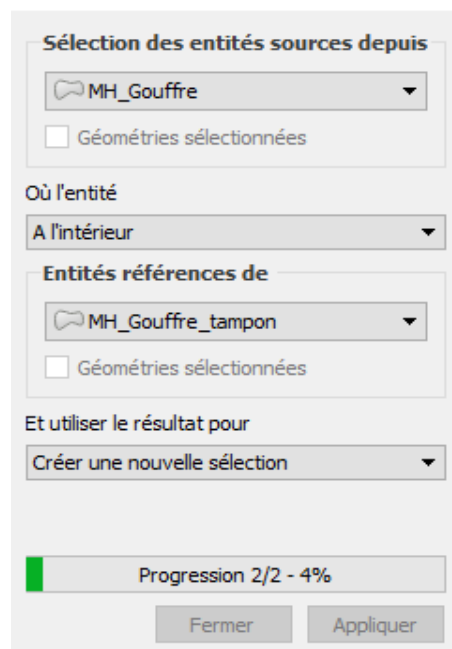


Figure B5. Requête spatiale pour trouver les problèmes de polygones troués dans la création de la zone tampon

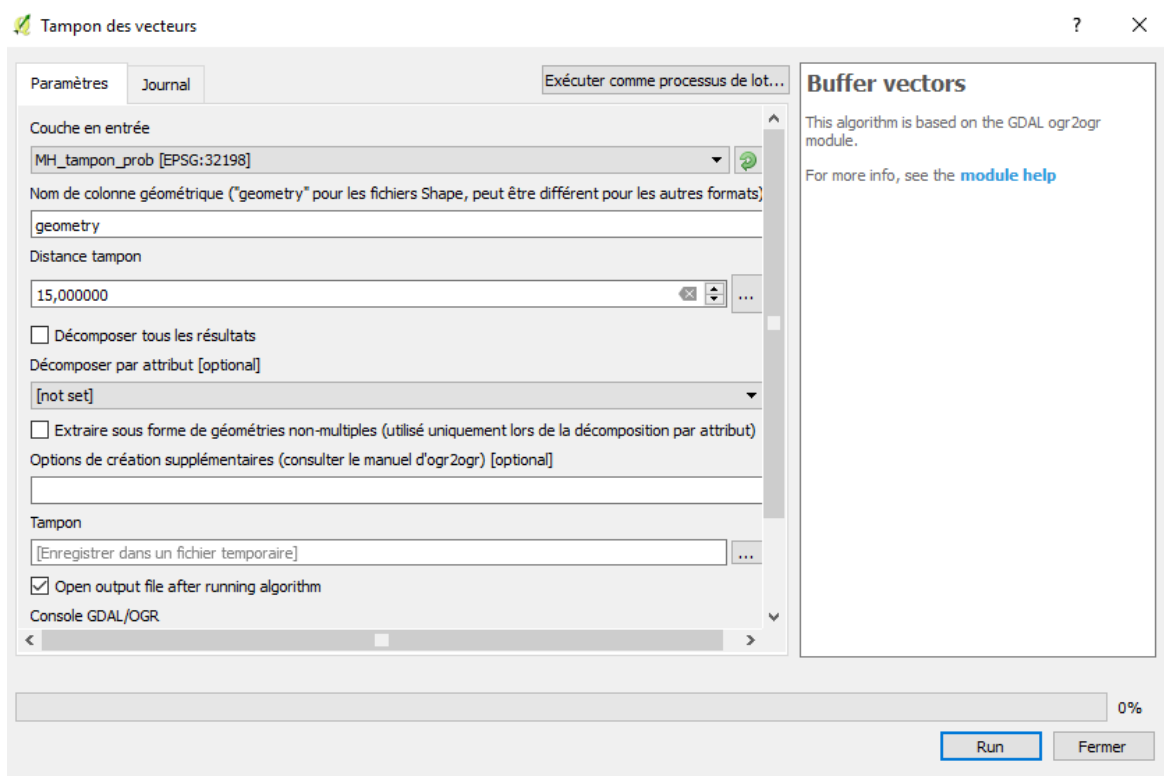


Figure B6. Utilisation de l'outil *tampon des vecteurs* pour faire des zones tampons avec les polygones troués

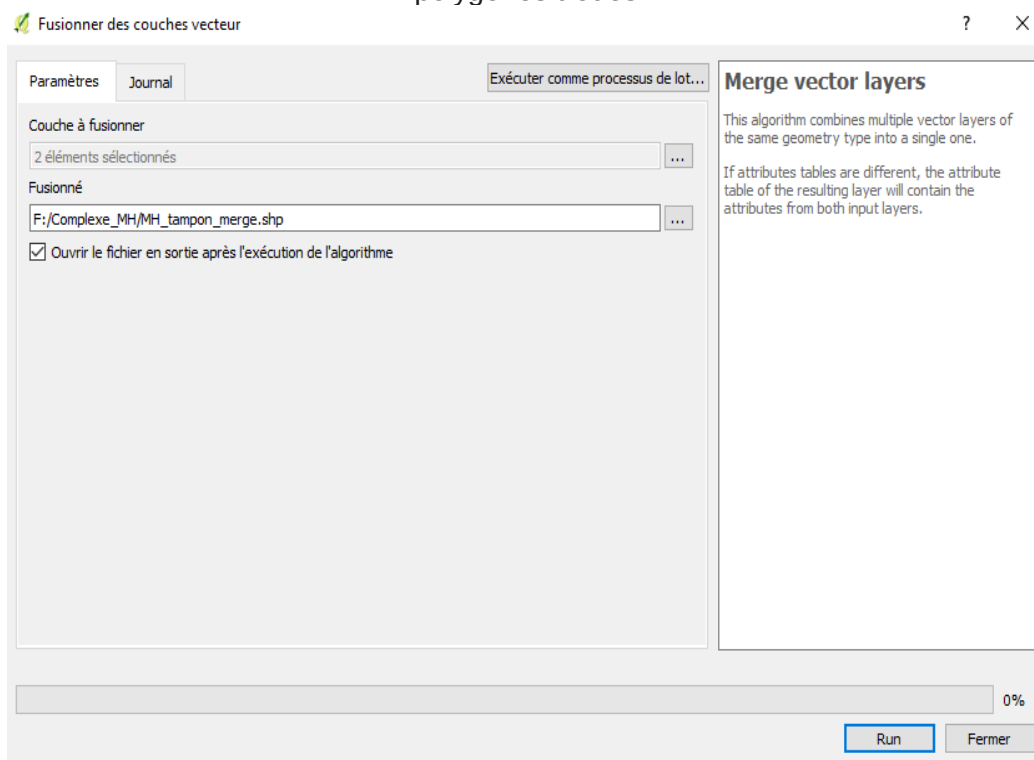


Figure B7. Fusion des deux couches de vecteurs développées aux étapes précédentes avec l'outil *Fusionner des couches vecteurs*

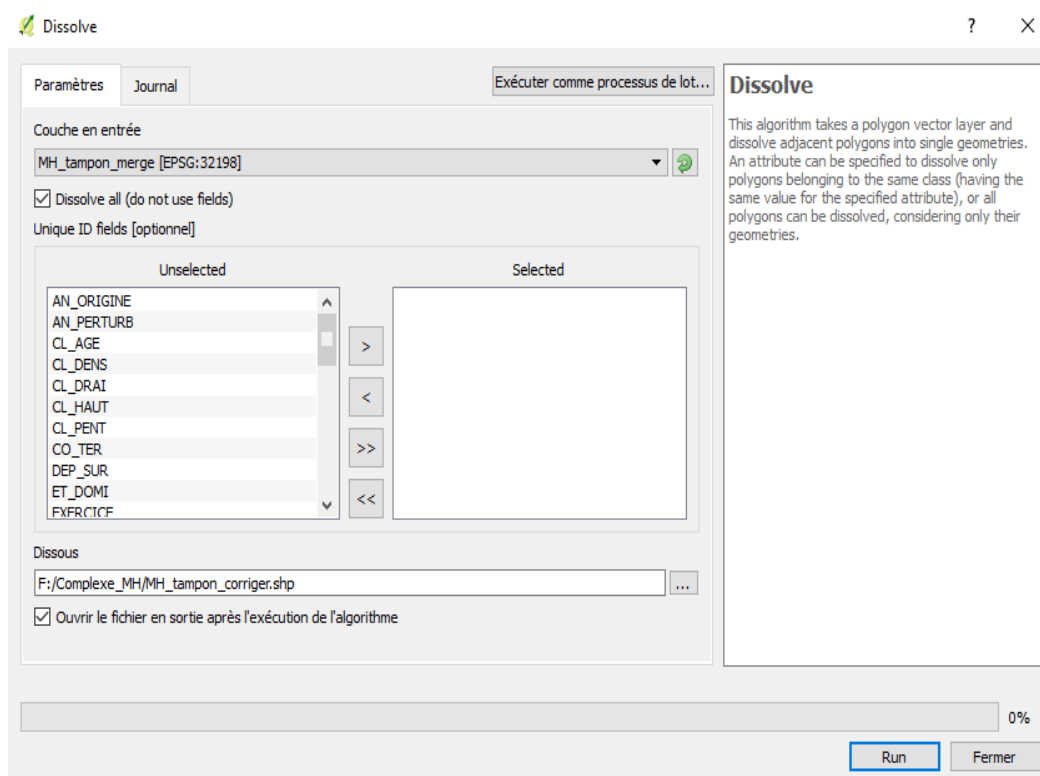


Figure B8. Utilisation de l'outil *Dissolve* à l'étape 9

10	Utiliser l'outil <i>De morceaux multiples à morceaux uniques</i> dans l'onglet <i>Vecteur</i> → <i>Outils de géométrie</i> (voir figure B9).	MH_tampon_valider	Complexes_MH_OBVCM	Créer des entités uniques de complexes pour chaque regroupement de milieux humides.
11	Avec l'outil <i>Calculatrice de champs</i> , faire la mise à jour du champ <i>OBJECTID</i> avec l'aide de l'expression (voir figure B10). 	Complexes_MH_OBVCM		Obtenir un champ d'identifiant clair et logique.

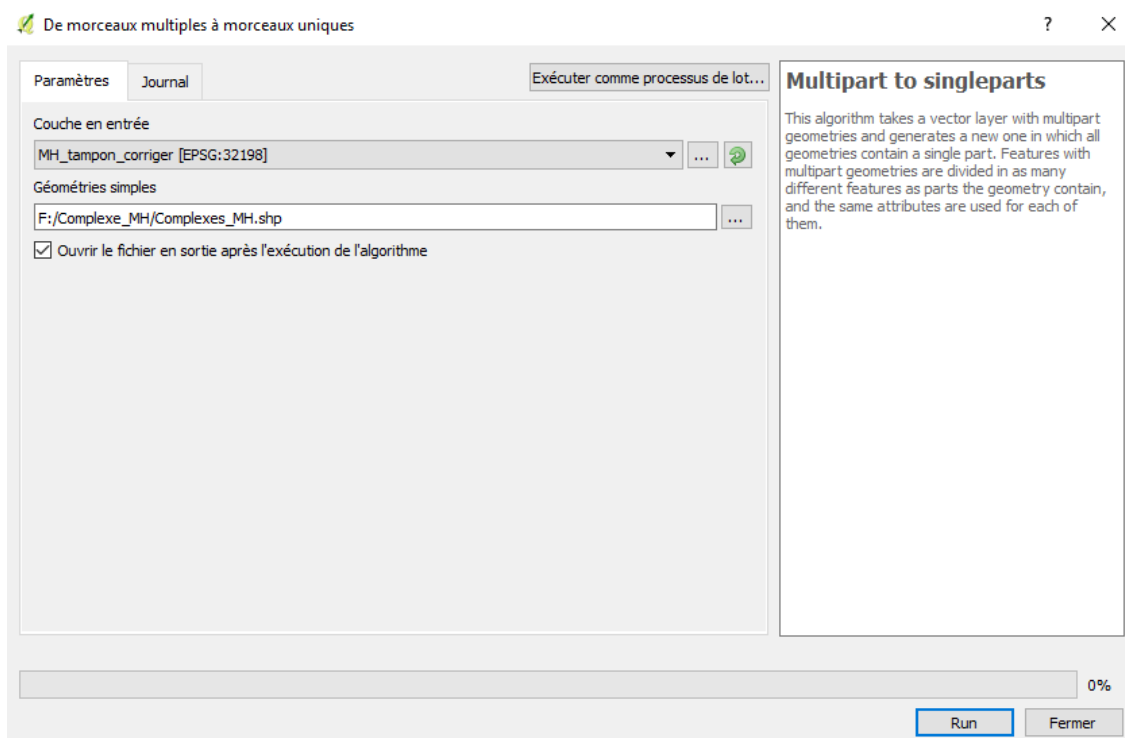


Figure B9. Utilisation de l'outil *De morceaux multiples à morceaux uniques*

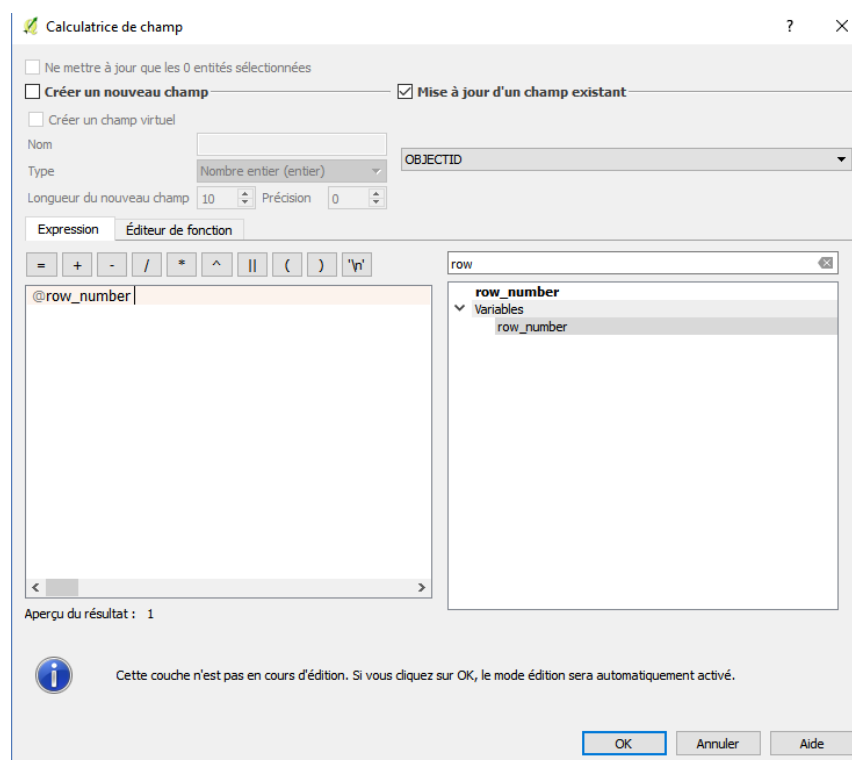


Figure B10. Utilisation de l'outil *Calculatrice de champ* et de l'expression *row_number* pour faire la mise à jour du champ *OBJECTID*

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
12	Ouvrir une session d'édition en cliquant sur l'icône suivant:  Supprimer les champs qui ne sont pas nécessaires avec l'icône suivant dans la table attributaire:  Garder seulement le champ <i>OBJECTID</i>.	Complexes_MH		Éliminer l'information superflue qui fait référence au MH et non aux complexes.
13	Créer un nouveau champ de superficie nommé <i>SHAPE_AREA</i> avec l'outil <i>Calculatrice de champ</i> (voir figure B11). Créer un nouveau champ de superficie nommé <i>CMH_HA</i> avec l'outil <i>Calculatrice de champ</i> (voir figure B12). Enregistrer les modifications de session d'édition	Complexes_MH		Ajouter de l'information pertinente sur les complexes de MH.

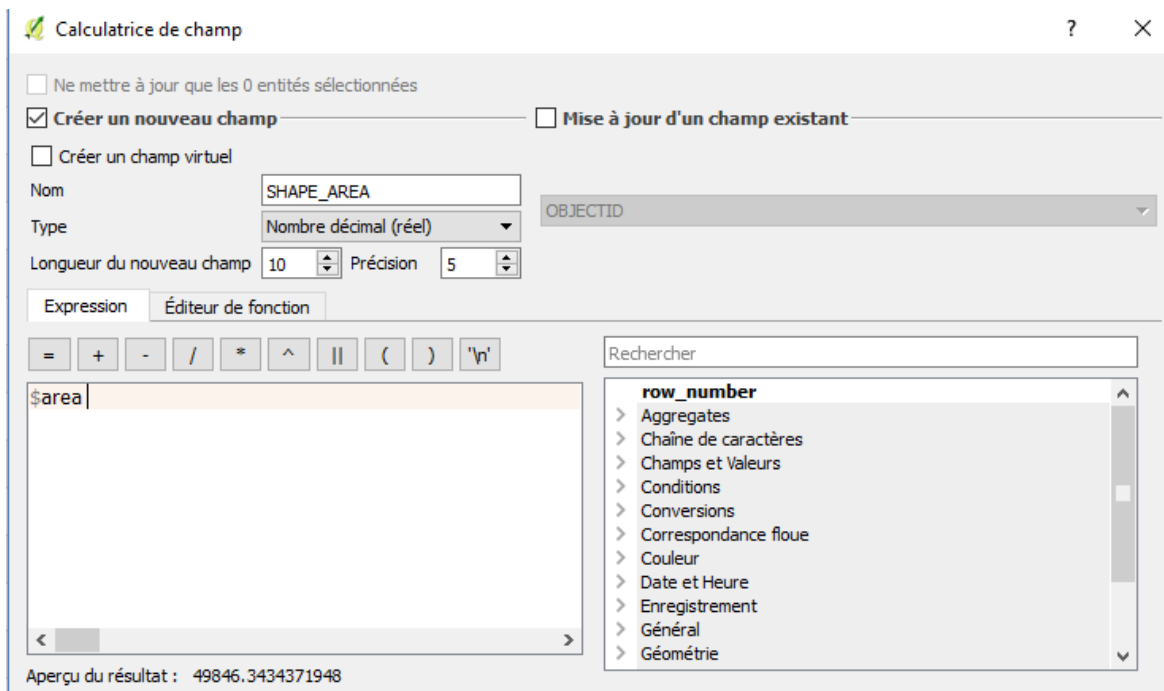


Figure B11. Création du champ SHAPE_AREA (superficie en m²) à l'aide de l'outil *Calculatrice de champ*

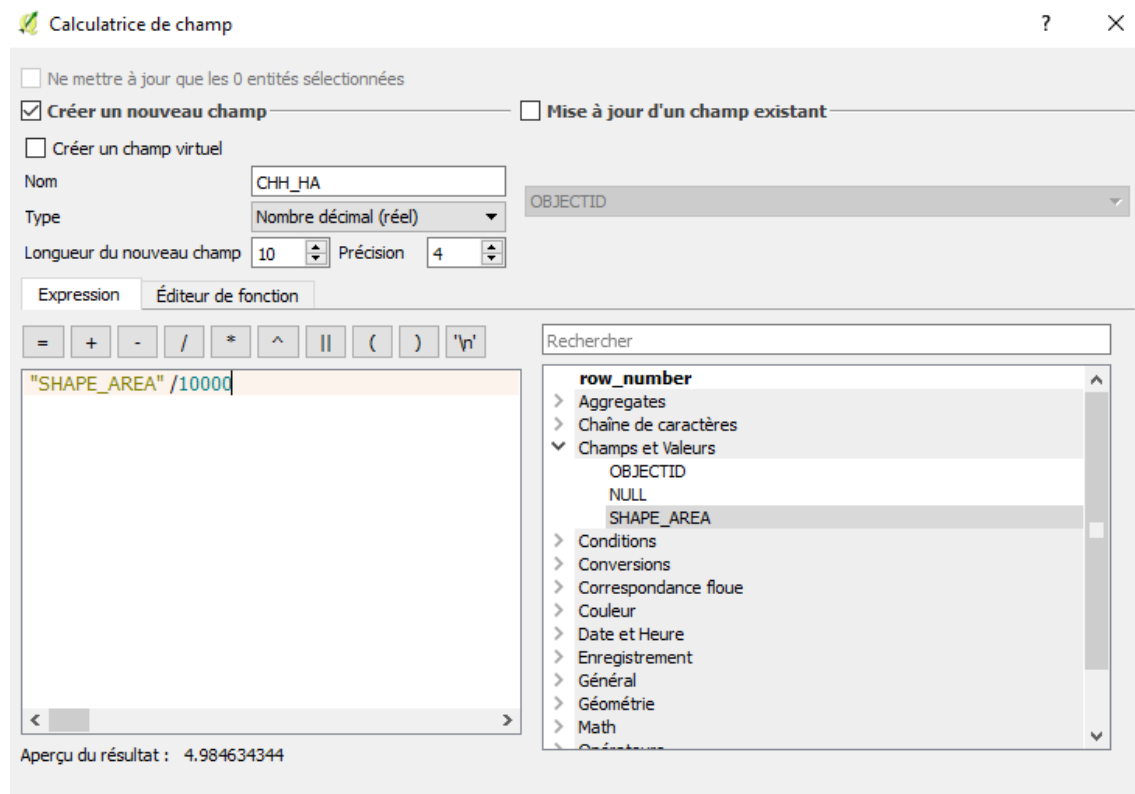


Figure B12. Création du champ CMH_HA (superficie en ha) à l'aide de l'outil *Calculatrice de champ*

Annexe C : Position physiographique partielle

Cette annexe présente les différentes étapes pour développer une position partielle des CMH préalablement créés à l'annexe B. La position physiographique est un indicateur spatial important pour de nombreux critères de priorisation de *l'Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation des Basses terres du Saint-Laurent*.

Il faut mentionner que la méthodologie pour définir la position physiographique est partielle. Pour obtenir une méthodologie complète, il aurait fallu effectuer une analyse réseau permettant de distinguer les différentes positions physiographiques définies dans la figure C1. La méthodologie actuelle ne permet pas la distinction des CMH isolés et palustres. Cependant, elle distingue les CMH riverain-fleuve, riverain et lacustre. Cette information est donc partielle, mais elle est tout de même considérée pertinente à inclure dans la démarche cartographique. De plus, comme mentionnée dans la section « ajouts essentiels », il serait nécessaire de développer une méthodologie pour définir la position physiographique de manière complète pour assurer une cohérence maximale de l'indicateur.

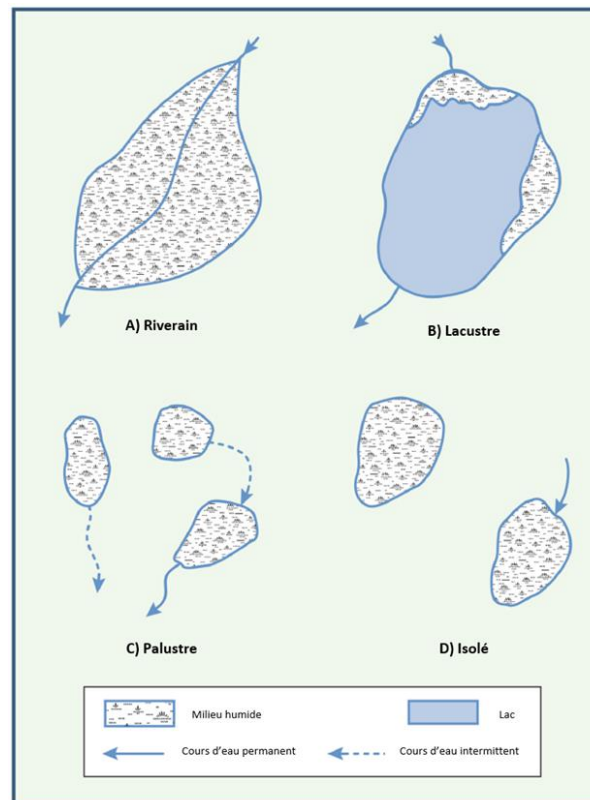


Figure C1. Position physiographique d'un milieu humide
(Traduit de : Ontario Ministry of Natural Resources, 2014)

Tableau C1. Données géomatiques utilisées pour réaliser la méthode de classification

#	Nom	Produit/ producteur	Syst. de coordonnées	Format	Hyperlien
C1	Couche hydrographique linéaire (CRHQ_RH_L)	CRHQ	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	ROBVQ Voir CRHQ
C2	Couche hydrographique surfacique (CRHQ_RH_S)	CRHQ	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	ROBVQ Voir CRHQ
C2	Bassins versants de niveau 1 à 9 au 1/20000	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Données Québec
C6	Couche des complexes de MH	Annexe B	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Produite à l'Annexe B

Tableau C2. Traitements et requêtes géomatiques pour créer les complexes de milieux humides

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
1	Importer les différentes géodatabases et shapefile nécessaires dans le tableau C1. *Voir annexe A ou B si questionnement pour importer les différentes couches de donnée*	CRHQ_RH_L CRHQ_RH_S Couche des complexes de MH (CMH_OBVCM)		Ajouter les couches de données.
2	Utiliser l'outil <i>Définir une projection courante</i> (Vecteur → Outils de gestion de données) et projeter en NAD83/Québec Lambert. *Il est également nécessaire de définir le SCR du projet à partir de cette couche (Clic droit sur la couche)*	CRHQ_RH_L CRHQ_RH_S Couche des complexes de MH (CMH_OBVCM)		Assurer le bon affichage cartographique.
	Identification des milieux humides riverains du fleuve.			
3	Création d'un polygone délimitant les berges du fleuve Saint-Laurent (FSL) pour la zone étudiée.		FSL	Permettre l'identification des milieux humides riverains du FSL.

	a- Onglet <i>Couche</i> – <i>Créer une couche</i> – <i>Nouvelle couche Shape file ...</i> b- Éditer la nouvelle couche créée (a) :  c- Créer un polygone du FSL (voir figure C1). 			
4	Effectuer l'intersection entre les complexes de MH et le polygone du FSL créée à l'étape 3 avec l'outil <i>Requête spatiale</i> (voir figure C2). 	CMH_OBVCM FSL		Sélectionner les MH riverain du fleuve.
5	Créer un nouveau champ Riverain-F dans la couche de complexe de MH. Utiliser l'outil <i>Calculatrice de champs</i> dans la table attributaire en cliquant sur l'icône suivant :  Inscrire 1 pour les entités sélectionnées par l'intersection de l'étape précédente (voir figure C3). Inverser la sélection avec l'icône suivant :  Inscrire 0 pour les entités sélectionnées qui ne sont pas intersectées par le polygone du FSL. Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant: 	CMH_OBVCM		Développer un code binaire pour identifier les MH riverains du fleuve.

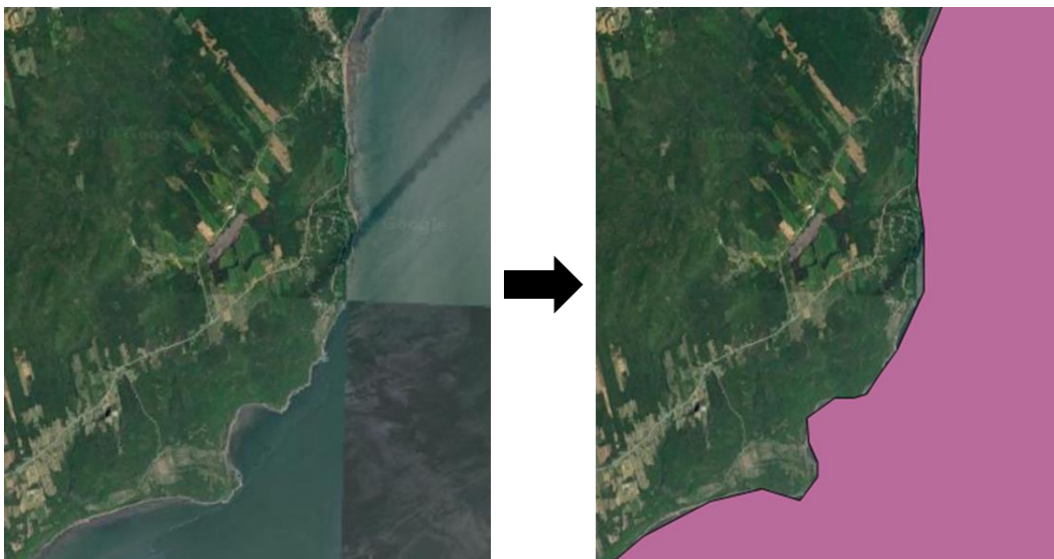


Figure C1. Délimitation des berges du fleuve Saint-Laurent pour la zone étudiée

Requête Spatiale ? X

Sélection des entités sources depuis

CMH_OBVCM ▼

☐ Géométries sélectionnées

Où l'entité

Intersecte ▼

Entités références de

FSL ▼

☐ Géométries sélectionnées

Et utiliser le résultat pour

Créer une nouvelle sélection ▼

Fermer Appliquer

Figure C2. Sélection de tous les complexes intersectant le polygone du fleuve Saint-Laurent avec une requête spatiale

Calculatrice de champ

☒ Ne mettre à jour que les 96 entités sélectionnées

☒ Créer un nouveau champ — ☐ Mise à jour d'un champ existant —

☐ Créer un champ virtuel

Nom: Riverain-F

Type: Nombre entier (entier)

Longueur du nouveau champ: 10 Précision: 3

CMH_ID

Expression Éditeur de fonction

Rechercher

groupe Aggregates

row_number

Aggregates

Chaîne de caractères

Champs et Valeurs

Conditions

Conversions

Correspondance floue

Couleur

Date et Heure

Enregistrement

Général

Géométrie

Math

Opérateurs

Variables

1

Aperçu du résultat : 1

Cette couche n'est pas en cours d'édition. Si vous cliquez sur OK, le mode édition sera automatiquement activé.

OK Annuler Aide

Figure C3. Ajout du champs *Riverain-F* dans la table attributaire (une valeur de 1 est octroyée aux complexes riverains fleuve)

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
	Identification des milieux humides riverains des écoulements permanents			
6	Sélectionner tous les écoulements d'eau surfaciques (voir figure C4). Enregistrer les entités sélectionnées sous une autre couche shapefile. <i>Clic droit sur la couche – Enregistrer sous ...</i>	CRHQ_RH_S	Permanent_Sur	Identification de tous les écoulements permanent (surfacique et linéaire).
7	Sélectionner tous les écoulements d'eau permanents linéaires (voir	CRHQ_RH_L	Permanent	

	figure C5). Enregistrer les entités sélectionnées sous une autre couche shapefile. <i>Clic droit sur la couche – Enregistrer sous ...</i>			
8	Créer une zone tampon de 5 mètres autour des écoulements permanents linéaires et surfaciques (voir figure C6).	Permanent_Sur Permanent	Tampon_surf_Permanent Tampon_lineaire_permanent	Établir une surface d'intersection pour sélectionner les milieux humides riverains de cours d'eau permanent.
9	Fusionner les deux couches tampons de l'étape précédente. a- Avec l'outil <i>Refactoriser les champs</i>, éliminer les champs non communs aux deux couches avec l'icône suivant :  b- Charger les champs pour que les paramètres soient conformes entre les deux couches (voir figure C7). Enregistrer la couche. c- Utiliser l'outil <i>Fusionner des couches vecteur</i> (voir figure C8)	Tampon_surf_Permanent Tampon_lineaire_permanent	b) Refact_tampon_lineaire_permanent c) Tampon_fusion	
Information : Le réseau hydrographique linéaire (CRHQ_RH_L) est continu et traverse les lacs. Il faut donc s'assurer d'éliminer dans la couche Tampon_fusion les sections du réseau hydrographique linéaire qui traverse les lacs pour cibler seulement les milieux humides riverains de cours d'eau permanent.				
10	Sélectionner toutes les étendues d'eau considéré comme des lacs ou d'une surface de 8 ha et plus dans la couche hydrographique surfacique (voir figure C9). Enregistrer les entités sélectionnées sous une autre couche shapefile. <i>Clic droit sur la couche – Enregistrer sous</i>	CRHQ_RH_S	Lac_8_ha	Établir une surface d'intersection pour sélectionner les milieux humides riverains de cours d'eau permanent.
11	Utiliser l'outil <i>Différence</i> pour éliminer la portion lac des cours	Tampon_fusion	Tampon_permanent_Lac_erase	

	d'eau permanent (voir figure C12).	Lac_8_ha		
	Les étapes 12-13 nécessitent un ordinateur puissant. Il est conseillé d'utiliser des traitements par lots si l'opération n'est pas fonctionnelle (voir annexe E 1.4.1 pour plus de détails sur les traitements par lots).			
12	Effectuer l'intersection entre les complexes de MH et le polygone de cours d'eau permanent produit aux étapes précédentes (6 à 11) avec l'outil <i>Requête spatiale</i> (voir figure C11). 	Tampon_permanent _Lac_erase CMH_OBVCM		Sélectionner tous les complexes riverains de cours d'eau permanent.
13	Créer un nouveau champ Riverain dans la couche de complexe de MH. Utiliser l'outil Calculatrice de champs dans la table attributaire en cliquant sur l'icône suivant :  Inscrire 1 pour les entités sélectionnées par l'intersection de l'étape précédente. Inverser la sélection avec l'icône suivant :  Inscrire 0 pour les entités sélectionnées qui ne sont pas intersectées par le polygone des cours d'eau permanents. Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant: 	CMH_OBVCM		Développer un code binaire pour identifier les MH riverains.

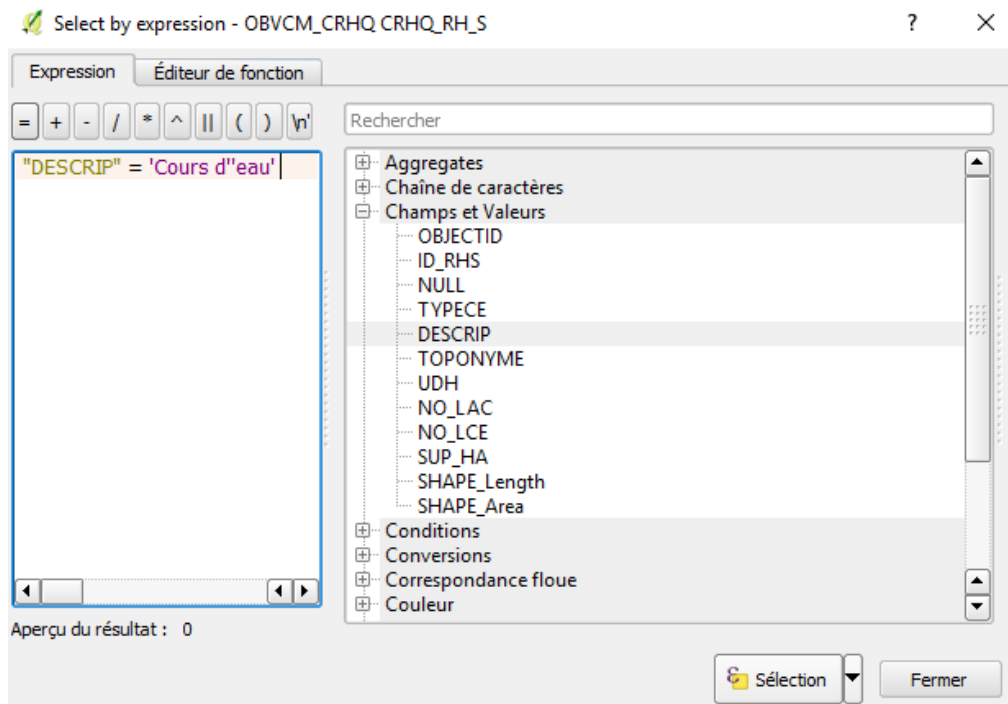


Figure C4. Sélection de tous les cours d'eau permanent dans la couche d'hydrographie surfacique avec l'outil *Select by expression*

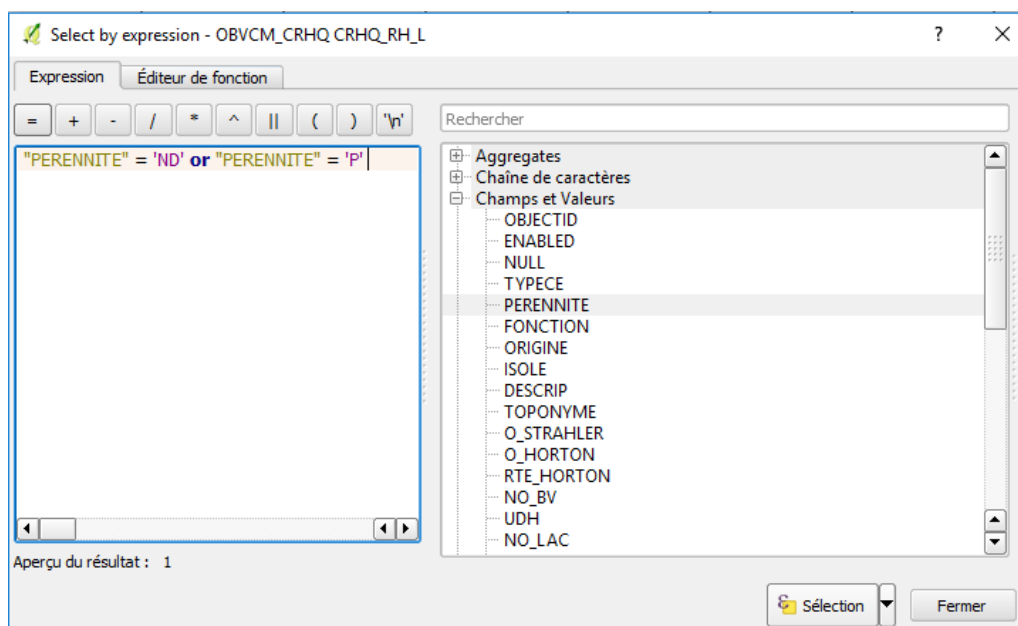


Figure C5. Sélection de tous les cours d'eau permanent dans la couche d'hydrographie linéaire avec l'outil *Select by expression*

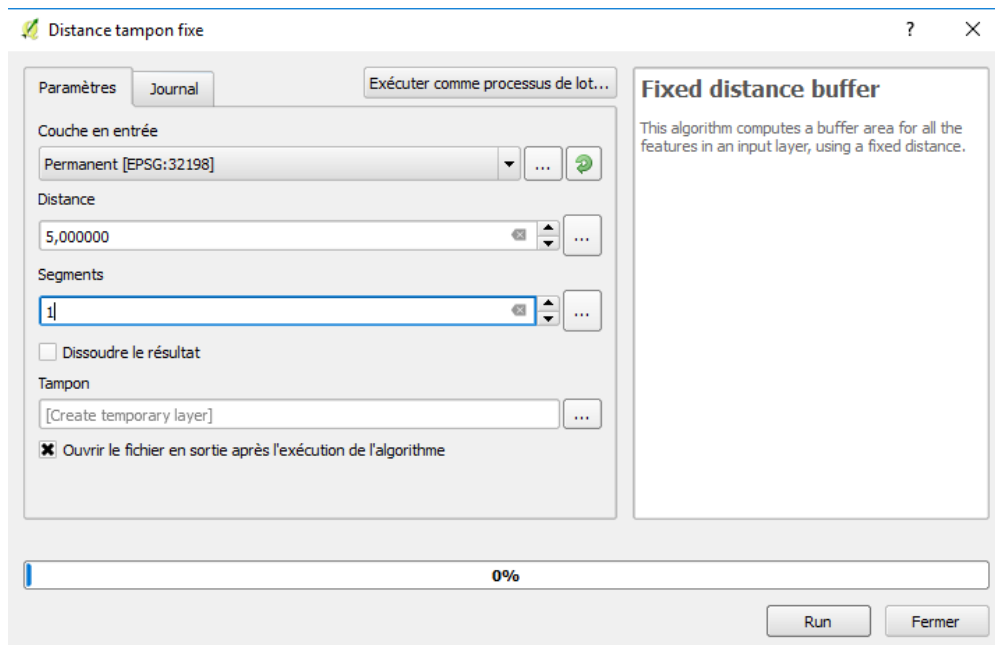


Figure C6. Créer une zone tampon de 5 mètres pour les couches d'écoulement permanent surfacique et linéaire

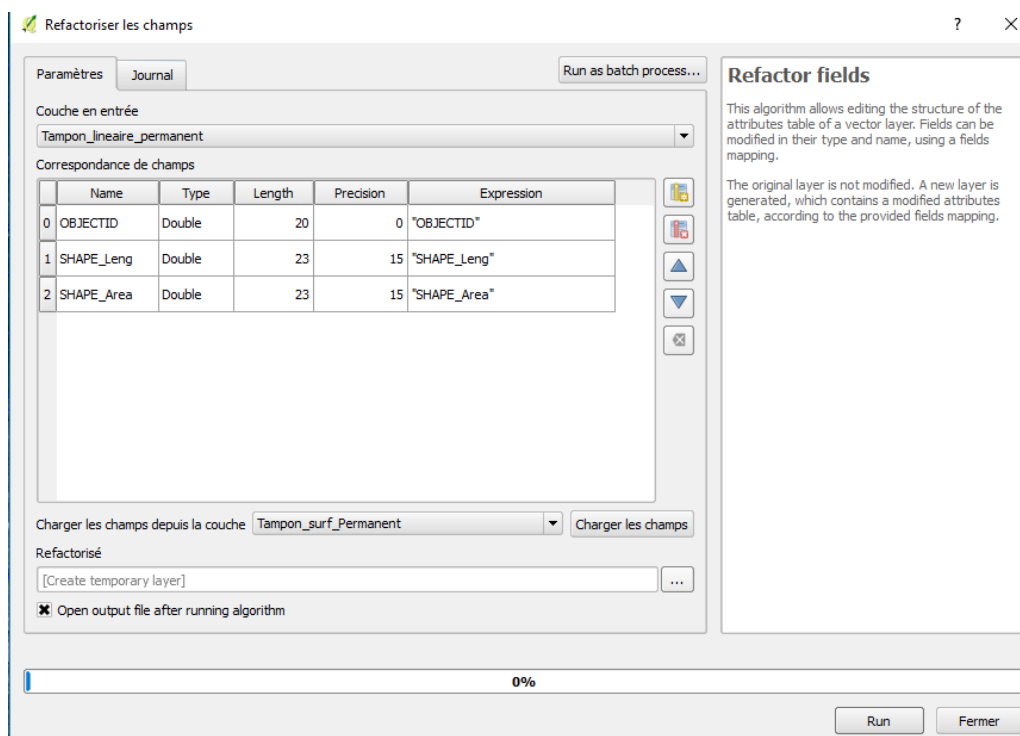


Figure C7. Uniformiser les deux tables attributaires des zones tampons développés à partir des écoulements permanents surfaciques et linéaires avec l'outil *Refactoriser les champs*

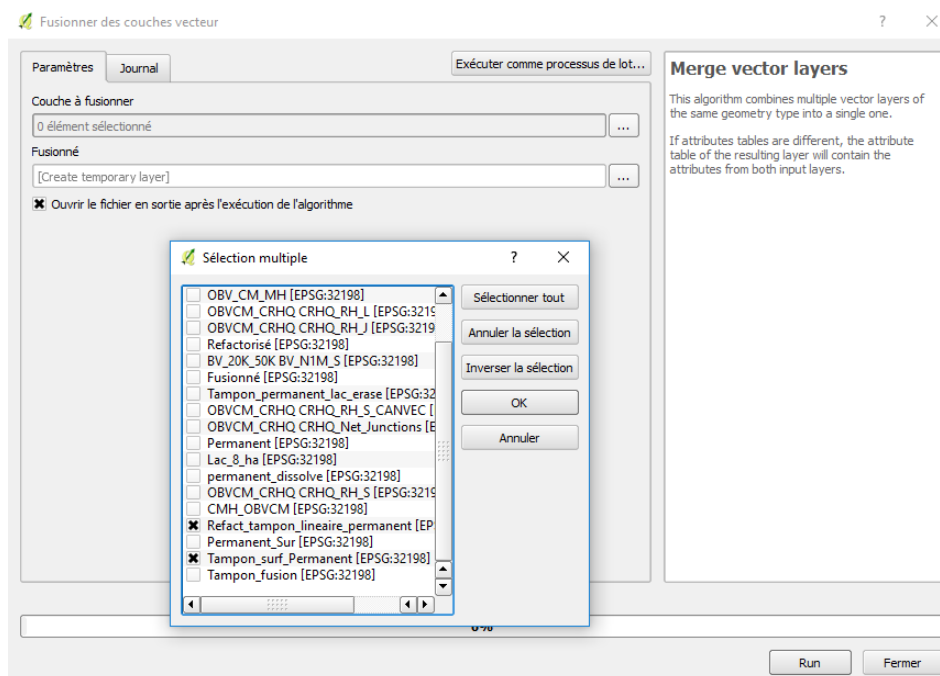


Figure C8. Fusionner des deux couches tampons vecteurs développés aux étapes précédentes

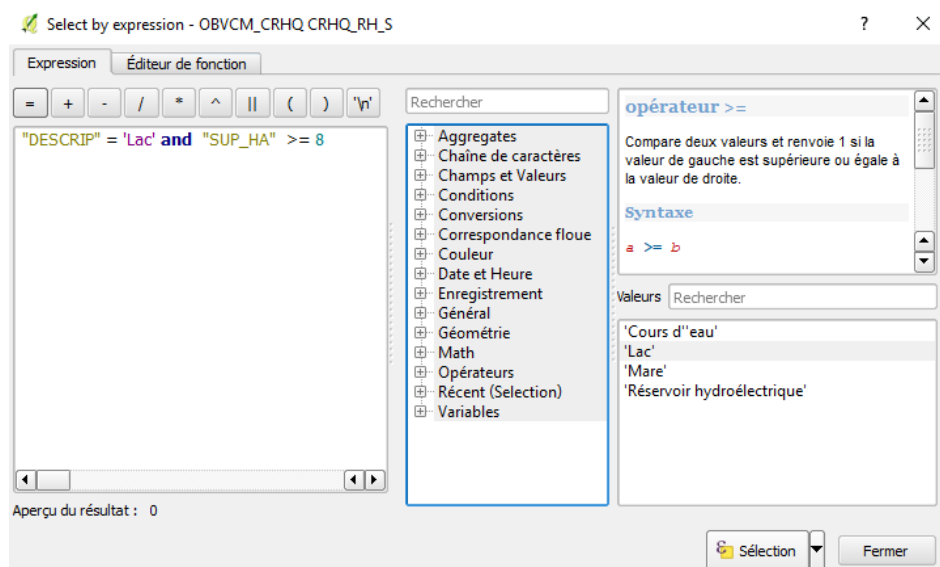


Figure C9. Sélectionner les lacs de plus de 8 ha à partir de la table attributaire

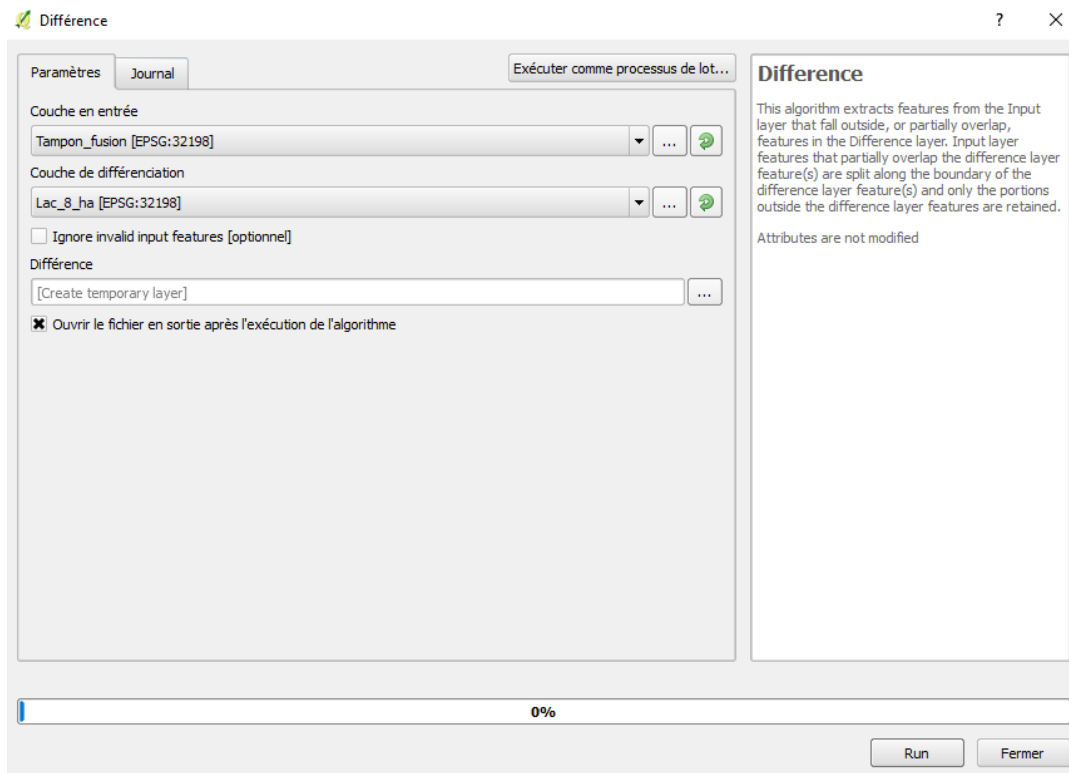


Figure C10. Supprimer les sections du réseau hydrographique linéaire qui traversent les lacs avec l'utilisation de l'outil *Différence*

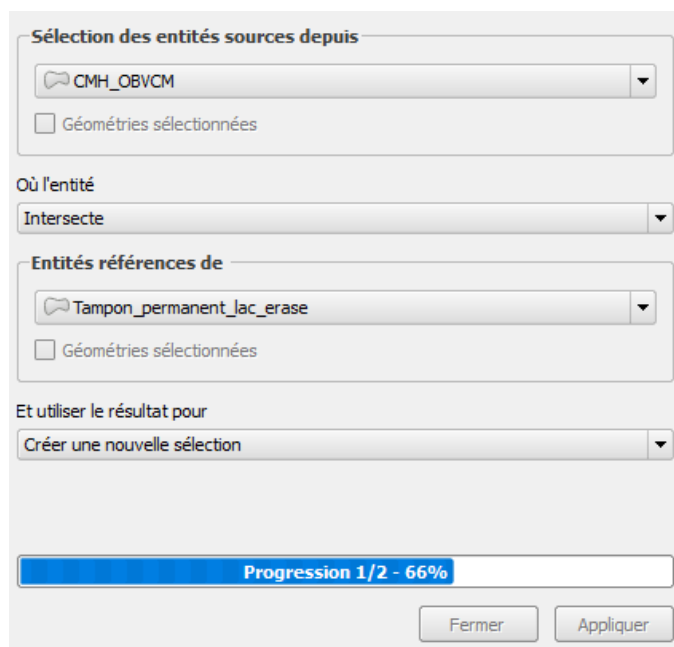


Figure C11. Sélection de tous les complexes de milieu humide intersectant les cours d'eau permanent du réseau hydrologique avec une requête spatiale

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
	Identification des milieux humides lacustres			
14	Effectuer l'intersection entre les complexes de MH et le polygone de cours d'eau permanent produit à l'étape 10 avec l'outil <i>Requête spatiale</i> (voir figure C12). 	CMH_OBVCM Lac_8_ha		Sélectionner tous les milieux humides lacustres.
15	Créer un nouveau champ Lacustre dans la couche de complexe de MH. Utiliser l'outil Calculatrice de champs dans la table attributaire en cliquant sur l'icône suivant :  Inscrire 1 pour les entités sélectionnées par l'intersection de l'étape précédente. Inverser la sélection avec l'icône suivant :  Inscrire 0 pour les entités sélectionnées qui ne sont pas intersectées par le polygone des cours d'eau permanents. Enregistrer les changements à la table attributaire en sortant du mode édition en cliquant sur l'icône suivant: 	CMH_OBVCM		Développer un code binaire pour identifier les MH lacustres.

 Requête Spatiale ? X

Sélection des entités sources depuis

 CMH_OBVCM ▼

☐ Géométries sélectionnées

Où l'entité

Intersecte ▼

Entités références de

 Lac_8_ha ▼

☐ Géométries sélectionnées

Et utiliser le résultat pour

Créer une nouvelle sélection ▼

Fermer Appliquer

Figure C12. Sélection de tous les complexes de milieu humide intersectant les lacs avec une requête spatiale

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
	Identification des milieux humides palustres / isolées et attribution de chaque classe selon les codes binaires.			
16	Créer un nouveau champ PP (position physiographique) dans la couche de complexe de MH. Utiliser l'outil Calculatrice de champs dans la table attributaire en cliquant sur l'icône suivant :  Inscrire la commande pour que les champs chaque combinaison soit rattachée à la bonne position physiographique (voir figure C.14).	CMH_OBVCM		Créer un champ de référence dans la table attributaire.
	La figure C15 présente la table attributaire résultante à la fin du protocole pour définir la position physiographique partielle.			

FIN

Calculatrice de champ ? X

☐ Ne mettre à jour que les 0 entités sélectionnées

☒ Créer un nouveau champ ☐ Mise à jour d'un champ existant

☐ Créer un champ virtuel

Nom: CMH_ID

Type:

Longueur du nouveau champ: Précision:

Expression Éditeur de fonction

Rechercher

- row_number
- Aggregates
- Chaîne de caractères
- Champs et Valeurs
- Conditions
- Conversions
- Correspondance floue
- Couleur
- Date et Heure
- Enregistrement
- Général
- Géométrie
- Math
- Opérateurs
- Récents (fieldcalc)
- Variables

= + - / * ^ || () 'n'
 CASE
 WHEN "Lacustre" =1 and "Riverain" =0 and "Riverain_F" =0 THEN 'Lacustre'
 WHEN "Lacustre" =1 and "Riverain" =1 and "Riverain_F" =0 THEN 'Riverain'
 WHEN "Lacustre" =1 and "Riverain" =1 and "Riverain_F" =1 THEN 'Riverain fleuve'
 WHEN "Lacustre" =0 and "Riverain" =0 and "Riverain_F" =1 THEN 'Riverain fleuve'
 WHEN "Lacustre" =0 and "Riverain" =1 and "Riverain_F" =1 THEN 'Riverain fleuve'
 WHEN "Lacustre" =0 and "Riverain" =1 and "Riverain_F" =0 THEN 'Riverain'
 WHEN "Lacustre" =1 and "Riverain" =0 and "Riverain_F" =1 THEN 'Riverain fleuve'
 Else 'Isolé/palustre'
 END

Aperçu du résultat : 'Riverain'

Cette couche n'est pas en cours d'édition. Si vous cliquez sur OK, le mode édition sera automatiquement activé.

OK Annuler Aide

Figure C13. Création d'un nouveau champ dans la table attributaire des complexes de milieux humides et attribution des positions physiographiques partielles selon l'ordre de priorité définie avec l'outil *Calculatrice de champs*

	CMH_ID	Shape_area	Lacustre	Riverain	Riverain_F	PP
1	0	46920.044	0	1	0	Riverain
2	1	126802.928	0	1	0	Riverain
3	2	13590000.000	0	1	1	Riverain fleuve
4	3	74319.735	0	0	1	Riverain fleuve
5	4	23330000.000	0	1	1	Riverain fleuve
6	5	4020044.938	0	1	1	Riverain fleuve
7	6	722186.041	0	1	0	Riverain
8	7	8951467.642	0	1	1	Riverain fleuve
9	8	2642582.746	0	1	1	Riverain fleuve
10	9	30720000.000	0	1	1	Riverain fleuve
11	10	8130728.835	0	1	1	Riverain fleuve

Figure C14. Table attributaire résultante de l'annexe C

Annexe D : Jointures pour analyses subséquentes et unité de comparaison

Afin de réaliser le portrait général de son territoire et de calculer les différents indicateurs du critère de biodiversité, il faut se doter d'une couche ayant l'ensemble des informations nécessaires. Pour ce faire, il sera question d'ajouter l'information concernant les complexes de milieux humides, les districts écologiques et les (sous) bassins versants à la couche de milieux humides.

Tableau D1. Données géomatiques utilisées pour réaliser les jointures

#	Nom	Produit/ producteur	Syst. de coordonnées	Format	Hyperlien
C1	Cadre écologique de référence. District écologique = CR_NIV_04_S	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile	Données Québec
C2	Couche polygonale des zones de gestion intégrée de l'eau par bassins versants (ZGIEBV)	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile	Données Québec
	Si vous avez réalisé le protocole de l'Annexe A, alors vous avez une couche pour votre ZGIEBV (créée à l'étape 3 au tableau A2). Elle s'intitule OBV_CM dans ce document.				
C3	Bassins hydrographiques multiéchelles de niveaux 1 à 8	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Données Québec
C4	MH_OBV_CM	Annexe A	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (.shp)	Produite à l'Annexe A
C5	CMH_OBVCM	Annexe B et C	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (.shp)	Produite à l'Annexe B et modifiée à l'Annexe C

Utiliser la couche représentant votre zone de gestion intégrée de l'eau, nommé OBV_CM dans ce document (créée à l'étape 3 au tableau A2)

Tableau D2. Traitements et requêtes géomatiques pour réaliser les jointures

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts / Explications
1	Importer les différents shapefiles et géodatabases nécessaires dans le tableau D1. (voir figure D1 pour ajouter une géodatabase vectorielle dans votre projet QGIS) 	MH_OBV_CM CMH_OBVCM Zgiebv (ou OBV_CM) CR_NIV_04_S CE_bassin_multi bassin_multi + residuel (2 fichiers)	---	Ajouter les couches de données.
2	Utiliser l'outil Définir une projection courante et projeter toutes les couches en NAD83/Québec Lambert. *Il est également nécessaire de définir le SCR du projet à partir de cette couche (Clic droit sur la couche) *	MH_OBV_CM CMH_OBVCM Zgiebv (ou OBV_CM) CR_NIV_04_S CE_bassin_multi bassin_multi + residuel (2 fichiers)	---	Assurer le bon affichage cartographique.
3	Utiliser l'outil Couper (figure D2), et enregistrer votre résultat.	Zgiebv (ou OBV_CM) CR_NIV_04_S	Limite_districts	Créer la couche des districts écologiques pour la ZGIEBV.
4	Ajouter à votre barre d'outils les outils de numérisation et de la numérisation avancé si ce n'est pas déjà fait (Clic droit dans le haut de QGIS). Ouvrir une session de mis-à-jour dans votre barre à outils en ayant présélectionné votre couche <i>Limites_districts</i> dans la table des matières.  Vous pouvez ensuite utiliser la barre de numérisation avancé pour modifier manuellement votre couche : 	Limite_districts	Limite_districts (modifié manuellement)	Il est nécessaire de fusionner les districts trop petits pour créer des polygones plus uniformes.

	Par exemple, vous pouvez séparer des entités avec l'outil  pour ensuite les fusionner à un district adjacent  (figure D3). Enregistrer en cliquant à nouveau sur l'icône : 			
5	Utiliser l'outil Intersection de SAGA (figure D4). Si SAGA n'est pas activé sur votre QGIS, allez dans « Traitement → Option → Fournisseurs de traitements → SAGA → Activer SAGA ». Enregistrer la nouvelle couche.	Limite_districts CMH_OBVCM	Inter_CMH_dis	Une jointure automatique s'effectue entre les deux couches. Il est alors possible de calculer la superficie de chaque CMH dépendamment de quels côtés de l'intersections entre deux districts il se situe.
6	Ajouter un nouveau champ « Area » dans la table attributaire avec la fonction suivante : <i>\$area</i> Créer les nouveaux champs avec la calculatrice de champs qui se situe dans la barre d'outils de la table attributaire (figure D5). 	Inter_CMH_dis	Inter_CMH_dis	Cela permet de mesurer la nouvelle superficie des CMH couper en deux (ou plus) par des limites des districts.
7	Ajouter un nouveau champ « Area_max » dans la table attributaire avec la fonction suivante : <i>maximum("AREA" ,group_by:= "CMH_ID")</i> (voir figure D6) Cette étape peut prendre quelques minutes.	Inter_CMH_dis	Inter_CMH_dis	Avec ce champ, il est alors possible de déterminer dans quels districts se situent la majeure partie du CMH fractionné par les frontières de districts.
	À cette étape, si vous remarquez qu'un CMH (ou plusieurs) est si long qu'il possède plus de deux districts, il faut alors manuellement aller le séparer (comme à l'étape 4) pour ne pas lui attribuer le mauvais district. Par exemple, un CMH riverain du fleuve qui fait presque toute la côte de la ZGIEBV de l'OBV-CM.			

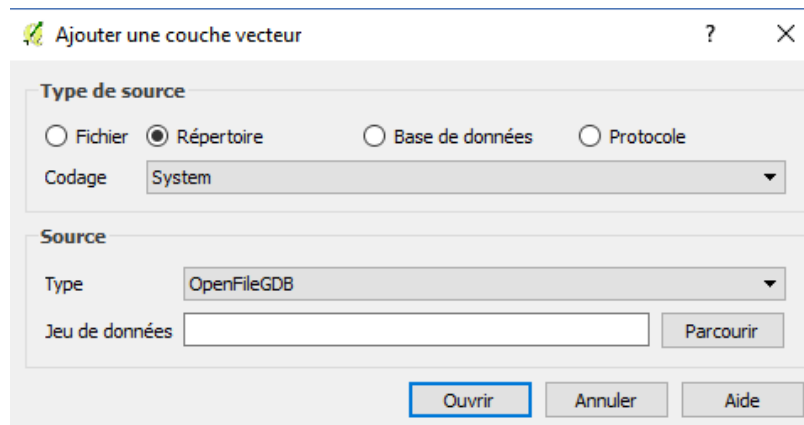


Figure D1. Procédure pour ajouter une géodatabase vectorielle

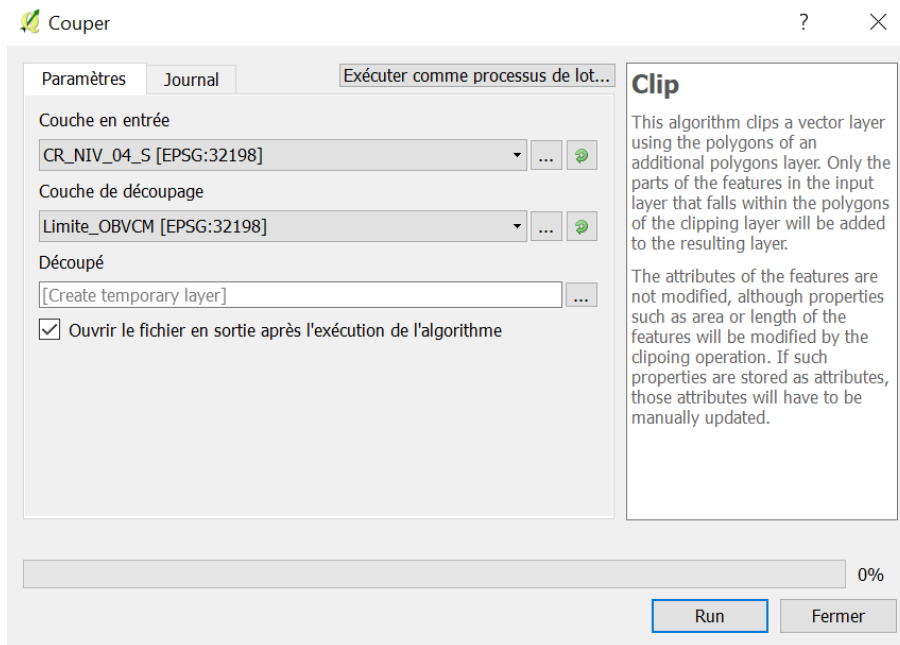


Figure D2. Couper la couche de districts écologiques avec les limites de votre ZGIEBV

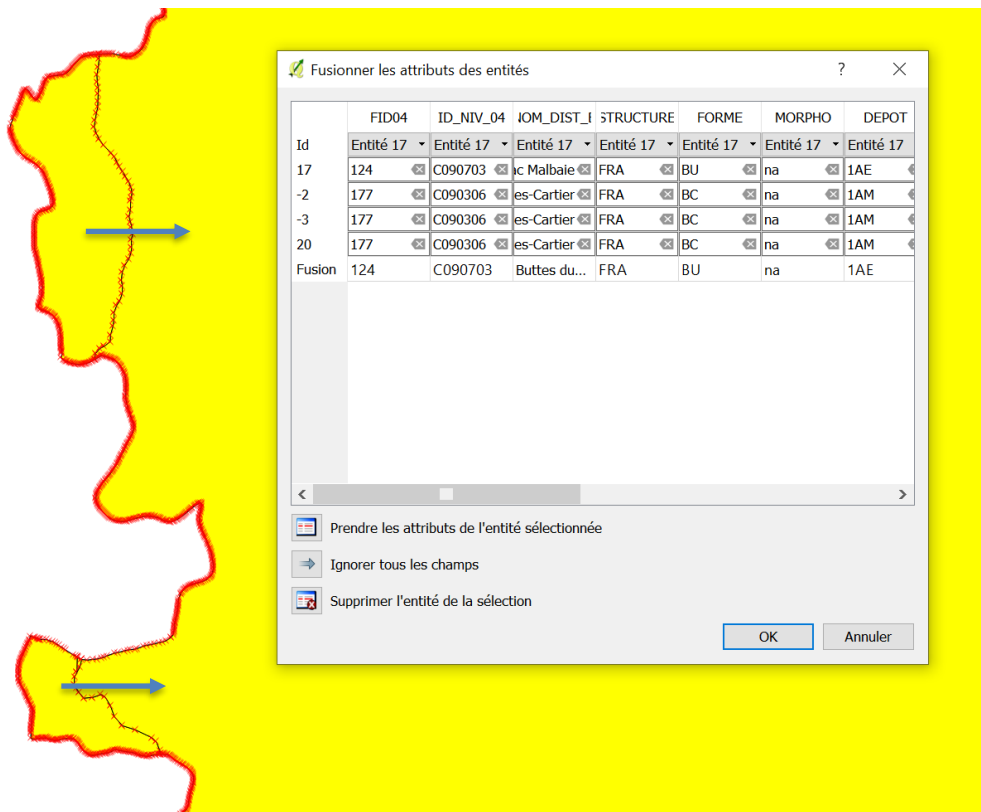


Figure D3. Fusion des entités 177 (à gauche) avec l'entité 124 qui est plus grosse (à droite)

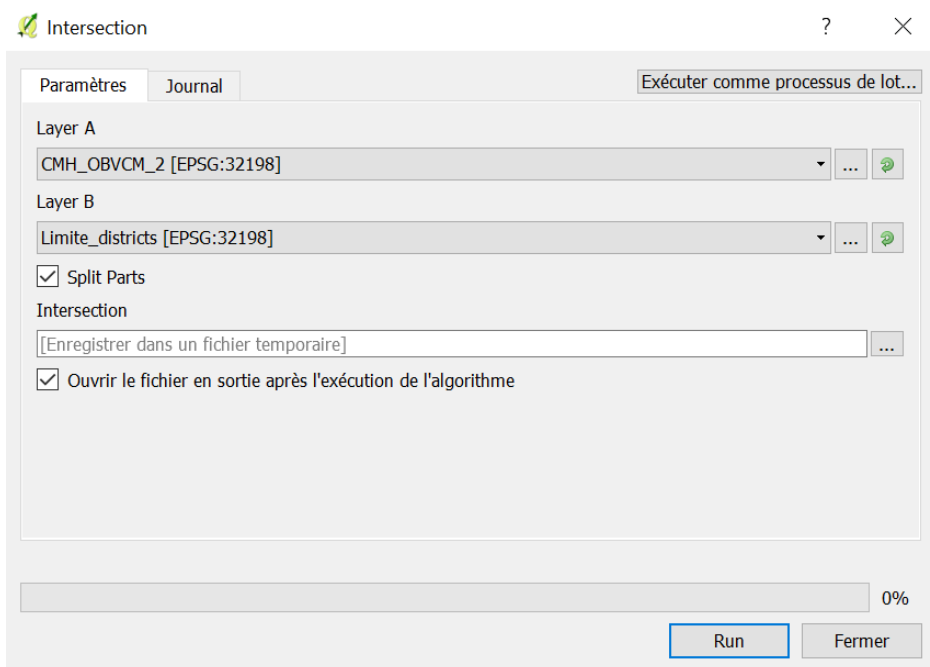


Figure D4. Intersection de SAGA entre les CMH et les districts écologiques

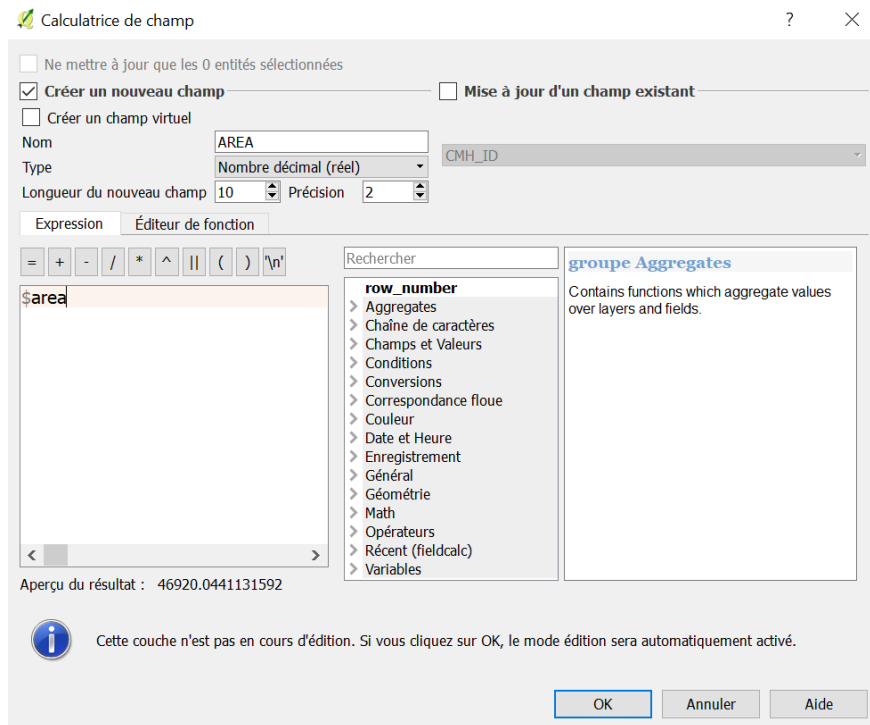


Figure D5. Création d'un nouveau champ qui calcul la superficie des CMH

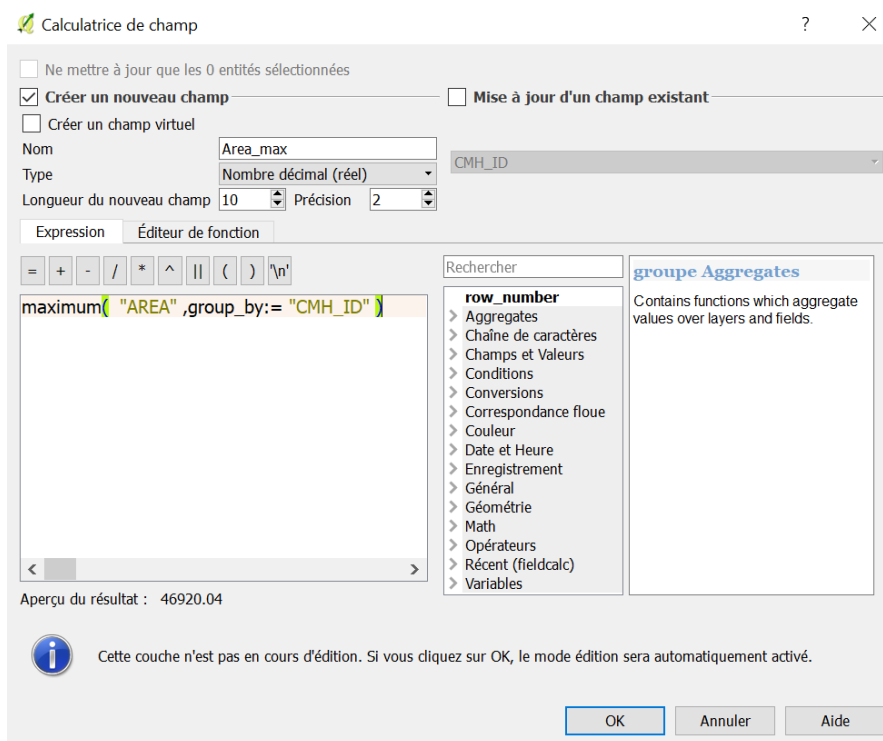


Figure D6. Création d'un nouveau champ qui permet de déterminer la superficie maximale d'un CMH par districts

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts / Explications
8	Utiliser Select by expression dans la table attributaire  avec la fonction suivante : "Area_max" = "AREA" (figure D8).	Inter_CMH_dis	---	La sélection vient choisir les districts pour lesquels la majeure partie du CMH se trouve.
9	Enregistrer sous en .csv la couche <i>Inter_CMH_dis</i> en sélectionnant seulement les champs « <i>CMH_ID</i> » et « <i>NOM_DIST_E</i> » et en cochant <i>N'enregistrer que les entités sélectionnées</i> (figure D9).	Inter_CMH_dis	Area_max.csv	Cela permettra de joindre ce fichier .csv à la couche CMH_OBVCM du départ.
10	Utiliser l'outil Joindre une table attributaire pour joindre <i>Area_max.csv</i> à la couche de CMH du départ (figure D10).	CMH_OBVCM Area_max.csv	CMH_OBV_dis	Et voilà! Il est maintenant possible de savoir dans quels districts se situe un CMH.
	Il suffit de répéter les étapes 3 à 10 avec les couches de Bassins hydrographiques multiéchelles de niveaux 1 à 8 (deux fichiers : CE_bassin_multi bassin_multi + résiduel) pour savoir dans quel bassin versant se trouve chacun de vos CMH.			
11	Utiliser l'outil Joindre les attributs par localisation (figure D11). Enregistrer sous en .shp (ESRI Shapefile) votre nouvelle couche (Clic droit sur la couche → Enregistrer sous) pour la conserver. Supprimer la couche temporaire « Couche jointe ».	MH_OBV_CM CMH_OBVCM	CMH_MH_OBV	Créer une couche avec les MH comme polygones + les informations des CMH (qui comprend également les districts et les BV) dans la table attributaire.

MH_ID	SHAPE_Leng	SHAPE_Area	Type	Sous_Type	CMH_ID	Shape_AR_1	NOM_DIST_E	BV_1	AREA	Area_max	PP
0	644.37710	15998.64802	Tourbière bog	bog	276	321005.83300	Moyennes collines du lac des Neiges	Montmorency, Rivière	46920.04	46920.04	Riverain
1	3440.92992	165327.76164	Marecage	Arbore pauvre	48	6489730.27900	Vallee de la riviere du Gouffre	Gouffre, Rivière du	126802.93	126802.93	Riverain
2	1338.32562	35711.95739	Marecage	Arbore pauvre	188	2005436.82500	Moyennes collines du lac des Neiges	Montmorency, Rivière	1009292.92	1634462.35	Riverain fleuve
3	553.00876	15405.19096	Eau peu profonde	Etang	277	27533.36800	Moyennes collines de Saint-Adolphe	Montmorency, Rivière	97.42	1634462.35	Riverain fleuve

Figure D7. Exemple de table attributaire finale

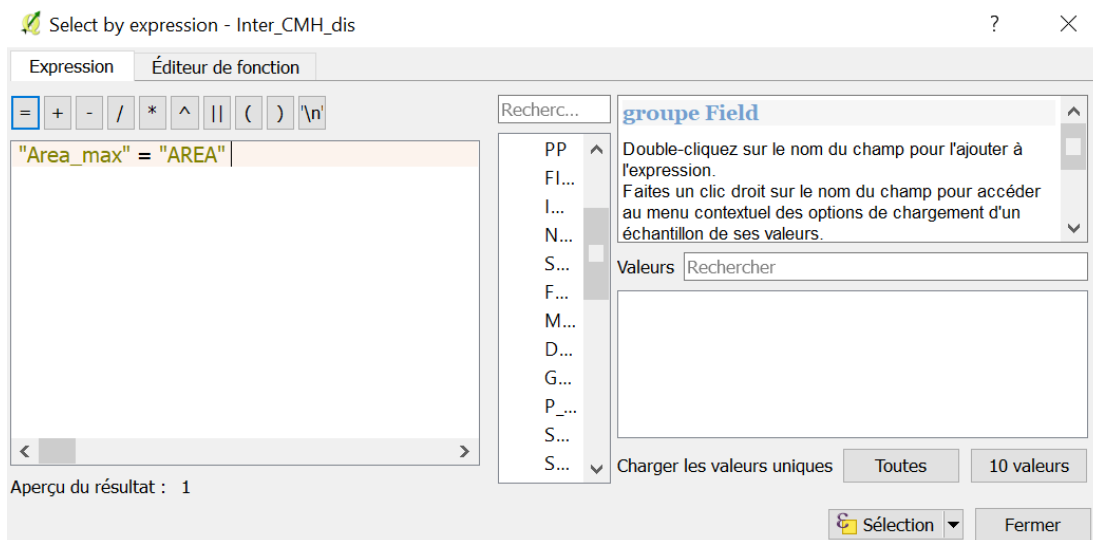


Figure D8. Sélectionner les districts contenant la superficie maximale

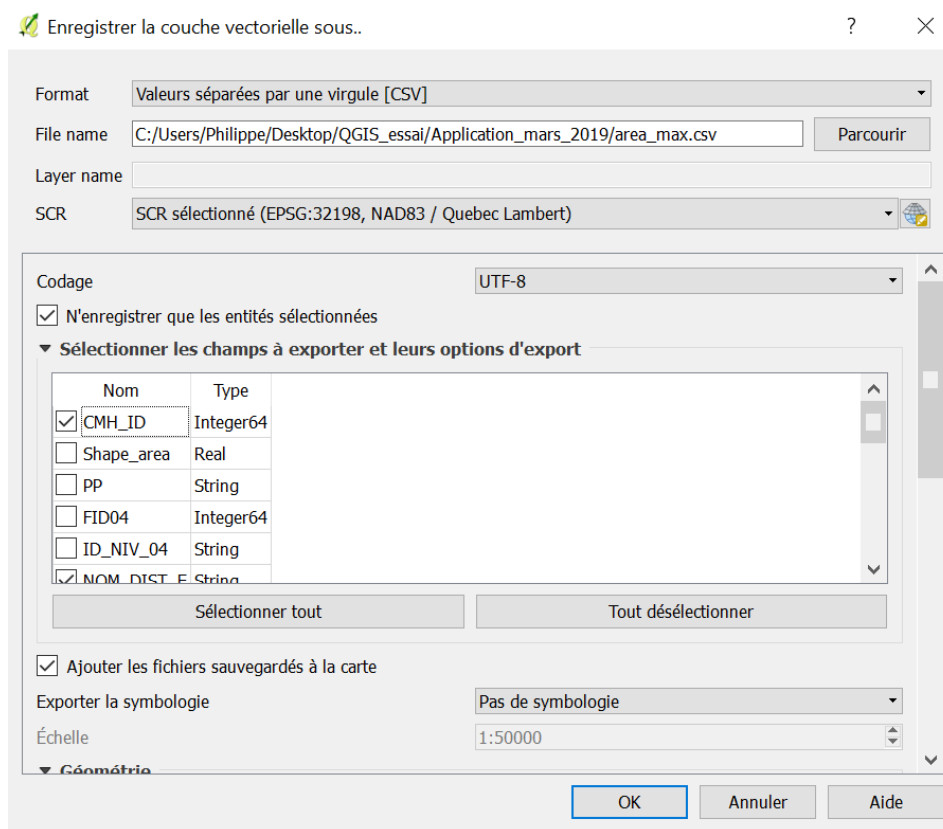


Figure D9. Exporter la couche en .csv pour la joindre à celle des CMH du départ

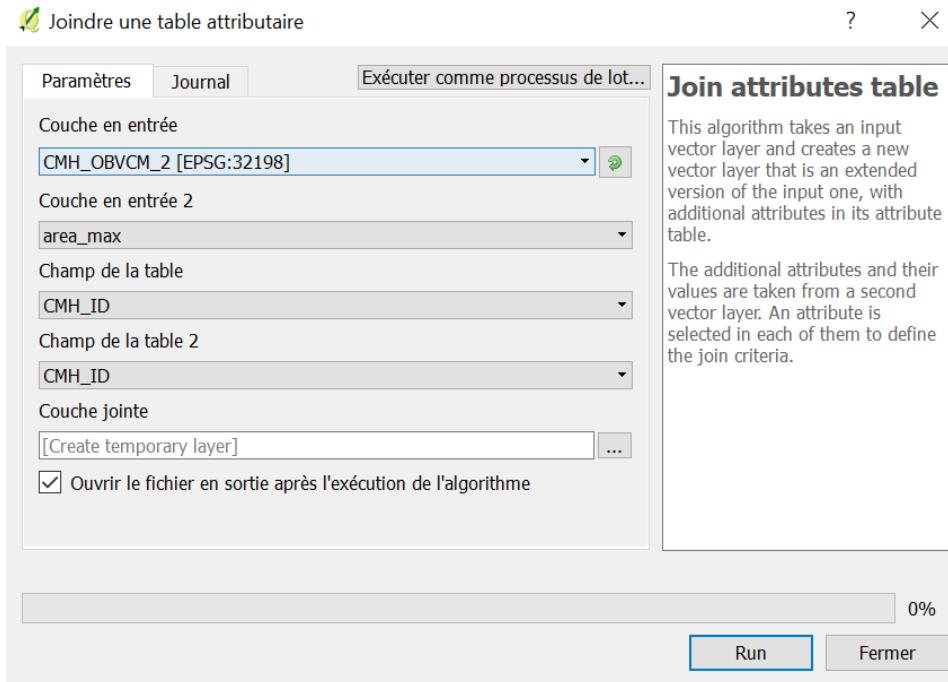


Figure D10. Jointure entre les CMH et les informations sur les districts écologiques

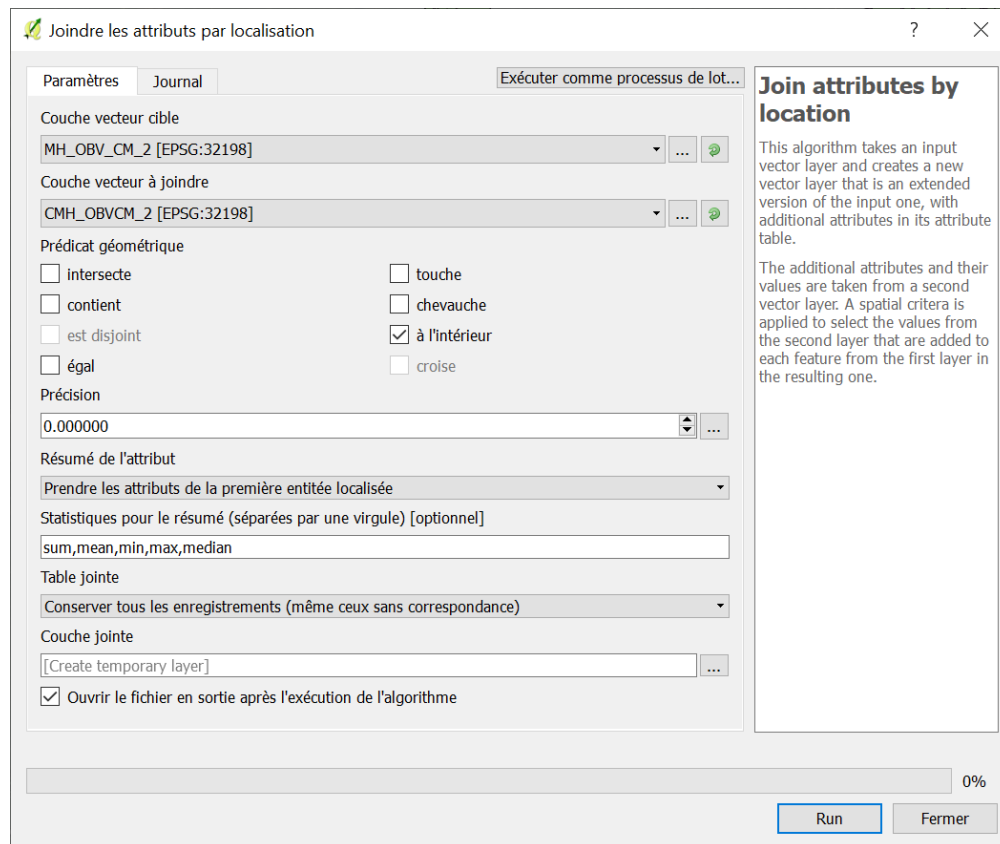


Figure D11. Procédure pour joindre par localisation les CMH et MH

Annexe E : Calculs des indicateurs

1.1 Annexe E : Productivité primaire

Pour effectuer les calculs nécessaires à l'obtention de la productivité primaire par CMH, plusieurs opérations seront réalisées dans la table attributaire de la couche CMH_MH_OBV produite à l'annexe précédent (annexe D).

1. Ouvrir la table attributaire de la couche CMH_MH_OBV. Pour créer de nouveaux champs, la calculatrice de champs sera utilisée. Pour ce faire, cliquer sur l'icône qui se situe dans la barre d'outils de la table attributaire :



Ajouter un nouveau champ « Sup_tot_MH » avec la fonction suivante

`Sum("SHAPE_area", group_by:="CMH_ID")` afin d'obtenir la superficie totale de tous les MH dans le CMH. Ce chiffre est différent de la superficie totale du CMH car la place qu'occupe la zone tampon permettant la création des CMH à l'annexe B est exclue. La figure E1 servira de modèle pour l'ajout de nouveaux champs :

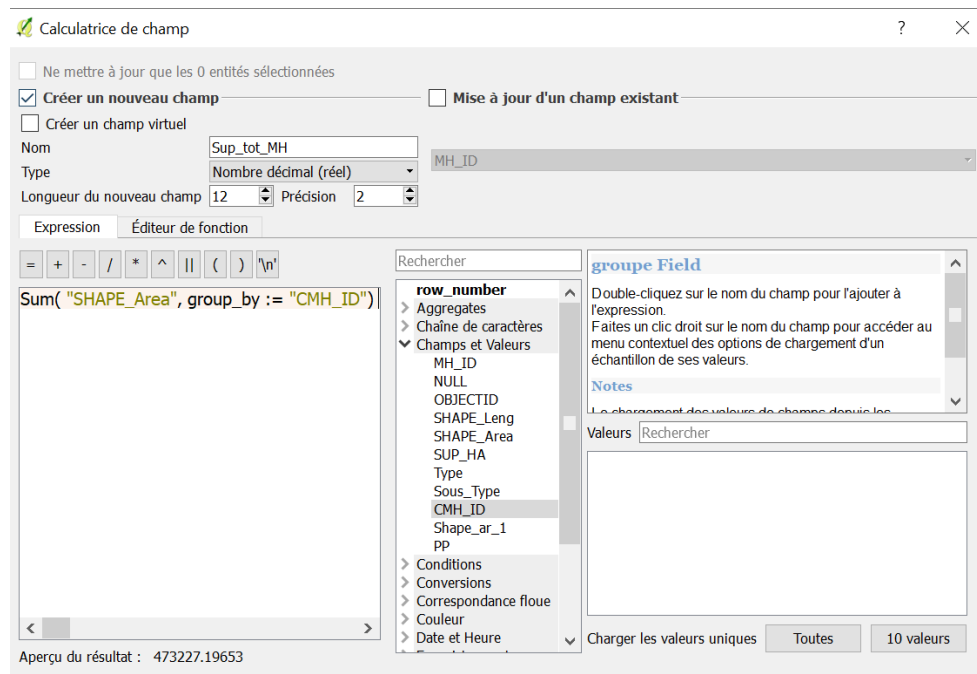


Figure E1. Création d'un nouveau champ pour la superficie totale des types de MH dans un CMH

2. Ajouter un nouveau champ « Prop_MH » avec la fonction suivante :

"SHAPE_Area"/"Sup_tot_MH" , afin d'obtenir la proportion de la superficie qu'occupe chaque MH au sein d'un CMH. Mettre « 4 » de « Précision » pour avoir suffisamment de chiffres après la virgule.

3. Ajouter un nouveau champ « N » (pour la productivité primaire nette) avec la fonction suivante :

```
CASE
WHEN "Type"='Marais' THEN 1034
WHEN "Type"='Marecage' THEN 943
WHEN "Type"='Tourbriere bog' THEN 449
WHEN "Type"='Eau peu profonde' THEN 400
WHEN "Type"='Tourbriere fen' THEN 296
Else 0
END
```

Les chiffres attribués au type de MH proviennent de la revue de littérature des travaux de l'ATLAS. Puisque le type « dénudé humide » n'en fait pas partie, il obtient la valeur de zéro. Toutefois, une revue de littérature concernant ce type de MH serait nécessaire pour augmenter la validité des résultats. Le type « non-classifié » qui provient de la couche de *Milieux humides potentiels* du Gouvernement du Québec obtient également la valeur de 0.

4. Ajouter un nouveau champ « PP_valeur » avec la fonction suivante :

```
CASE
WHEN "PP"='Riverain fleuve' THEN 5
WHEN "PP"='Riverain' THEN 4
WHEN "PP"='Lacustre' THEN 3
Else 1
END
```

Les CMH en position Isolé/palustre obtienne la note de « 1 » puisqu'il s'agit d'une position physiographique partielle. Éventuellement, il faudrait attribuer la note de « 1 » aux CMH en position isolé et « 2 » aux CMH en position palustre lorsque de meilleures données seront disponibles ou si une meilleure méthodologie est développée.

5. Ajouter un nouveau champ « Prop_N_PP » avec la fonction suivante :

"Prop_MH" * "N" * "PP_valeur" .

6. Enfin, faire une sommation par CMH pour obtenir la productivité primaire. Ajouter un nouveau champ « Pr » avec la fonction suivante : `Sum("Prop_N_PP",group_by:="CMH_ID")` .

1.2 Annexe E : Diversité végétale (indicateur de Shannon)

Le calcul de l'indicateur de Shannon sera fait sur *Excel*. Il suffit d'exporter la table attributaire de la couche CMH_MH_OBV mise à jour dans la section précédente. Toutefois, afin de faciliter la démarche, l'extension *Group Stats* doit être installée (figure E2).

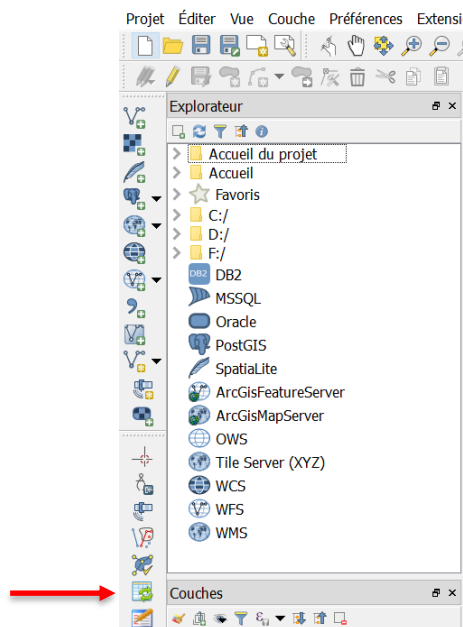


Figure E2. Emplacement de *Group Stats* suite à son installation

Group Stats :

L'extension *Group Stats* permet d'interroger la table attributaire tout en laissant à l'utilisateur le pouvoir de moduler le tableur résultant selon ses besoins. L'extension permet d'effectuer des requêtes statistiques simples sur les différents champs de la table attributaire questionnée comme des sommations (*sum*), des décomptes (*count*), des moyennes (*average*), etc. L'une des applications intéressantes de cette extension est que l'on peut exporter les tableurs résultants en fichier .csv, qui sont des fichiers compatibles avec *Excel*. Pour le calcul de l'indicateur de Shannon, il faut sommer la superficie de chaque type de MH au sein de chaque CMH (figure E3).

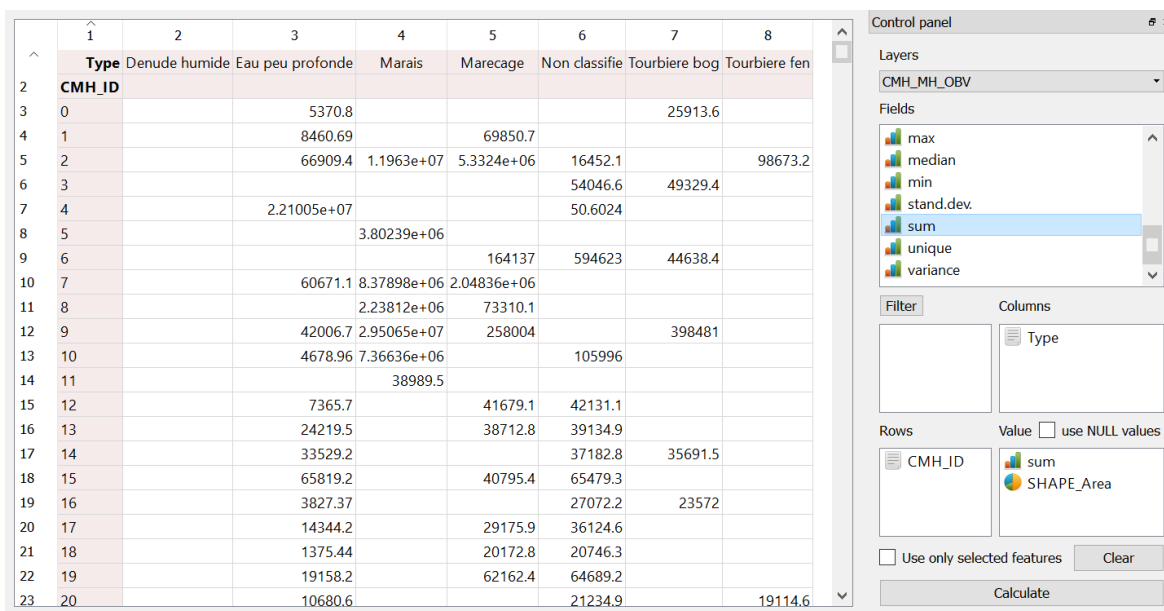


Figure E3. La proportion de chaque type de milieux humides par complexe et les paramètres utilisés dans *Group Stats*

Ensuite, exporter la table résultante en .csv et ouvrir le fichier avec *Excel*. Calculer l'indice de Shannon en suivant la formule décrite dans la section « Méthodologie » du présent rapport (figure E4).

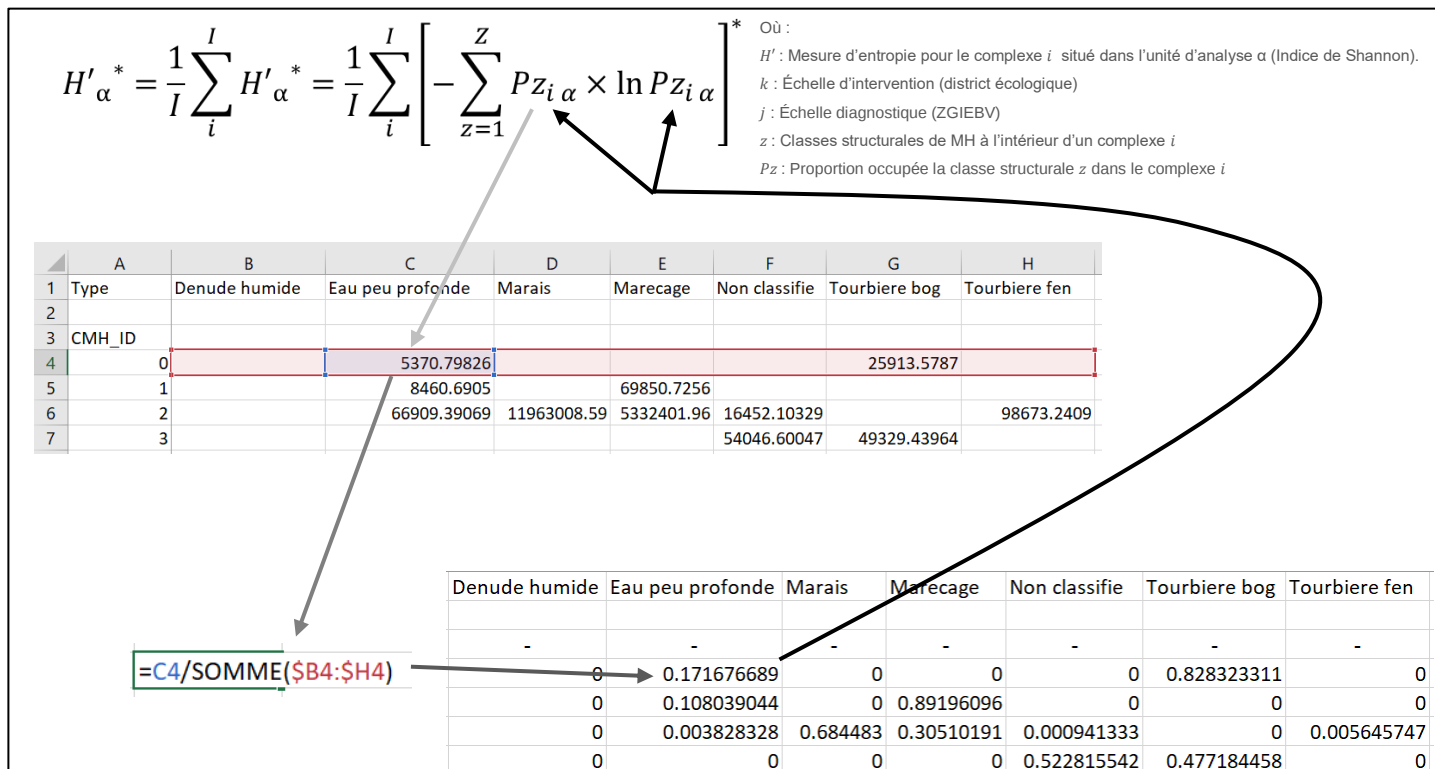


Figure E4. Exemple du calcul de l'indicateur de Shannon via *Excel*

Après avoir calculé « $Pz_{i\alpha} \times \ln Pz_{i\alpha}$ » (figure E4), il suffit de faire la somme pour chaque CHM afin d'obtenir l'indice de Shannon pour chaque CMH. Ensuite, exporter vos résultats en fichier .csv en gardant uniquement deux colonne, soit « CMH_ID » et votre colonne contenant l'indice de Shannon. Le fichier .csv pourra ensuite être réimporter dans QGIS dans la couche CMH_MH_OBV à l'aide l'outil *Joindre une table attributaire*. Le champ commun des deux tables est « CMH_ID ».

1.3 Annexe E : Taille

La taille a déjà été calculé lors de la création des CMH à l'Annexe B. Il suffit d'ajouter un logarithme en base 10 afin de normaliser la distribution des données. Dans ce document, la taille des CMH correspond au champs « Shape_ar_1 », mais, dans certains cas, elle peut également s'appeler « Shape_area ». Il est important de ne pas la mélanger avec le « Shape_area » correspondant aux superficies des MH, mais bien de prendre le champ qui correspond aux superficies des CMH. Enfin, ajouter un nouveau champ (« Taille_log ») à la table attributaire de la couche CMH_MH_OBV à l'aide de la calculatrice de champs  (figure E5). Utiliser la fonction suivante :

```
log10("Shape_ar_1")
```

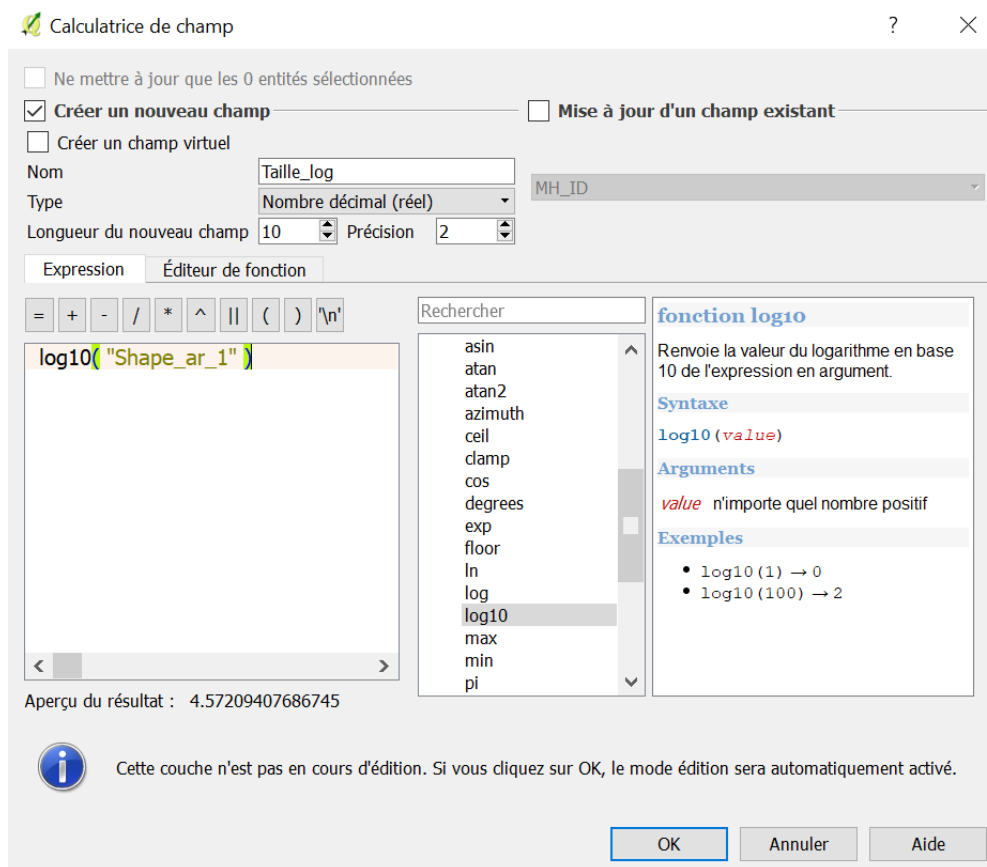


Figure E5. Calcul du log de la superficie des CMH avec *Calculatrice de champ*

1.4 Annexe E : Naturalité de la zone tampon des complexes de milieux humides

La naturalité de la zone tampon est un critère de biodiversité de la méthodologie de priorisation de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation des Basses terres du Saint-Laurent*. L'indicateur spatial est en fait l'évaluation des utilisations du territoire dans une zone tampon de 200 mètres autour des CMH. Un modèle assure l'automatisation des traitements géomatiques nécessaires pour calculer le critère. Le tableau E1 introduit les différentes données nécessaires pour le fonctionnement du modèle.

Tableau E1. Les données nécessaires pour la mise en fonction du modèle de l'analyse de la zone tampon

#	Nom	Produit/ producteur	Syst. de coordonnées	Format	Hyperlien
C1	Bassins versants de niveau 1 à 8 au 1/20000 et/ou la zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE)	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Shapefile (géodatabase)	Données Québec
C2	Utilisation du territoire	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Raster	Utilisation du territoire
C3	Table des utilisations du territoire	MDDELCC	NAD83/Québec Lambert	Dbase (.dbf)	Cette table est téléchargée en même temps que C2.
C4	Couche des complexes de milieux humides créés (Complexes_MH)	Annexe B	NAD83/Québec Lambert	Shapefile	Voir Annexe B

Tableau E2. Prétraitement des différentes données nécessaires avant le lancement de la chaîne de traitements automatisée

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
	Différents traitements doivent être effectués avant de lancer l'automatisation de l'outil. Il y a également un bug avec QGIS qui demande l'utilisation du logiciel ArcMap pour un traitement. En effet, le logiciel QGIS ne permet pas d'ouvrir un fichier matriciel qui se retrouve à l'intérieur d'une géodatabase. Pour se faire, il faut donc ouvrir le fichier avec ArcMap pour ensuite l'enregistrer dans un dossier en format (.TIFF). Le format (.TIFF) est compatible avec QGIS.			
1	Ouvrir le fichier matriciel d'utilisation du territoire (C3). 1 -Clic droit sur la couche – Données – Exporter les données (Voir figure E6) 2-Ouvrir la table attributaire de la couche d'utilisation du territoire – Option de la table – Exporter en fichier (.dbf)	Utilisation du territoire Table d'utilisation du territoire	Utilisation du territoire (.TIFF) Table d'utilisation du territoire (.dbf)	Permettre l'ouverture des différentes couches dans QGIS.
2	Ouvrir la zone de gestion intégrée de l'eau pour laquelle le calcul de l'indicateur est effectué. Appliquer une zone tampon de 5000 mètres de celle-ci (figure E7).	ZGIE_OBVCM	Tampon_5000m_ZGIE_OBVCM	Créer une entité de découpage pour diminuer la lourdeur de la couche de l'utilisation du territoire.
3	Découper la couche matricielle d'utilisation du territoire par le tampon de la ZGIE avec l'outil <i>Clip raster with polygon</i> de SAGA (voir figure E8).	Tampon_5000m_ZGIE_OBVCM Utilisation du territoire (.TIFF)	Clip_utilisation_OBVCM	Découper le fichier matriciel d'utilisation du territoire.
	Pour faciliter les traitements géomatiques, la donnée matricielle d'utilisation du territoire sera transformée en donnée vectorielle. Cependant, le changement dans la nature des données diminue la précision de la donnée. Un compromis entre la diminution de la lourdeur des données et la précision est réalisé.			
4	Vectorialiser la couche matricielle d'utilisation du territoire (figure E9).	Clip_utilisation_OBVCM	OBVCM_utilisation_vecteur	Diminuer la lourdeur des données.
5	Joindre la table d'utilisation du territoire au fichier vectoriel résultant de l'étape 4 (figure E10).	Table d'utilisation du territoire (.dbf) OBVCM_utilisation_vecteur	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	Introduire les informations dans la table attributaire de la couche vectorielle.
6	Sélectionner les entités problématiques créées lors du	Utilisation_OBVCM_vecteur_final		Éliminer les entités problématiques.

	changement du type de donnée. Supprimer les entités avec l'icône suivant :  *Ne pas oublier d'entrer en mode Édition.			
	Pour simplifier la méthodologie, la pondération a été réalisée à partir de huit catégories d'utilisations développées par le MDDELCC. Les catégories d'utilisation du territoire ainsi que la pondération de référence octroyée pour la naturalité de la catégorie sont définies dans la section « 3.2.3.5.1.4 Naturalité la zone tampon ». Il faut rappeler que la pondération n'est pas le fruit d'une revue de littérature, mais d'un processus logique réalisé par l'utilisateur.			
6	Octroyer aux différentes catégories d'utilisation la pondération définie dans la section « 3.2.3.5.1.4 Naturalité la zone tampon » du rapport. La création du champ <i>POND_utili</i> et l'utilisation d'une commande par condition dans la <i>Calculatrice de champ</i> (figure E12).	Utilisation_OBVC M_vecteur_final		La donnée d'utilisation du territoire est maintenant prête à être introduite dans le modèle.
	C'est un traitement demandant pour l'ordinateur. Si cela ne fonctionne pas après 30 minutes, octroyer une pondération de naturalité une catégorie à la fois pour réduire la lourdeur des traitements.			

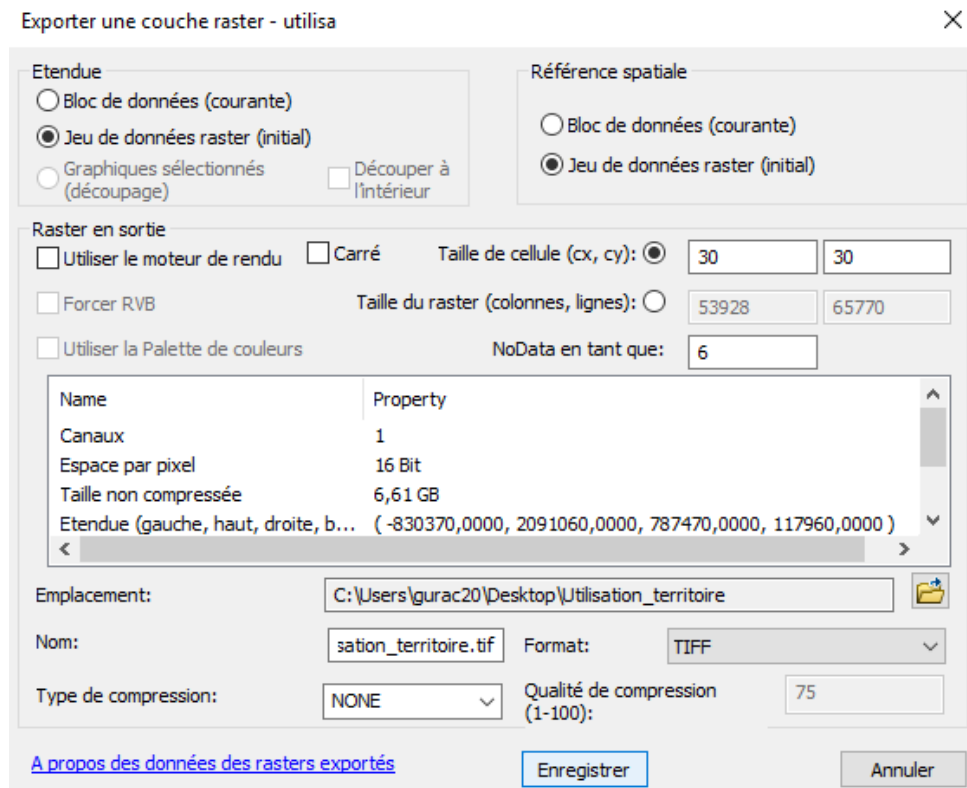


Figure E6. Exporter une couche raster en fichier .TIFF dans ArcMap

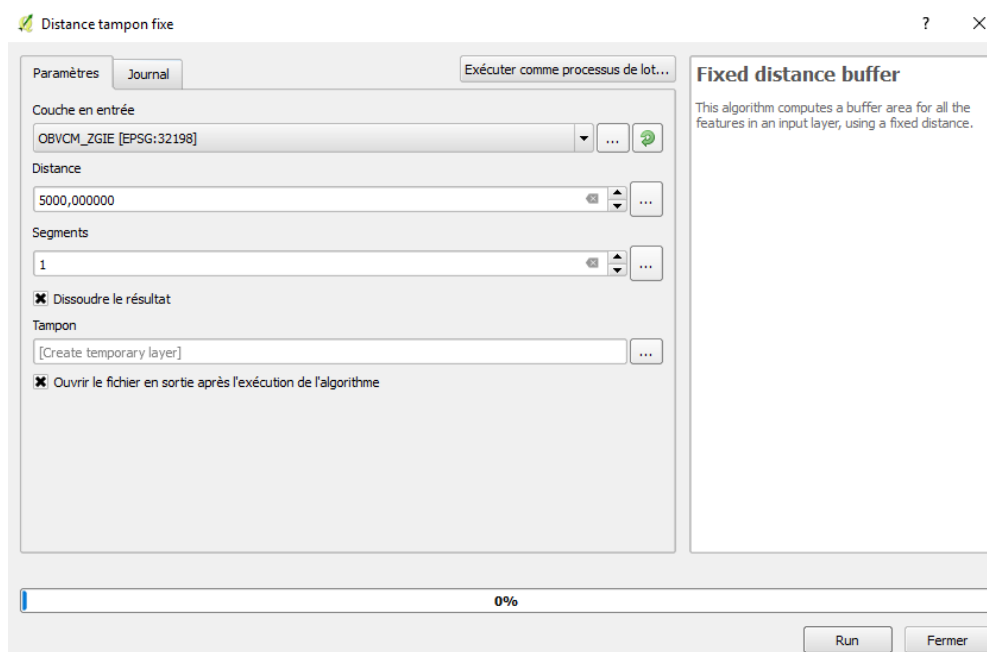


Figure E7. Appliquer une zone tampon de 5000 mètres avec l'aide de l'outil *Distance tampon fixe*

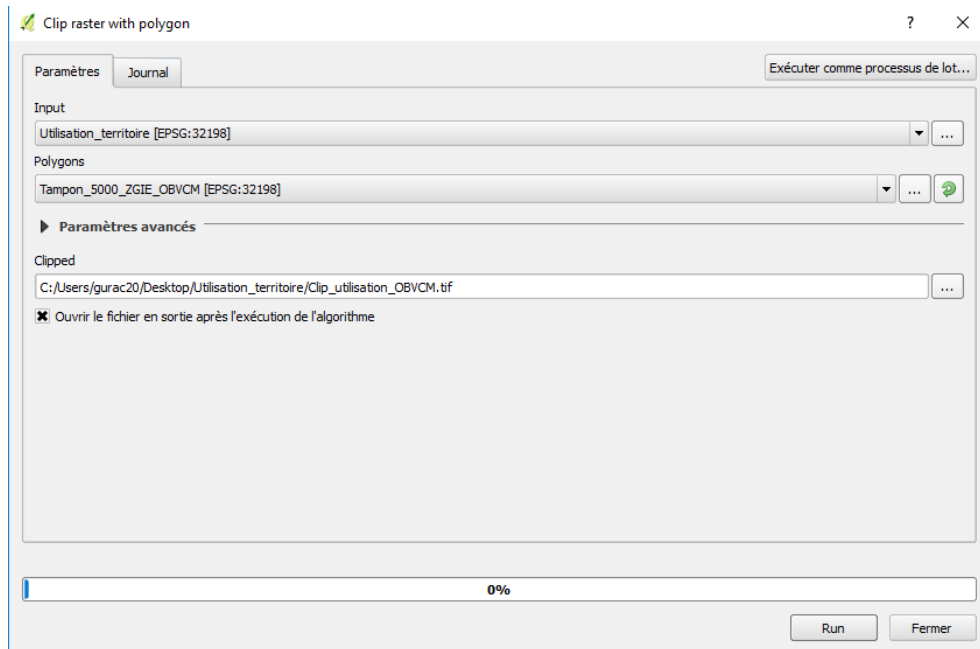


Figure E8. Découper le raster d'utilisation du territoire avec l'entité de découpage en utilisant l'outil *Clip raster with polygon* de SAGA

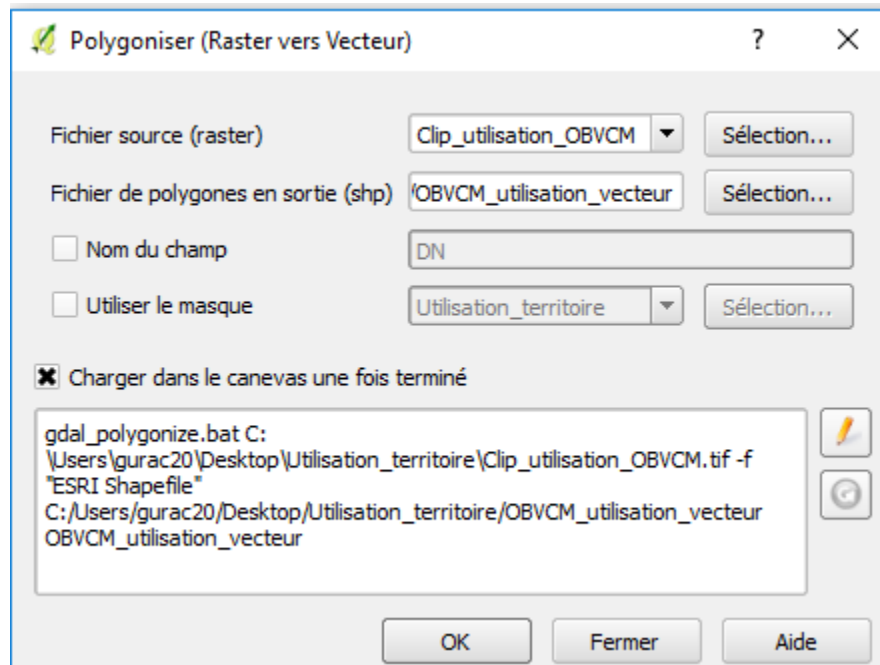


Figure E9. Vectoriser (ou polygoniser) la couche matricielle d'utilisation du territoire

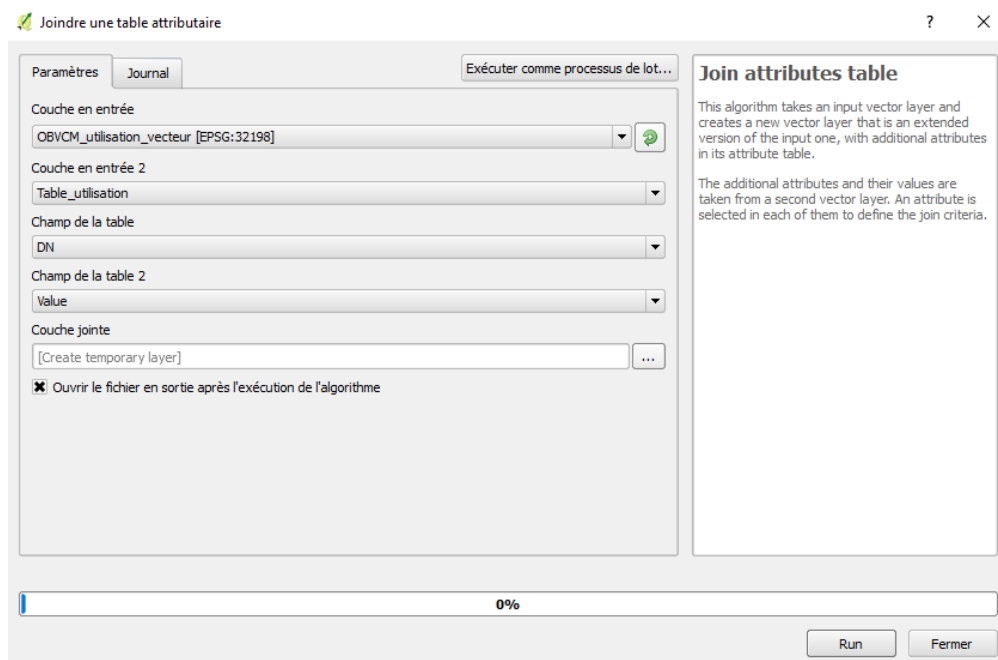


Figure E10. Joindre la table attributaire avec l'outil *Joindre une table attributaire*

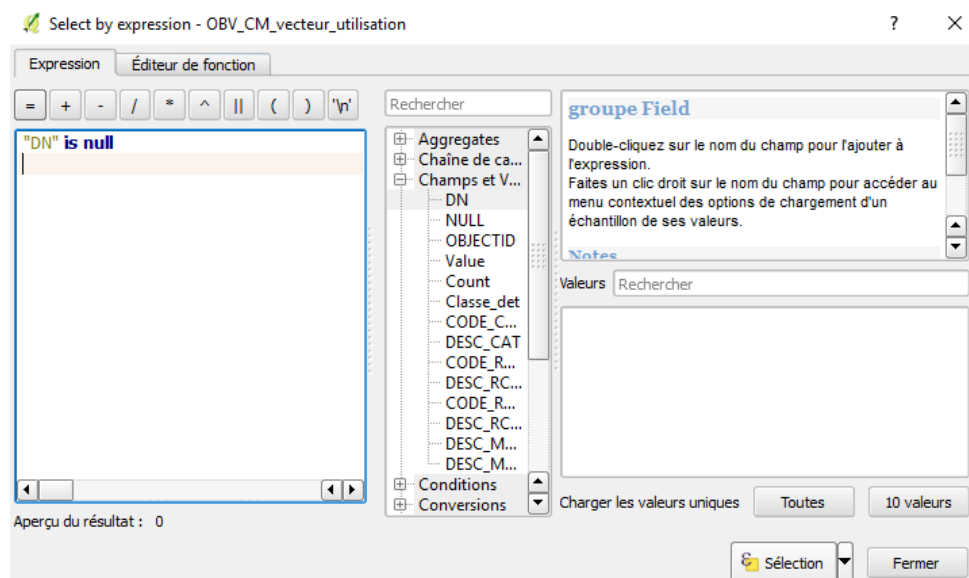


Figure E11. Sélection des entités problématiques dans la couche vectorielle d'utilisation du territoire avec l'outil *Select by expression*

Calculatrice de champ

☐ Ne mettre à jour que les 0 entités sélectionnées

☒ Créer un nouveau champ ☐ Mise à jour d'un champ existant

☐ Créer un champ virtuel

Nom: POND_utili

Type: Nombre décimal (réel)

Longueur du nouveau champ: 10 Précision: 2

DN: DN

Expression: Éditeur de fonction

Rechercher

groupe Aggregates

row_number

Aggregates

Chaine de caract...

Champs et Valeurs

Conditions

Conversions

Correspondance ...

Couleur

Date et Heure

Enregistrement

Général

Géométrie

Math

Opérateurs

Récents (fieldcalc)

Variables

Contains functions which aggregate values over layers and fields.

```

CASE WHEN "DESC_CAT" = 'Milieu agricole' THEN 0
WHEN "DESC_CAT" = 'Milieu anthropique' THEN 0
WHEN "DESC_CAT" = 'Milieu aquatique' THEN 1
WHEN "DESC_CAT" = 'Milieu forestier' THEN 1
WHEN "DESC_CAT" = 'Milieu humide' THEN 1
WHEN "DESC_CAT" = 'Non classifié' THEN 0
WHEN "DESC_CAT" = 'Sol nu et lande' THEN 0.75
WHEN "DESC_CAT" = 'Coupe et régénération' THEN 0.5
END

```

Aperçu du résultat : 1

Figure E12. Création du champ *POND_utili* avec la Calculatrice de champ

#	Description des traitements/requêtes	Données en entrée	Données en sortie	Buts
	Pour appliquer le modèle à l'échelle de la zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE), il faut effectuer des traitements par lots pour limiter la lourdeur des traitements. Pour se faire, il faut séparer la zone en plusieurs entités spatiales de dimension inférieure. Ainsi, les bassins versants de niveau 1 seront utilisés pour séparer de manière cohérente la zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE). Les bassins versants de niveau 1 peuvent être encore d'une superficie trop élevée. À titre d'exemple, le bassin versant de la rivière Montmorency est d'une bonne dimension.			
7	Sélectionner toutes les entités dans la couche de bassins versants de niveau 1 à l'intérieur de la zone de gestion intégrée de l'eau.	CE_bassin_multi bassin_multi + residuel	OBVCM_BV_1	Créer des unités spatiales à introduire dans le traitement par lots.
8	Créer une couche avec tous les bassins résiduels du fleuve Saint-Laurent de manière à garder seulement les gros bassins versant de la ZGIE.	OBVCM_BV_1	Bassin_residuel OBVCM_BV_1	
9	Supprimer toutes les entités introduites dans la couche des bassins résiduels à l'étape	OBVCM_BV_1		

	précédente. (voir figure E13)			
10	Séparer la couche vectorielle selon les différentes entités présentes dans la table attributaire avec l'outil <i>Séparer les couches vecteurs</i> (figure E14-15).	OBVCM_BV_1		Explosion des différentes entités dans la couche de donnée en un couche de données distinctes.
	Les prétraitements nécessaires sont maintenant terminés et l'automatisation peut être lancé.			



Figure E13. Procédure réalisée de l'étape 7 à 9

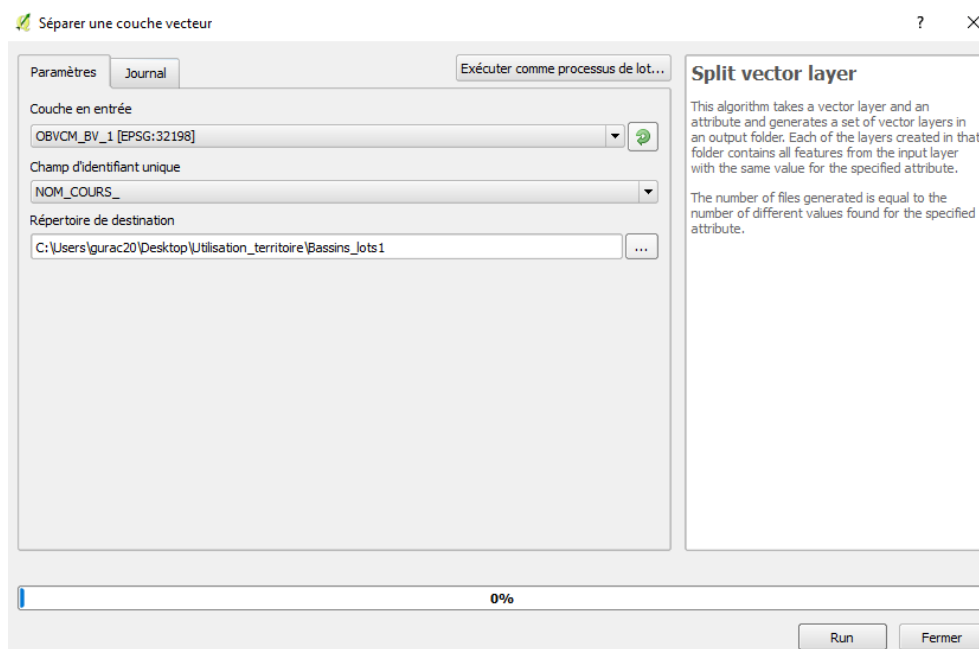


Figure E14. Séparer la couche vectorielle en plusieurs couche de données

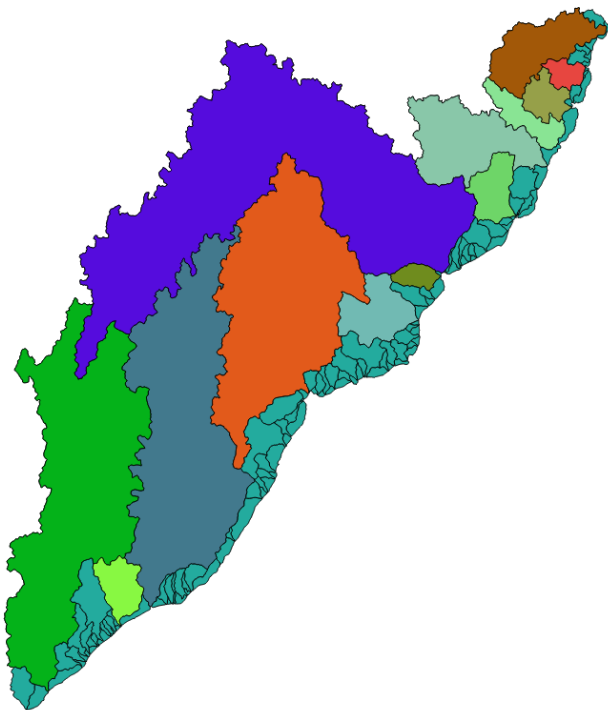


Figure E15. Procédure réalisée de l'étape 10

1.4.1 Annexe E : Automatisation des traitements

De manière générale, les modèles sont composés de deux paramètres importants, soient les données nécessaires et les flux de traitements. Les flux de traitements sont définis par une suite d'algorithmes qui ont déjà été développés par le logiciel QGIS et qui sont définis par la grande gamme d'outils disponibles dans la boîte à outils de ce logiciel. Les flux de traitement sont enregistrés dans un fichier (.MODEL) que vous allez devoir enregistrer sur votre ordinateur. L'exécutant du modèle devra entrer les différentes données nécessaires pour le bon fonctionnement du flux de traitement. Les données nécessaires seront détaillées dans les différents protocoles prévus à cet effet.

Le protocole suivant explique comment ouvrir les modèles dans le logiciel QGIS. Il est important de mentionner que les différents modèles développés dans le cadre de cet essai-projet sont compatibles avec la deuxième version de QGIS (2.18.10 à 2.18.17).

Matériels nécessaires:

- Le modèle enregistré dans un fichier .MODEL ;
- Les données nécessaires et/ou l'emplacement des données nécessaires et/ou le protocole pour créer les données nécessaires.

Ouverture d'un modèle dans le logiciel QGIS:

Le fichier .MODEL doit être enregistré dans un dossier sur votre ordinateur. Vous devez également vous assurer que les options nécessaires au bon fonctionnement du modeleur graphique soient activées dans les paramètres (voir figure E16) (*Onglet traitement → Options*).

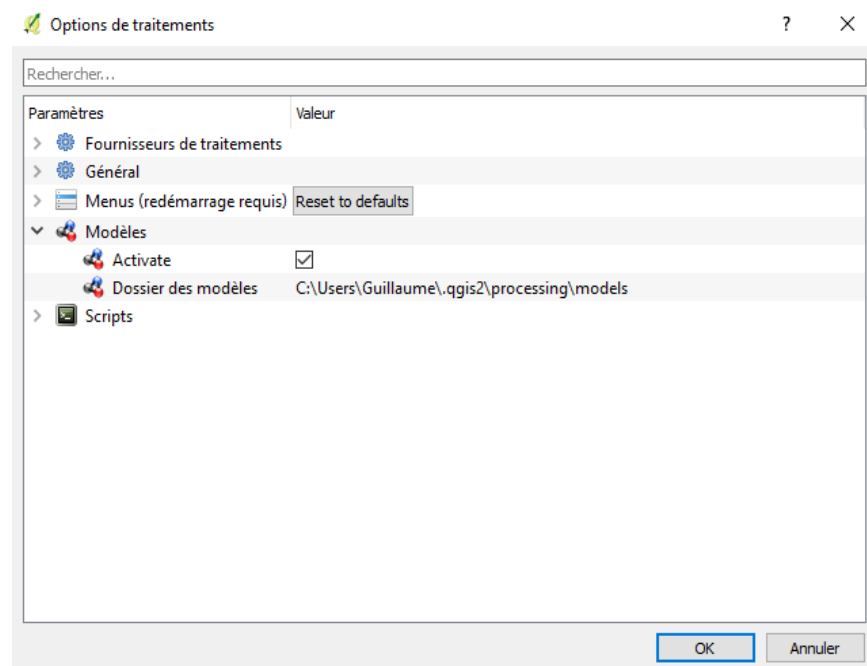


Figure E16. Vérification si les options de traitement du modeleur graphique sont activées

Par la suite, vous devez ouvrir la boîte à outils de QGIS qui vous permet de rechercher les différents outils disponibles dans le logiciel, mais aussi d'ouvrir des modèles (*Onglet traitement → Boîte à outils*). Dans cette boîte à outils, *Ajouter des modèles à partir de fichier* dans l'onglet *Modèles* (voir figure E17).

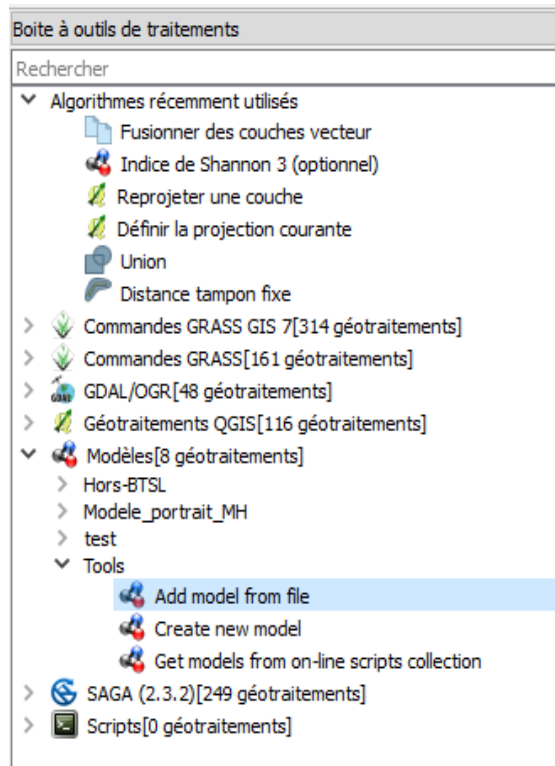


Figure E17. Vue de la boîte à outils et commande permettant d'ajouter des modèles à votre projet QGIS

Pour le critère de la naturalité de la zone tampon, il y a deux modèles qui assurent l'entière automatisation des manipulations géomatiques. Pour lancer le modèle, double-cliquer sur celui-ci et entrer les données nécessaires. Cliquer sur **Run** pour démarrer la chaîne de traitements (voir figure E18).

Champ à remplir pour lancer le modèle 1 :

Entité spatiale : Couches de données développées aux étapes 7 à 10 (Annexe E 1.4 – Naturalité de la zone tampon);

Complexe de milieux humides : Couche des complexes de MH (Annexe 2);

Utilisation-vecteur : Couche de donnée développée aux étapes 1 à 6 (Annexe E 1.4 – Naturalité de la zone tampon).

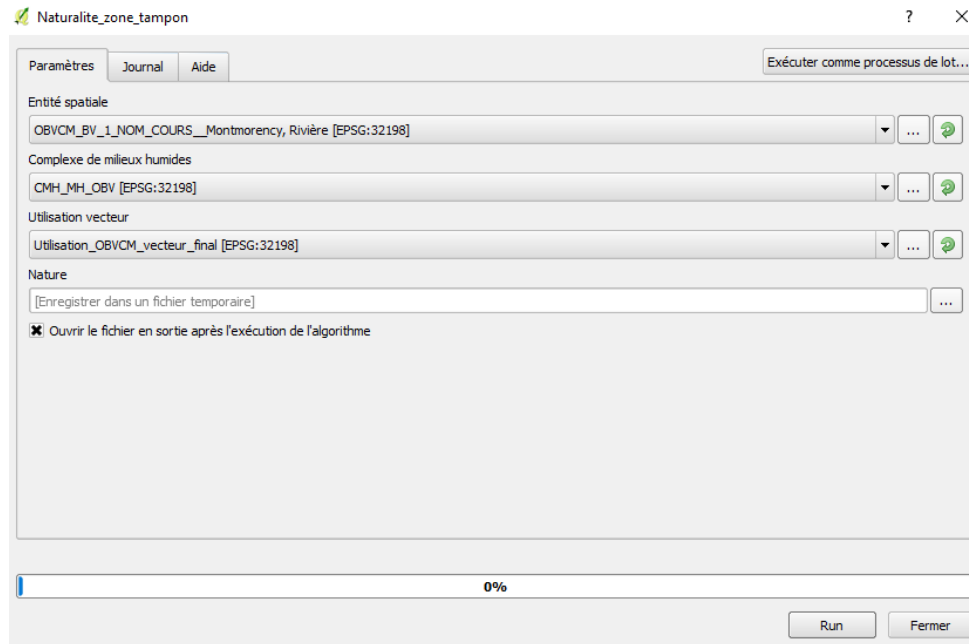


Figure E18. Interface du modèle 1 de naturalité de la zone tampon et les couches de données nécessaires à son fonctionnement.

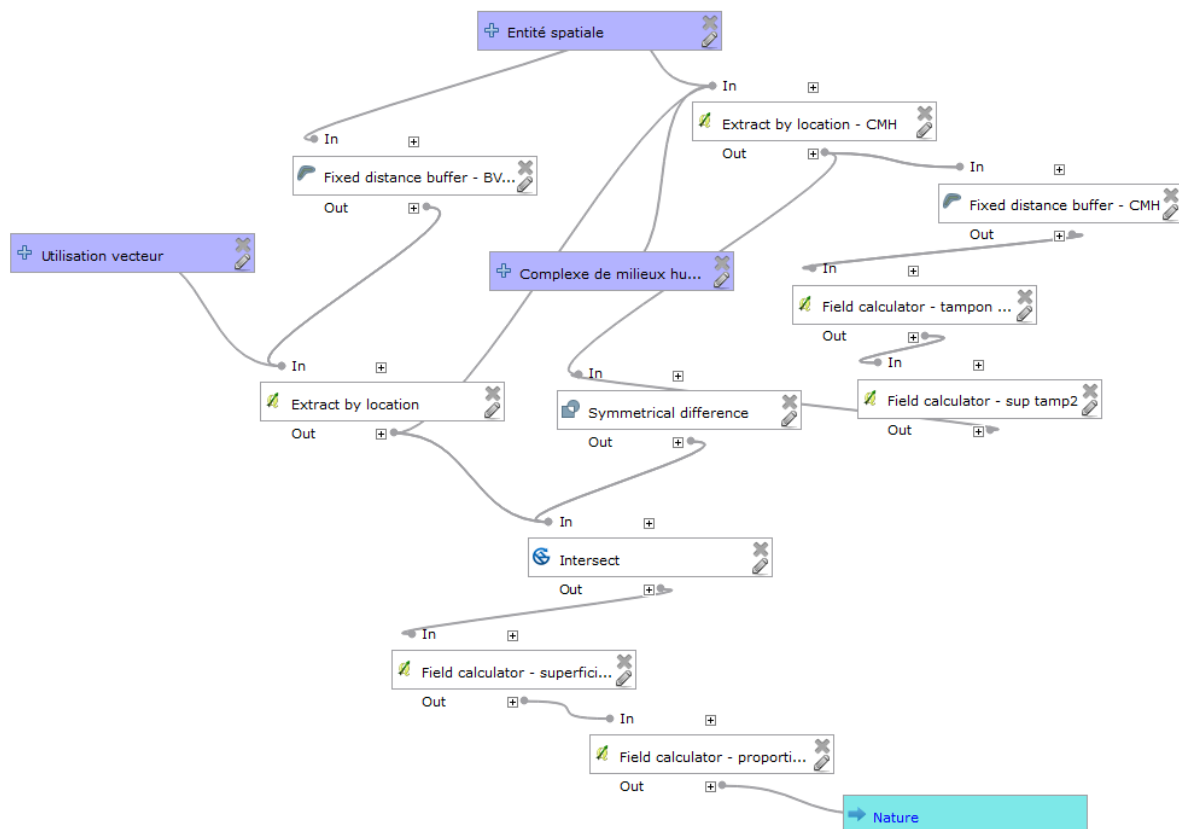


Figure E19. La chaîne de traitements effectués par le modèle 1.

Traitement par lot :

Le traitement par lot permet de lancer le modèle plusieurs fois de suite et donc de traiter plus rapidement un nombre d'entités important. Pour le cas de la naturalité de la zone tampon, il est possible de lancer le modèle en changeant les couches de données pour l'entité spatiale développées aux étapes 7 à 10 (Annexe E 1.4 – Naturalité de la zone tampon). Ainsi, la lourdeur des traitements est réduite puisque le nombre d'entités traité par l'outil en même temps est diminué. En effet, le modèle est lancé à plusieurs reprises avec un nombre d'entités limité plutôt qu'une fois avec un très grand nombre d'entités. La figure E20 présente le lancement d'un traitement par lot pour la naturalité de la zone tampon sur la zone de gestion intégrée de l'eau de l'OBV Charlevoix-Montmorency.

Pour lancer un traitement par lot : *Clic droit sur le modèle → Traitement par lot.*

Traitement par lot - Naturalite_zone_tampon

Paramètres					
Journal					
Aide					
Entité spatiale		Complexe de milieux humides		Utilisation vecteur	
bassin_residuel	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Baie des Rochers, Rivière de la	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Basque, Rivière du	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Canards, Rivière aux	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Chiens, Rivière aux	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Gouffre, Rivière du	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Jean-Noël, Rivière	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Mailoux, Rivière	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Malbaie, Rivière	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Montmorency, Rivière	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Noire, Rivière	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Port au Saumon, Rivière du	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Port aux Quilles, Rivière du	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...
OBVCM_BV_1_NOM_COURS__Sainte-Anne, Rivière	...	CMH_OBVCM	...	Utilisation_OBVCM_vecteur_final	...

Figure E20. Les traitements par lot pour le modèle 1 de la naturalité de la zone tampon

Les données nécessaires pour le modèle 2 sont maintenant créés. Le traitement par lot est encore une fois requis à cette étape et toutes les couches résultantes du modèle 1 sont les intrants du modèle 2 (figure E21 et E22).

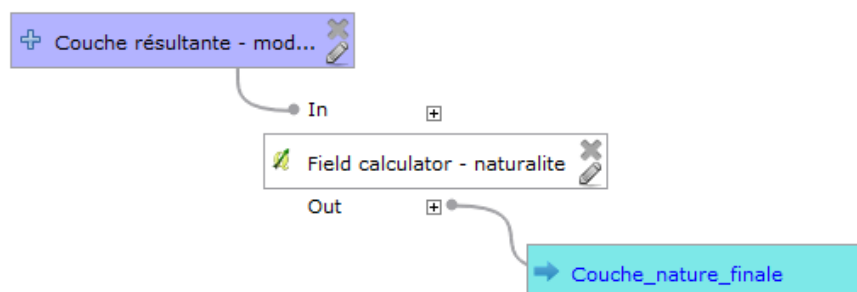


Figure E21. La chaîne de traitements effectués par le modèle 2.

Traitement par lot - Naturalite_zone_tampon2

Couche résultante - modèle 1		Couche_nature_finale	
Nature_bassin_residuel	...	s/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_bassin_residuel.shp	...
Nature_R_baiedesrochers	...	Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_baiedesrochers.shp	...
Nature_R_Basque	...	/Users/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_Basque.shp	...
Nature_R_Canards	...	Users/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_Canards.shp	...
Nature_R_Chien	...	;/Users/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_Chien.shp	...
Nature_R_Gouffre	...	/Users/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_Gouffre.shp	...
Nature_R_JeanNoel	...	Users/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_JeanNoel.shp	...
Nature_R_Malbaie	...	/Users/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_Malbaie.shp	...
Nature_R_Montmorency	...	/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_Montmorency.shp	...
Nature_R_Noire	...	C:/Users/Guillaume/Downloads/NaturaliteNature_R_Noire.shp	...

Figure E22. Les traitements par lot pour le modèle 2 de la naturalité de la zone tampon

Il faut ensuite fusionner les différentes couches résultantes à l'aide de l'outil *Fusionner les couches vecteurs*. La figure E23 présente les différents champs importants de la table résultante. Pour avoir le résultat des quatre critères dans la même table, il est favorable de joindre les résultats dans la même couche de données avec l'outil *Joindre une table attributaire* (figure E25). Il est recommandé d'enregistrer la couche à joindre en format .csv pour faciliter le traitement (figure E24). Veuillez seulement enregistrer les champs nécessaires à la jointure, soit l'identifiant du complexe (CMH_ID) et la valeur à l'indice de naturalité (naturalite).

		Catégorie d'utilisation	Pondération	Superficie de la zone tampon de 200 mètres	Superficie de l'utilisation	Proportion des utilisations dans la zone tampon	Naturalité pondérée	Indice de naturalité pour chaque CMH
	CMH_ID	DESC_CAT	POND_utili	SUP_TAMPON	Sup_utilis	P_utilisat	Nat_use	Naturalite
103	1070	Sol nu et lande	0.7500000000	264342.5920000...	6280.139	0.01781818	0.01336	0.836
104	1070	Milieu aquatique	1.0000000000	264342.5920000...	234.935	0.00088875	0.00089	0.836
105	1070	Milieu aquatique	1.0000000000	264342.5920000...	103.090	0.00038999	0.00039	0.836
106	1070	Milieu aquatique	1.0000000000	264342.5920000...	2.130	0.00000806	0.00001	0.836
107	1070	Milieu aquatique	1.0000000000	264342.5920000...	1.455	0.00000550	0.00001	0.836
108	1070	Milieu aquatique	1.0000000000	264342.5920000...	0.625	0.00000236	0.00000	0.836
109	1070	Milieu aquatique	1.0000000000	264342.5920000...	39.948	0.00015112	0.00015	0.836
110	1070	Milieu aquatique	1.0000000000	264342.5920000...	153.114	0.00057923	0.00058	0.836
								Σ

Figure E23. La table résultante après l'exécution des deux modèles de la naturalité de la zone tampon

Enregistrer la couche vectorielle sous.. ? X

Format: Valeurs séparées par une virgule [CSV]

File name: F:/MH_data/Integrite_ZoneTampon2.0/Indice_naturalite/Table_finale_nature.csv Parcourir

Layer name:

SCR: SCR sélectionné (EPSG:32198, NAD83 / Quebec Lambert)

Codage: System

☐ N'enregistrer que les entités sélectionnées

▼ Sélectionner les champs à exporter et leurs options d'export

Nom	Type
☐ POND_utili	Real
☐ Sup_utilis	Real
☐ P_utilisat	Real
☐ Nat_use	Real
☒ Naturalite	Real
☐ Max_prop	Real

Sélectionner tout Tout désélectionner

☒ Ajouter les fichiers sauvegardés à la carte

Exporter la symbologie: Pas de symbologie

Échelle: 1:50000

▼ Géométrie

Type géométrique: Automatique

OK Annuler Aide

Figure E24. Enregistrement de la table en format .csv

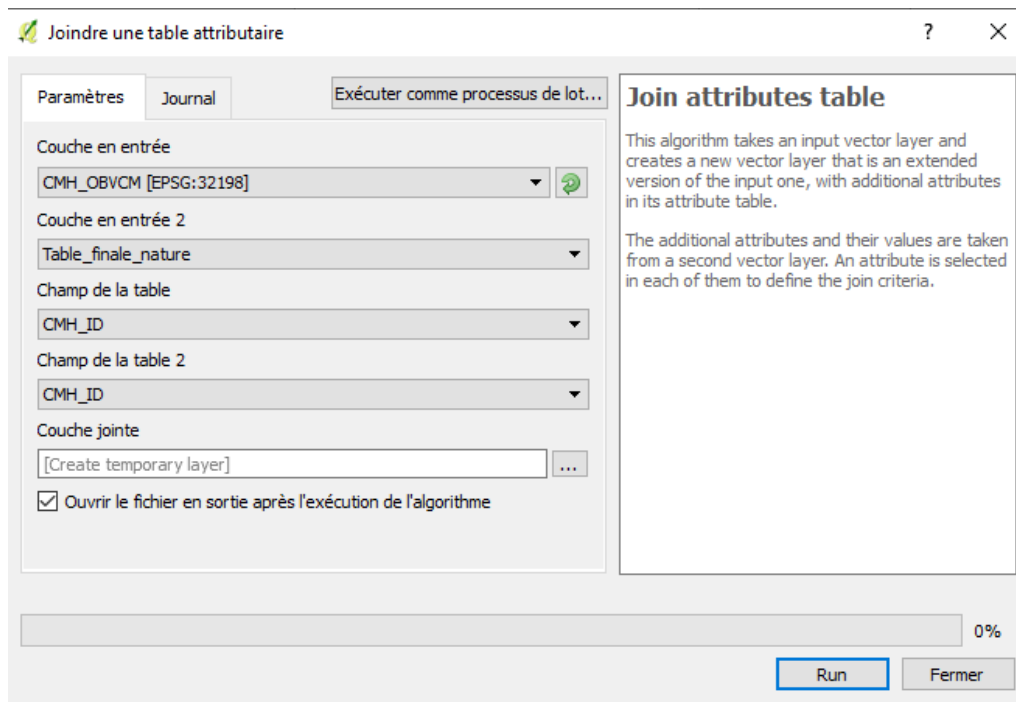


Figure E25. Jointure entre les deux couches de données

Annexe F : Standardisation

La standardisation des résultats entre 0 et 1 a été réalisée avec le logiciel .

Il est cependant possible d'effectuer le même travail avec un logiciel gratuit comme  ou Excel. Le fichier .do de Stata vous sera détaillé dans les figures suivantes pour vous permettre de reproduire la démarche. Les données utilisées proviennent de l'exportation en .csv de la dernière version de la couche CMH_MH_OBV. La formule de standardisation se trouve dans la section « Méthodologie » du présent rapport.

La première étape (figure F1) consiste à numéroter chaque district écologique afin de faciliter les étapes subséquentes. Ceci aurait également pu se faire dans QGIS.

```
1  **Numéroter les districts
2  gen ID_district = 1 if nom_distri=="Basses collines aux Canards"
3  replace ID_district = 2 if nom_distri=="Basses collines du lac a la Boule"
4  quietly replace ID_district = 3 if nom_distri=="Basses collines du lac Goeland"
5  quietly replace ID_district = 4 if nom_distri=="Basses collines du lac Jacques-Cartier"
6  quietly replace ID_district = 5 if nom_distri=="Buttes du lac Malbaie"
7  quietly replace ID_district = 6 if nom_distri=="Chaudière des Caps"
8  quietly replace ID_district = 7 if nom_distri=="Chenal du Saint-Laurent"
9  quietly replace ID_district = 8 if nom_distri=="Coteau de Saint-Hilarion"
10 quietly replace ID_district = 9 if nom_distri=="Depression de Saint-Tite-des-Caps"
11 quietly replace ID_district = 10 if nom_distri=="Hautes collines de MacLagan"
12 quietly replace ID_district = 11 if nom_distri=="Hautes collines de Grands-Fonds"
13 quietly replace ID_district = 12 if nom_distri=="Hautes collines de la rivière Saint-Anne"
14 quietly replace ID_district = 13 if nom_distri=="Hautes collines du lac Beauport"
15 quietly replace ID_district = 14 if nom_distri=="Hautes collines du lac Saint-Michel"
16 quietly replace ID_district = 15 if nom_distri=="Massif du lac Bazile"
17 quietly replace ID_district = 16 if nom_distri=="Massif du lac Chambers"
18 quietly replace ID_district = 17 if nom_distri=="Massif du lac des Martres"
19 quietly replace ID_district = 18 if nom_distri=="Mont des éboulements"
20 quietly replace ID_district = 19 if nom_distri=="Moyennes collines au Porc-épic"
21 quietly replace ID_district = 20 if nom_distri=="Moyennes collines de la rivière du chemin des Canots"
22 quietly replace ID_district = 21 if nom_distri=="Moyennes collines de la rivière Sault-a-la-Puce"
23 quietly replace ID_district = 22 if nom_distri=="Moyennes collines de Saint-Adolphe"
24 quietly replace ID_district = 23 if nom_distri=="Moyennes collines du lac des Neiges"
25 quietly replace ID_district = 24 if nom_distri=="Moyennes collines du lac des Panses"
26 quietly replace ID_district = 25 if nom_distri=="Plateau de la Petite-Rivière-Saint-François"
27 quietly replace ID_district = 26 if nom_distri=="Terrasses de Charlesbourg"
28 quietly replace ID_district = 27 if nom_distri=="Terrasse de Beauport"
29 quietly replace ID_district = 28 if nom_distri=="Vallée de la rivière du Gouffre"
30 quietly replace ID_district = 29 if nom_distri=="Vallée de la rivière Malbaie"
31
32 sort ID_district
33
```

Figure F1. Création d'un champ « ID_district » dans Stata

Ensuite, il faut standardiser les indicateurs à deux échelles, soit celle du district écologique et celle de la ZGIEBV. La figure F2 illustre la standardisation au niveau du district écologique. Pour ce faire, plusieurs nouvelles colonnes sont créées. Chacune d'elles correspond à un indicateur sous sa forme standardisée. Ainsi, à la ligne 35, la colonne « n_shannon » est créée et contiendra l'indice de Shannon standardisé entre 0 et 1 pour chaque district écologique.

```

34 *Standardisation par district pour les 4 indices
35 quietly generate n_shannon = .
36 forvalues i = 1/29 {
37   quietly summarize shannon if ID_district==`i'
38   scalar min = r(min)
39   scalar max = r(max)
40   quietly replace n_shannon = (shannon-min)/(max-min) if ID_district==`i'
41 }
42
43 *
44 quietly generate n_taille = .
45 forvalues i = 1/29 {
46   quietly summarize taille_log if ID_district==`i'
47   scalar min = r(min)
48   scalar max = r(max)
49   quietly replace n_taille = (taille_log-min)/(max-min) if ID_district==`i'
50 }
51
52 *
53 quietly generate n_nature = .
54 forvalues i = 1/29 {
55   quietly summarize naturalite if ID_district==`i'
56   scalar min = r(min)
57   scalar max = r(max)
58   quietly replace n_nature = (naturalite-min)/(max-min) if ID_district==`i'
59 }
60
61 *
62 quietly generate n_pr = .
63 forvalues i = 1/29 {
64   quietly summarize pr if ID_district==`i'
65   scalar min = r(min)
66   scalar max = r(max)
67   quietly replace n_pr = (pr-min)/(max-min) if ID_district==`i'
68 }
69
70 *

```

Figure F2. Standardisation à l'aide de la fonction *forvalues* de Stata pour l'échelle des districts écologiques

La fonction *forvalues* (ligne 36) de Stata permet de répéter la recherche de la valeur minimal et maximal de l'indice de Shannon au sein de chaque district écologique. Une fois ces valeurs trouvées, la formule de standardisation est appliquée (ligne 40). Ce processus se répète pour les 29 districts écologiques présents sur le territoire de l'OBV-CM.

La fonction *forvalues* n'est pas nécessaire pour la standardisation à l'échelle de la ZGIEBV, puisqu'il suffit de trouver la valeur minimal et maximal de l'indice de Shannon pour l'ensemble des résultats (figure F3). Ensuite, la formule de la standardisation est appliquée (p. ex. ligne 76 sur la figure F3).

```

71 *Standardisation pour l'ensemble du bv
72 gen n_bv_shannon = .
73 summarize shannon
74 scalar min = r(min)
75 scalar max = r(max)
76 quietly replace n_bv_shannon = (shannon-min)/(max-min)
77 *
78 gen n_bv_taille = .
79 summarize taille_log
80 scalar min = r(min)
81 scalar max = r(max)
82 quietly replace n_bv_taille = (taille_log-min)/(max-min)
83 *
84 gen n_bv_nature = .
85 summarize naturalite
86 scalar min = r(min)
87 scalar max = r(max)
88 quietly replace n_bv_nature = (naturalite-min)/(max-min)
89 *
90 gen n_bv_pr = .
91 summarize pr
92 scalar min = r(min)
93 scalar max = r(max)
94 quietly replace n_bv_pr = (pr-min)/(max-min)
95 *

```

Figure F3. Standardisation à l'aide de la fonction *forvalues* de Stata pour l'échelle de la ZGIEBV

Finalement, la table résultante est exportée en .csv et réimporter dans QGIS. Voici un exemple de table attributaire finale :

Superficie des complexes		Indicateurs (standardisés)							BV_1
CMH_ID	Shape_AR_1	Nom_distri	Shannon	S-Norm	Taille_LOG	T-Norm	Naturalite	N-Norm	
999	267551.18	Basses collines aux Canards	1.08279	0.82026	5.42741	0.50445	0.77300	0.65184	Canards, Rivière aux
998	60131.09	Basses collines aux Canards	0.00000	0.00000	4.77910	0.33888	0.89900	0.84509	Canards, Rivière aux
997	5954.87	Moyennes collines du lac des Panse	0.00000	0.00000	3.77488	0.13418	0.76900	0.43521	Malbaie, Rivière
996	3626.26	Basses collines aux Canards	0.00000	0.00000	3.55943	0.02741	0.90200	0.84969	Canards, Rivière aux
995	60820.13	Hautes collines du lac Saint-Michel	0.66806	0.46359	4.78405	0.54358	0.99900	0.99823	Montmorency, Rivière
994	102726.02	Basses collines aux Canards	1.00010	0.75762	5.01168	0.39828	0.82400	0.73006	Canards, Rivière aux
993	190954.03	Depression de Saint-Tite-des-Caps	1.09270	0.77650	5.28093	0.69771	0.96000	0.95575	Sainte-Anne, Rivière
992	13894.67	Moyennes collines au Porc-épic	0.00000	0.00000	4.14286	0.29797	0.80000	0.60552	Malbaie, Rivière
991	34254.73	Basses collines aux Canards	0.62124	0.47061	4.53472	0.27648	0.72100	0.57209	Port aux Quilles, Rivière du
990	11750.09	Vallee de la rivière du Gouffre	0.00000	0.00000	4.07004	0.16016	0.50000	0.50000	Gouffre, Rivière du
99	90194.79	Moyennes collines du lac des Panse	0.69197	0.57955	4.95518	0.59328	0.93900	0.85086	Malbaie, Rivière

Identifiant des complexes

District écologique

Bassin versant

Figure F4. Exemple de table attributaire résultant de la standardisation des indicateurs

Annexe G : Aide-mémoire QGIS

Source des images pour l'aide-mémoire :



Bibliothèque de ressources pédagogiques de l'ENSG
École Nationale des Sciences Géographiques

Général :

Barre de Menu

	Ajouter une couche vecteur...
	Ajouter une couche raster...
	Ajouter une couche PostGIS...
	Ajouter une couche Spatialite...
	Ajouter une couche MSSQL...
	Ajouter une couche GeoRaster Oracle
	Ajouter une couche SQL Anywhere
	Ajouter une couche WMS...
	Ajouter une couche WCS
	Ajouter une couche WFS
	Ajouter une couche de texte délimité
	Nouvelle couche Shapefile
	Nouvelle couche Spatialite
	Supprimer une couche

Raccourci

Ctrl+Shift+V
Ctrl+Shift+R
Ctrl+Shift+D
Ctrl+Shift+L
Ctrl+Shift+M
Ctrl+Shift+W
Ctrl+Shift+N
Ctrl+Shift+A
Ctrl+D

	Identifier les entités ou interroger un objet
	Exécuter l'action de l'entité
	Outils de sélection graphique
	Sélection par expression
	Désélectionner toutes les entités
	Ouvrir la table d'attributs
	Ouvrir la calculatrice de champs
	Résumé statistique
	Outils de mesure (distance, surface, angle)
	Activer les infobulles
	Ajouter un signet
	Montrer tous les signets
	Outils d'annotation

	Centrer la carte sur le clic de la souris
	Se déplacer dans la carte
	Se déplacer jusqu'à la sélection
	Zoom +
	Zoom -
	Zoom à la résolution native (pour les rasters)
	Zoom sur l'étendue de la carte
	Zoom sur la sélection
	Zoom sur l'étendue de la couche sélectionnée
	Zoom précédent
	Zoom suivant
	Rafraîchir l'affichage

Table attributaire :

-  : sélection par expression. Sera vu plus loin dans la formation.
-  : sélectionner tout
-  : Inverser la sélection
-  : désélectionner tout
-  : déplacer la sélection au sommet
-  : déplacer la carte sur les lignes sélectionnées (ne change pas le zoom)
-  : Zoom sur les lignes sélectionnées. A noter qu'un clic droit sur une ligne d'entité offre la fonction '*zoomer sur l'entité*'.
-  : Copier les lignes sélectionnées dans le presse-papier.

Le bouton  permet de passer en mode édition sur la table.

Les boutons suivants sont alors actifs :

-  : sauvegarder les modifications
-  : Ajouter une entité
-  : Supprimer les entités sélectionnées
-  : Supprimer un champ
-  : Ajouter un champ
-  : Ouvrir la calculatrice de champ (permet d'ajouter ou de modifier un champ existant, permet également d'ajouter un champ qui peut-être virtuel. Dans ce dernier cas, il est recalculé chaque fois qu'il est utilisé, sa définition étant stocké dans le fichier projet).

Composeur d'impression :

