

DÉVELOPPEMENT D'UN INDICE AUTOMATISÉ POUR ÉVALUER L'ÉTAT HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE DES COURS D'EAU MÉRIDIONAUX DU QUÉBEC (partie 1)

ET

PRÉSENTATION DES PREMIÈRES COURBES DE GÉOMÉTRIE HYDRAULIQUE POUR LA RESTAURATION DES COURS D'EAU DU QUÉBEC (partie 2)



UQAC

Université du Québec à Chicoutimi

Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées (CREAE)

Maxime Boivin, Ph.D. – UQAC; Johan Bérubé, Karim Mehour et Yan Boulet, professionnels de recherche, UQAC; Thomas Buffin-Bélanger, Ph.D. – UQAR; Pascale Biron, Ph.D. – Université Concordia

COLLOQUE AGRCQ 2023 – Manoir des Sables, Orford



Laboratoire d'expertise et de recherche en géographie appliquée

UQAC

Université du Québec à Chicoutimi

UQAR

Université du Québec à Rimouski



UNIVERSITÉ
Concordia
UNIVERSITY

Environnement
et Lutte contre
les changements
climatiques

Québec



ASSOCIATION DES GESTIONNAIRES
RÉGIONAUX DES COURS D'EAU DU QUÉBEC



Partenaires et collaborateurs dans le projet :

- Maxime Boivin, Ph.D., professeur – UQAC;
- Thomas Buffin-Bélanger, Ph.D., professeur - UQAR;
- Pascale Biron, Ph.D., professeure - Université Concordia;
- Johnathan Lemay, B.Sc géographie, professionnel de recherche - Université Concordia et UQAC;
- Johan Bérubé, M.sc géographie, professionnel de recherche – UQAC;
- Karim Mehour, M.sc Sciences de l'eau, professionnel de recherche – UQAC;
- Véronique Simard, Candidate M.sc géographie, UQAC
- Nicolas Stämpfli, Candidat Ph.D., Université Concordia;
- Sylvio Demers, M.sc géographie, Firme Rivières;
- Louis-Gabriel Pouliot, M.sc géographie, Firme Rivières;
- Jean-François Labelle, Stéphane Valois, Daniel Blais, MELCCFP
-

Partenaires :

- Renée Gravel (MFFP/MELCCFP – données QHEI);
- Multiples OBV et organismes
-

IQM automatique – 2020-2023

Objectif principal

L'objectif principal de ce projet est de **concevoir un indice d'évaluation de l'état hydrogéomorphologique des cours d'eau du Québec méridional** et de mettre au point un **indice simplifié pouvant être extrait à partir de données géomatiques existantes ou facilement accessibles** afin d'établir l'état HGM des cours d'eau du Québec méridional.

1) Développement d'un indice d'état HGM géomatique simplifié et;

2) Développement d'une méthodologie pour l'analyse d'un indice complet permettant d'évaluer la trajectoire historique de l'état HGM d'un bassin versant et d'établir un indice de sensibilité des cours d'eau selon les variables clés HGM (Projet Véronique Simard, Candidate Msc, UQAC)

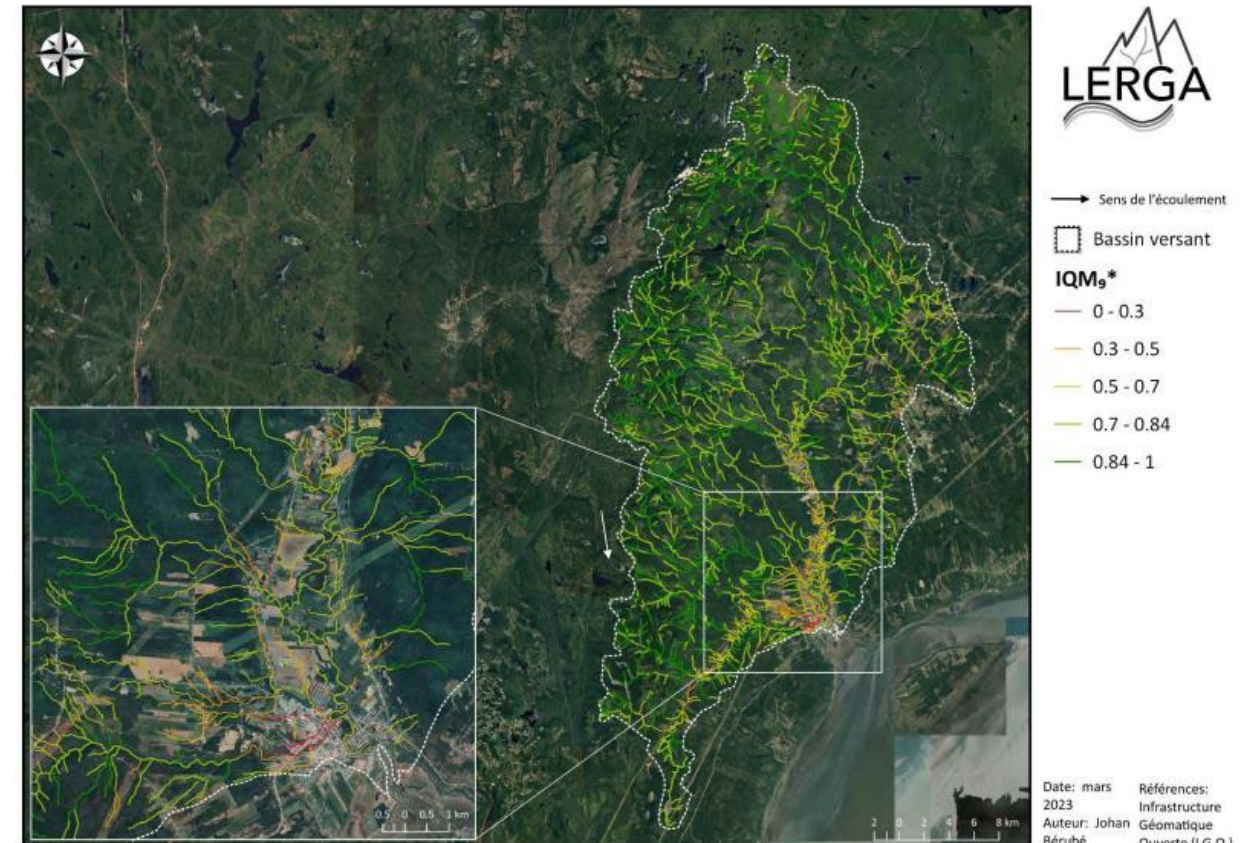


Figure 16. Présentation des résultats d'IQM₉* appliqués sur tous les segments UEA présents dans le BV de la rivière du Gouffre.

LES DIFFÉRENTES ÉTAPES – 2020-2023

- **Étape 1 :**
 - a) Établir les liens entre l'IQM classique (IQM_{28}) et la qualité de l'habitat en rivière potentielle (IQHP-Ohio);
 - b) Établir si l'IQM classique peut s'effectuer par une approche en photo-interprétation (Remote sensing);
- **Étape 2 :**
 - a) Créer un IQM simplifié à 9 variables (IQM_9) appliqué par photo-interprétation;
 - b) Comparer l'IQM classique et l'IQM simplifié à 9 variables : preuve de concept;
- **Étape 3:**
 - a) Développer un IQM automatique à 9 variables généré par SIG (IQM_9^*) – application QGIS;
 - b) Comparer l'IQM classique (IQM_{28}), l'IQM simplifié à 9 variables (IQM_9) et l'IQM simplifié à 9 variables Qgis (IQM_9^*).

Définitions

IQM₂₈ : **IQM classique basé sur l'approche de Rinaldi et al., 2013 à 28 critères**

IQM₉ : **IQM simplifié à 9 critères appliqué manuellement pour la preuve de concept**

IQM₉* : **IQM simplifié à 9 critères appliqué automatique à partir de données géomatiques disponibles au Québec - Qgis**

Rappel! + formation Sylvio Demers – Firme Rivières

Indice de qualité morphologique (IQM)

A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI)

M. Rinaldi ^{a,*}, N. Surian ^b, F. Comiti ^c, M. Bussettini ^d

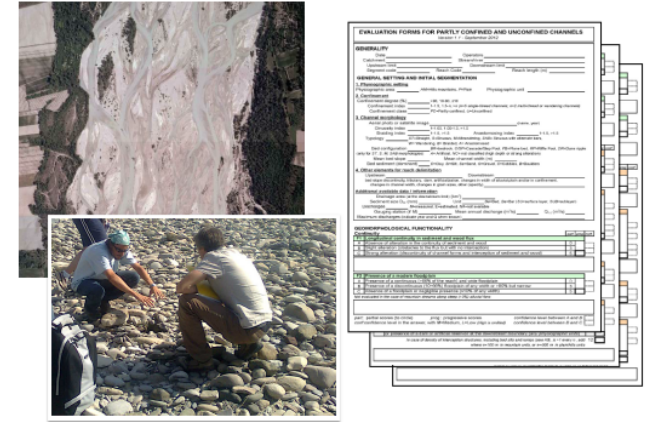
^a Department of Civil and Environmental Engineering, University of Florence, Via S.Marta 3, 50139 Firenze, Italy

^b Department of Geosciences, University of Padova, Via Gradenigo 6, 35131 Padova, Italy

^c Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen-Bolzano, Piazza Università 5, 39100 Bolzano, Italy

^d Institute for Environment Protection and Research (ISPRA), Via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma, Italy

Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index (MQI)



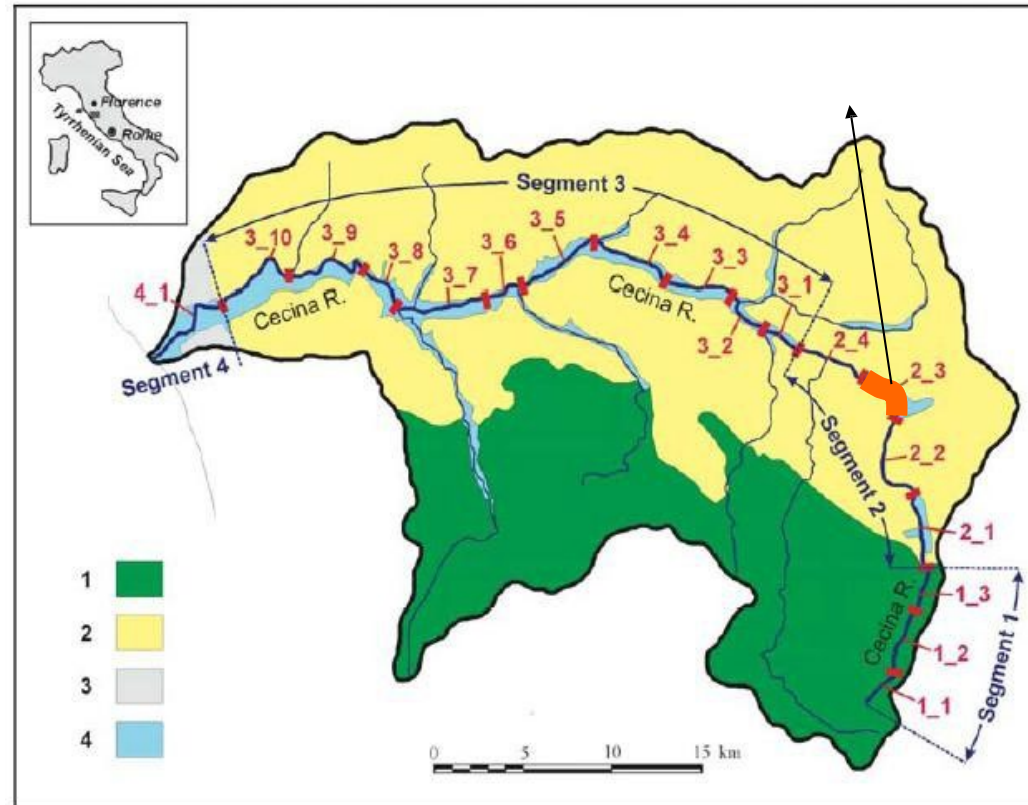
M. Rinaldi¹, M. Bussettini^{1,2}, N. Surian³, F. Comiti⁴,
A.M. Gurnell⁵

- Outil permettant d’appréhender et de quantifier de façon simple la « qualité » d’un cours d’eau.
- Échelle de 0 à 1 où 1 correspond à un état de référence jugé optimal.
- Fournir une définition claire et objective de ce qu’est un cours d’eau de qualité selon la perception de la géomorphologie fluviale.
- Calcul se fait à partir d’observations et de mesures simples relatives à la forme et aux processus du cours d’eau ainsi qu’à la présence d’éléments anthropiques susceptibles de perturber son fonctionnement.
- Critères associés à un état de référence théorique et ne réfèrent pas à un état historique prétendument naturel et fonctionnel.

IQM (morphological quality index- MQI) – Son application

Étape 1 : Segmentation en tronçons/segments homogènes (style fluvial, niveau de confinement, formes fluviales....) ou encore les UEA (MELCCFP)

Cadre général et identification des unités morphologiques et segments morphologique (ou physiographiques)



Étape 2 : Évaluation morphologique à partir des différentes variables

IQM 28 critères

$$IQM = 1 - \frac{\sum \text{scores (avec pénalités)}}{\sum \text{scores_max (sans pénalité)}}$$

↳ (confiné: 124
non-confiné: 144)

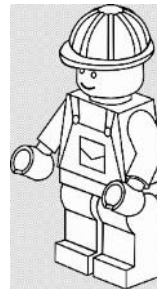
- 0.0 – 0.3 : mauvais
- 0.3 – 0.5 : bas
- 0.5 – 0.7 : modéré
- 0.7 – 0.85 : bon
- 0.85 – 1 : élevé

3 catégories de critères



processus, formes et
bandes riveraines

x13



anthropisation
(perturbations hydro-sédimentaires,
artificialités et interventions)

x12



ajustements
(trajectoire historique)

x3

Outil d'analyse de l'IQM disponible sur Acces ou Excel

IQM

Indice de qualité morphologique

Retour à l'accueil

Qu'est-ce que l'IQM?

L'IQM permet de décrire l'état d'un cours d'eau selon des critères relatifs à son fonctionnement, à son niveau d'anthropisation ainsi qu'à son niveau d'altération en réponse à des perturbations.

L'IQM, un outil pédagogique.

L'IQM propose une définition claire et objective de ce qu'est un cours de bonne qualité. C'est donc avant tout un outil pédagogique. Pour en savoir plus sur la définition d'un bon cours d'eau et la logique derrière l'IQM, consultez cette rubrique.

L'IQM, pour décrire l'état d'un cours d'eau

L'IQM est aussi une méthode de calcul pour parvenir à une valeur située entre 0 (mauvais) et 1 (excellent). Ce calcul permet de quantifier l'impact des projets et de faire le suivi de son état sur le court ou le long terme en fonction des impacts et/ou des gains environnementaux.

Pour mesurer l'état d'un cours d'eau, utiliser la version IQM - état

IQM - état

Pour mesurer l'impact d'un projet hydrique, utiliser la version IQM - impact.
(version légèrement abrégée)

IQM - impact



L'IQM est plus particulièrement adaptée aux projets d'aménagement de cours d'eau. En voici un exemple.

IQM - état

Indice de qualité morphologique

Fermer

(1) Sélectionnez la situation qui s'applique:

(2) Répondez aux questions (onglets 1 à 4)

(3) Au besoin, comparez plusieurs scénarios

(4) Au besoin, évaluez le gain ou la perte de milieux hydriques avec les outils de pondération

IQM

Somme des scores
 Somme des maximums

IQM = 1 - (score/max)

Réinitialiser

élevé; $0.85 \leq IQM \leq 1$; bon $0.7 \leq IQM < 0.85$; modéré $0.5 \leq IQM < 0.7$; faible $0.3 \leq IQM < 0.5$ mauvais $0 < IQM < 0.3$

Pondération de l'IQM

IQM
 longueur du tronçon (L)
 largeur du tronçon (W)
 longueur (m) IQM x L (m)
 superficie (m²) IQM x L x W (m²)
 longueur normalisée par la largeur (m/m) IQM x L / W

Références

Pour citation: Demers S, Roy MA, Masse S, Besnard C, Buffin-Bélanger T (2018). Application pour le calcul de l'indice de qualité morphologique adapté pour le Québec, Université du Québec à Rimouski, Laboratoire de géomorphologie et de dynamique fluviale, version 02, juin 2018.

adapté de: Rinaldi M, Surian N, Comiti F et Bussetini M (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: the Morphological Quality Index (MQI). Geomorphology, 180, 96-108.

Onglet suivant

F1 - Continuité longitudinale dans le transport de sédiments et de bois

A	0	A - absence d'altération dans la continuité du transit des sédiments et du bois
B	3	B - présence d'obstacles aux flux sédimentaires et ligneux sans interception complète
C	5	C - interception complète des sédiments et du bois

F2 - Présence d'une plaine alluviale moderne

A	0	A - présence continue d'une plaine alluviale moderne large (longueur > 66% & largeur > 2 x la largeur du cours d'eau)
B1	2	B1 - présence discontinue (longueur 10-66% & largeur > 2 x la largeur du cours d'eau)
B2	3	B2 - présence discontinue (longueur > 66% & largeur < 2 x la largeur du cours d'eau)
C	5	C - absence ou présence négligeable (longueur < 10%)

F3 - Connectivité entre le corridor fluvial et les versants

A	0	A - connectivité complète entre les versants et le corridor fluvial (longueur > 90%)
B	3	B - connectivité significative entre les versants et le corridor fluvial (longueur 33-90%)
C	5	C - faible connectivité entre les versants et le corridor fluvial (longueur < 33%)

F4 - Processus d'érosion des berges

A	0	A - érosion des berges dispersée (longueur > 10%, distribuée sur > 33% de la longueur du tronçon homogène)
B	2	B - érosion des berges limitée à une longueur de 2-10%
C	3	C - érosion des berges limitée à une longueur < 2%

B - érosion sur une longueur > 10%, mais concentrée sur < 33 %
 B - mouvements de masse sur une longueur 25-50%
 C - mouvements de masse sur une longueur > 50%

F5 - Présence d'un corridor d'érodabilité potentiel

A	0	A - présence d'un corridor d'érodabilité long et large (longueur > 66% & largeur > 2 x la largeur du cours d'eau)
B	2	B - présence d'un corridor d'érodabilité étroit (longueur > 66% & largeur < 2 x la largeur du cours d'eau)
C	3	C - présence d'un corridor d'érodabilité court (longueur 33-66% & largeur > 2 x la largeur du cours d'eau)

C - présence d'un corridor d'érodabilité limitée (longueur < 33%)

F6 - La configuration du lit

A	0	A - les formes du lit sont cohérentes avec la pente de la vallée
B	3	B - les formes du lit ne sont pas cohérentes avec la pente de la vallée
C	5	C - altération complète des formes du lit ou la présence d'un lit artificiel

F7 - Unités géomorphologiques dans le chenal

A	0	A - faible altération dans l'hétérogénéité des unités géomorphologiques et dans la variabilité de la largeur du cours d'eau (altération sur une longueur < 5 %)
B	3	B - altération sur une longueur 5-33%
C	5	C - altération sur une longueur > 33%

Projet IQM automatisé – Première étape

Liens habitats potentiels et IQM

Données et analyses – Comparaison IQM et IQHP – fort potentiel







ELSEVIER

Geomorphology

Volume 395, 15 December 2021, 108002



Can the Morphological Quality Index (MQI) be used to determine the ecological status of lowland rivers?

[Johnathan Lemay^a](#), [Pascale M. Biron^a](#)  , [Maxime Boivin^b](#) , [Nicolas Stämpfli^a](#) , [Kyleisha Foote^a](#)

[Show more](#) 

118 segments/tronçons

39 bassins versants

7 urbains, 14 forestiers et 97 agricoles

Lemay et al., 2021

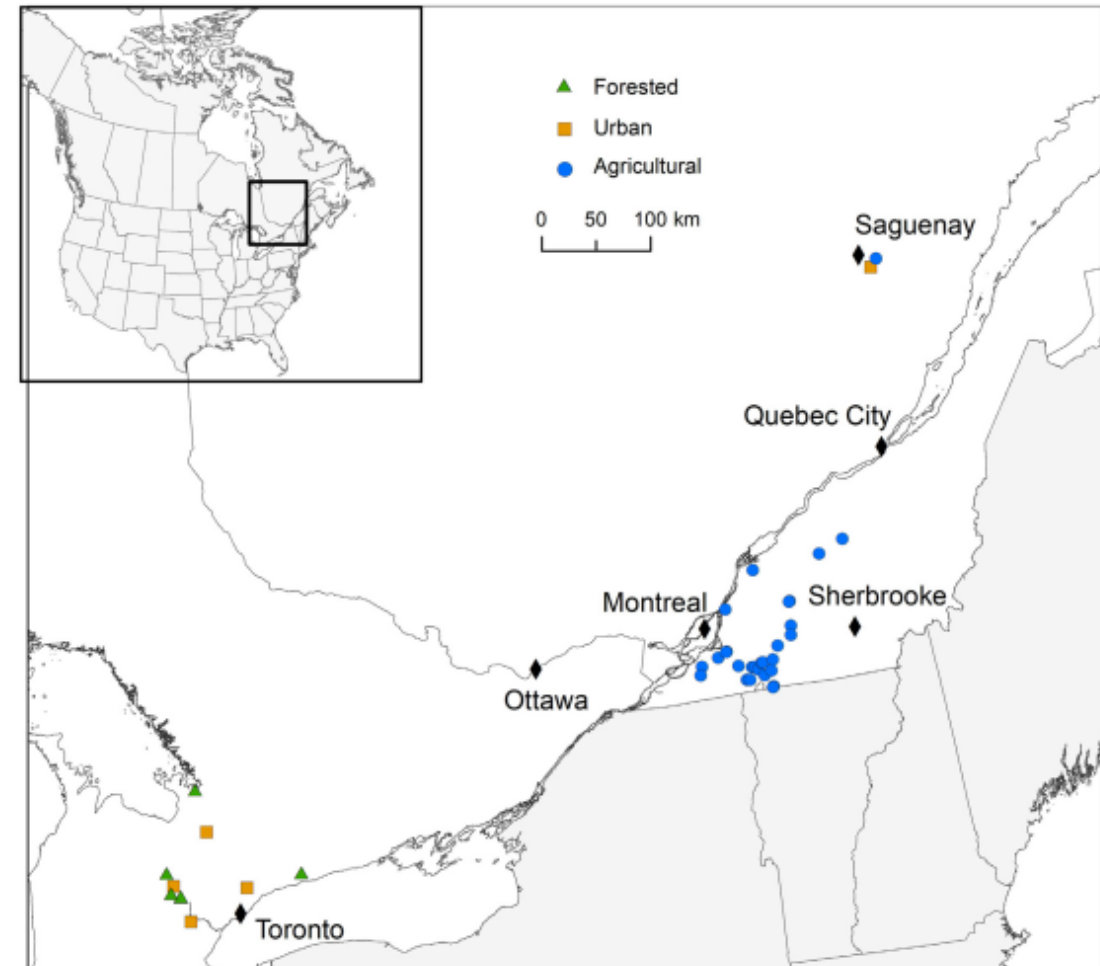
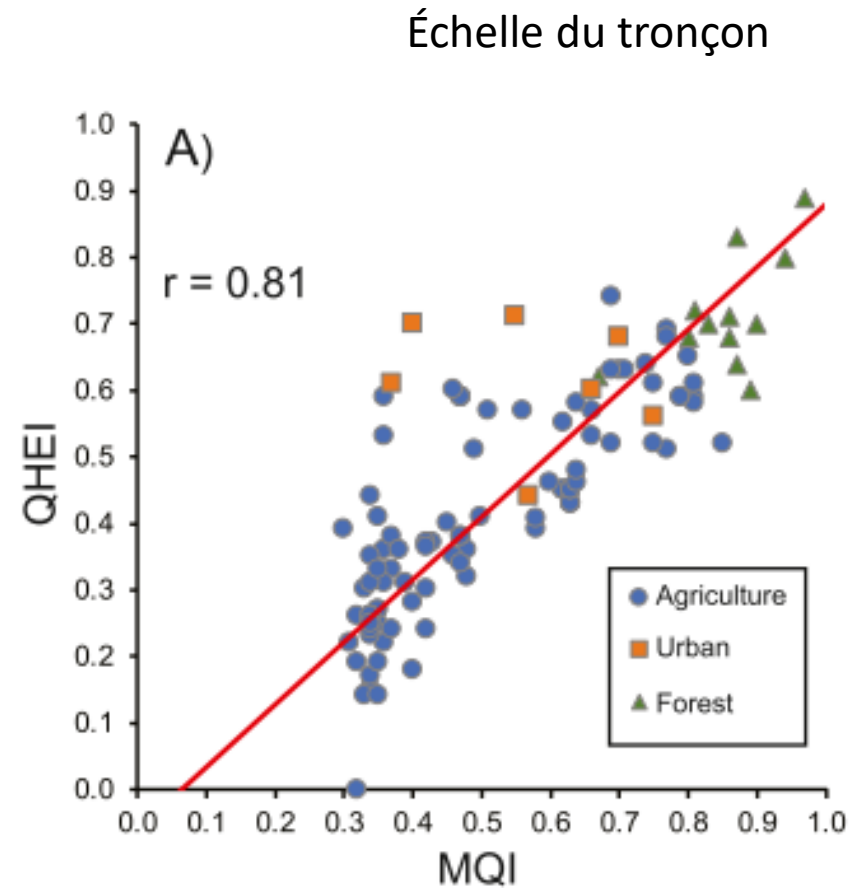
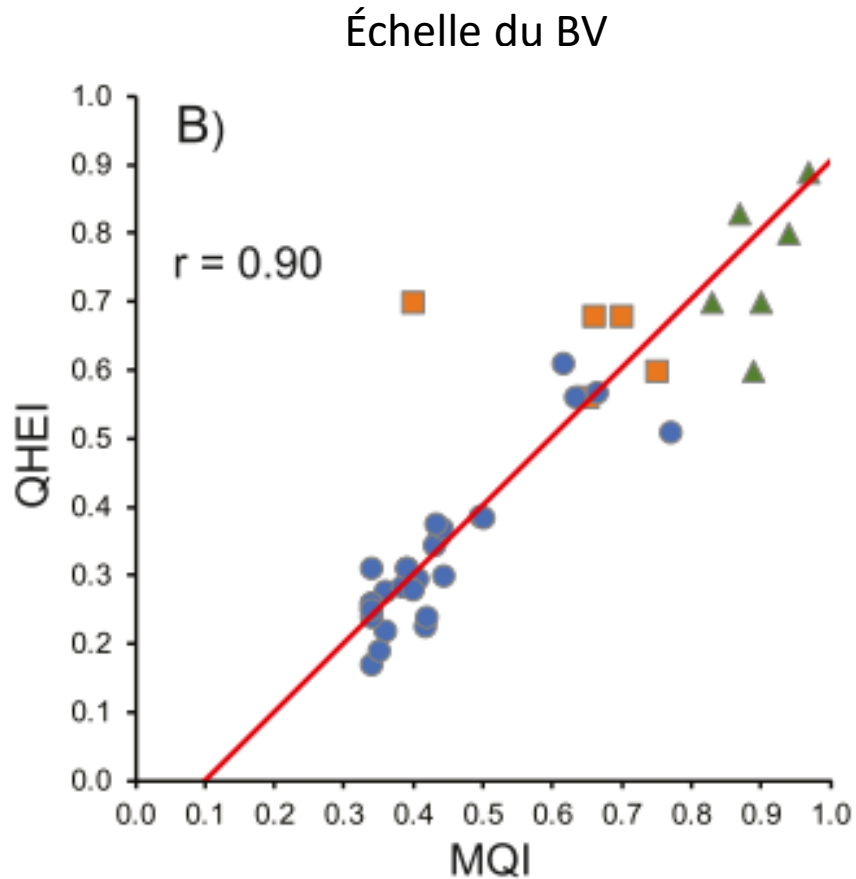


Fig. 1. Study sites of 39 Canadian watersheds located across southern Quebec (29) and Ontario (10). Blue circles are agricultural, orange squares are urban, and green triangles are forested watersheds.

Projet IQM automatisé – Première étape

Liens habitats potentiels et IQM

Données et analyses – Comparaison IQM et IQHP – fort potentiel

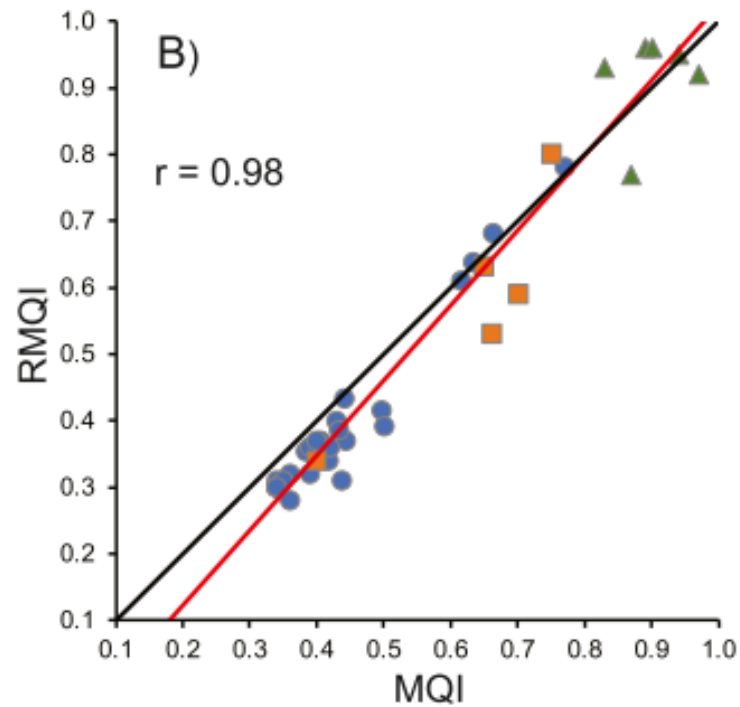


Projet IQM automatisé – Première étape

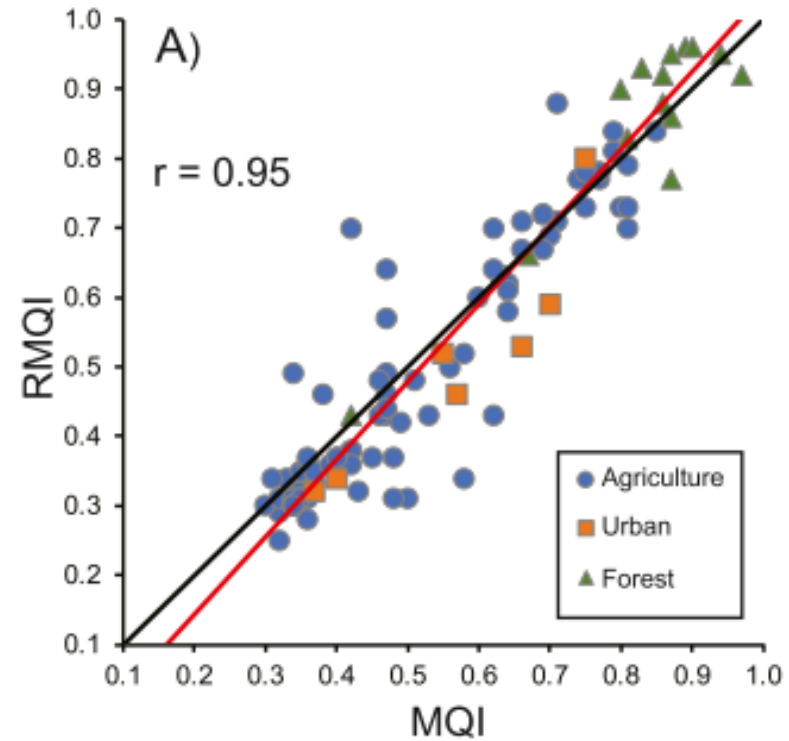
IQM en photo-interprétation – bon potentiel

Données et analyses – Comparaison IQM et IQM 100% SIG – fort potentiel

Échelle du BV



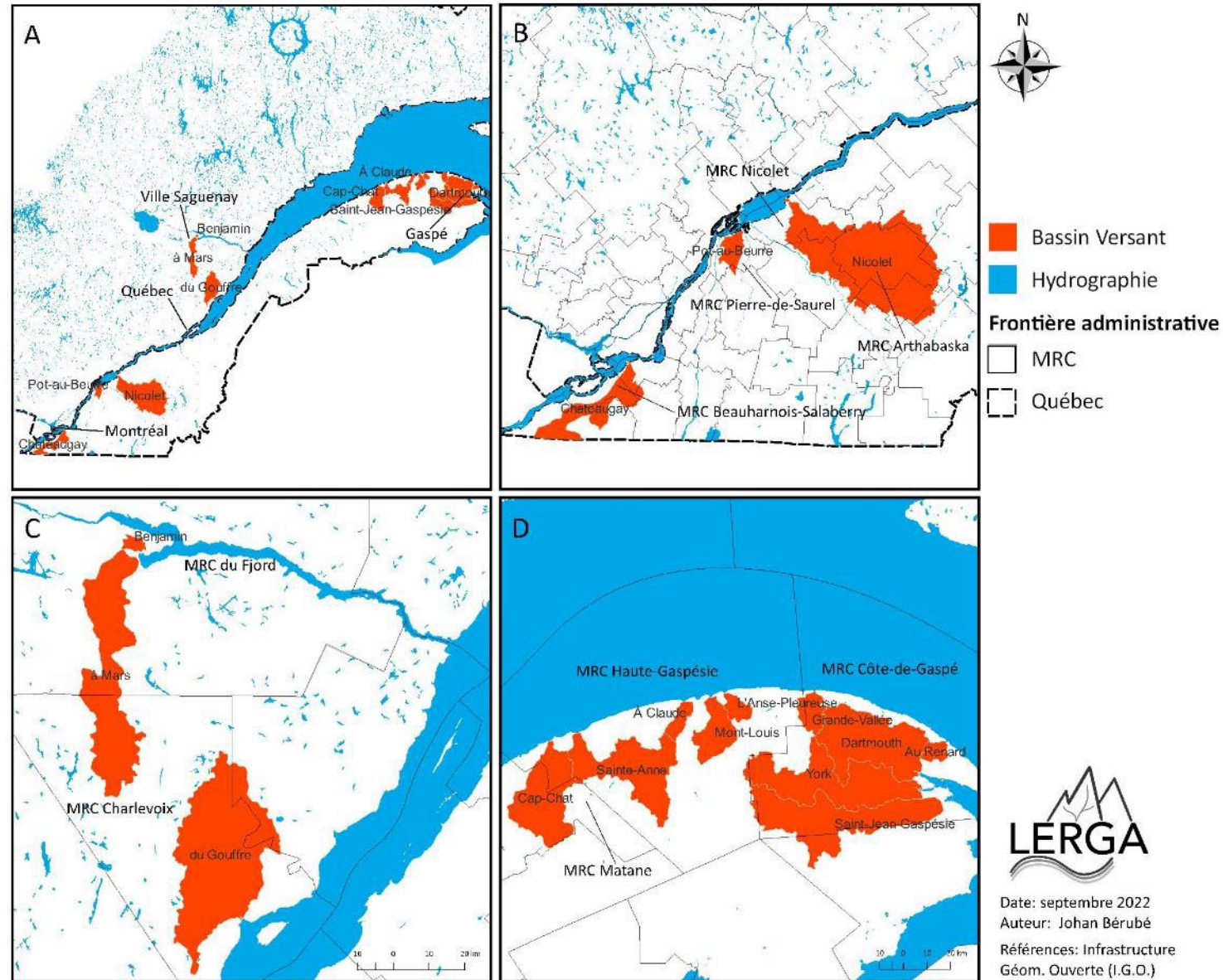
Échelle du tronçon



Projet IQM automatisé – Deuxième étape

Base de données pour comparer les trois IQM (IQM₂₈, IQM₉ et IQM₉*)

- 181 segments dans 16 BV distribués parmi 3 régions physiographiques (Bouclier canadien, Appalaches, Basses terres du Saint-Laurent);
- Bouclier canadien (18 segments, 3 rivières): **Saguenay-Lac-Saint-Jean et Capitale nationale; milieux agroforestiers, forestiers et agricoles;**
- Appalaches (78 segments, 11 rivières): **Gaspésie, milieu forestier;**
- Basses-terres du Saint-Laurent (85 segments, 4 rivières): **Montréal et Sud-de-Québec, milieux agricoles et agroforestiers.**



PROJET IQM AUTOMATISÉ – DEUXIÈME ÉTAPE

La preuve de concept – développer un IQM simplifié à 9 indicateurs (IQM₉)

**F1* : Transport de sédiments amont-aval
–Nb : Présence de ponts, ponceaux,...**

F2* : Connectivité latérale avec une plaine alluviale (%)

F3* : Connectivité Amont-aval avec une plaine alluviale (%)

F4* : Évolution de la largeur amont-aval (%)

F5* : Présence de bandes riveraines – Latérale et amont-aval (%)

Indicateur	Indicateur homologue ou proxy de l'IQM classique - Indicateur	Classe	Score	
Fonctions hydrogéomorphologiques	F1	Absence d'entrave et d'altération dans la continuité du transit des sédiments et du bois en amont du segment (0 / 1000 m).	0	
		Présence d'au moins une entrave dans la continuité du transit des sédiments et du bois en amont du segment (0 ≤ 1 / 1000 m).	2	
		Présence de plus d'une entrave dans la continuité du transit des sédiments et du bois en amont du segment (> 1 / 1000 m).	4	
	F2	F2-F3 Connectivité latérale avec la plaine alluviale fonctionnelle (alluviale et semi-alluviale) ou les versants (non-alluviale confiné)	Connectivité latérale avec la plaine alluviale sur une largeur de plus de 50m.	0
		Connectivité latérale avec la plaine alluviale sur une largeur de 30 à 50m.	2	
		Connectivité latérale avec la plaine alluviale sur une largeur de 15 à 30m.	3	
		Absence ou présence négligeable d'une connectivité latérale de moins de 15m.	5	
	F3	F4-F5 - Processus d'érosion des berges et présence d'un espace de mobilité	Présence d'un espace de mobilité continu d'au moins 15m de largeur sur plus de 90% de la longueur.	0
		Présence d'un espace de mobilité plus ou moins continu d'au moins 15m de largeur sur 66%-90% de la longueur.	2	
		Présence d'un espace de mobilité discontinu d'au moins 15m de largeur sur 33%-66% de la longueur.	3	
	F4	F7-F9 Unités géomorphologiques du chenal	Absence ou faible altération de la variation longitudinale naturelle de la largeur du lit mineur observée sur moins de 10% de la longueur.	0
			Altération dans la variation longitudinale naturelle de la largeur du lit mineur observée sur 10-33% de la longueur.	1
Altération dans la variation longitudinale naturelle de la largeur du lit mineur observée sur plus de 66% de la longueur.			2	
Altération sévère de la variation longitudinale naturelle de la largeur du lit mineur sur plus de 90% de la longueur.			3	
F5	F12-F13 - Largeur et continuité de la bande riveraine	Présence d'une bande riveraine continue d'une largeur de plus de 30m sur plus de 90% de la longueur	0	
		Présence d'une bande riveraine d'une largeur de plus de 30m sur plus de 66% de la longueur	1	
		Présence d'une bande riveraine d'une largeur de 15-30m sur plus de 66% de la longueur ou d'une largeur de plus de 30m sur 33-66% de la longueur	2	
		Présence d'une bande riveraine discontinue d'une largeur de 15-30m sur 33-66% de la longueur	3	
		Absence de bande riveraine ou faible couverture végétale sur moins de 33% de la longueur	4	

PROJET IQM AUTOMATISÉ – DEUXIÈME ÉTAPE

La preuve de concept – développer un IQM simplifié à 9 indicateurs (IQM₉)

A1* : % selon le type d'occupation du territoire

A2* : Présence de barrages à l'échelle du BV (%)

A3* : Présence de barrages ou autres structures à l'échelle du tronçon (Nb)

A4* : Linéarisation et présence de digues = indice de sinuosité (Is)

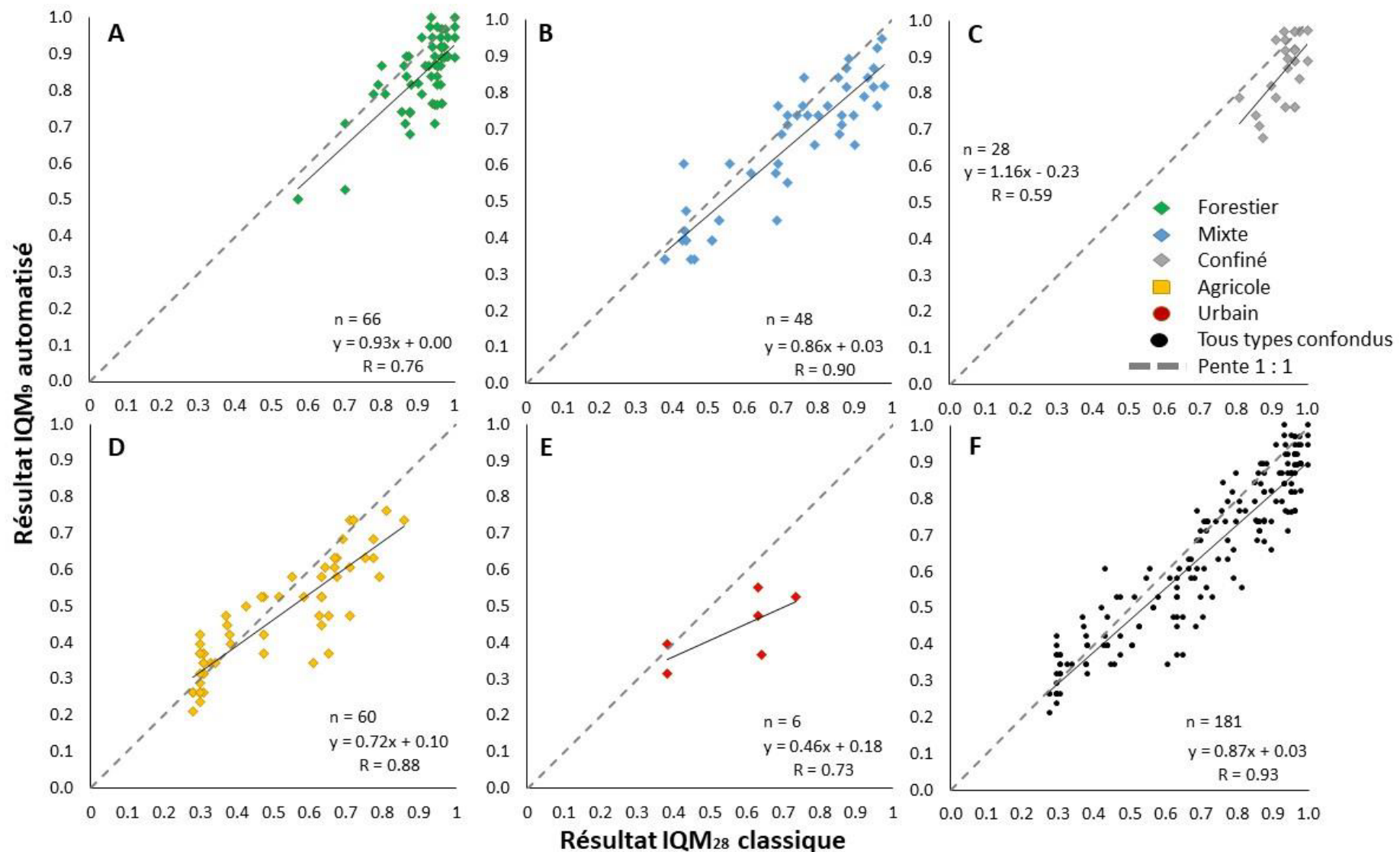
Indicateur	Indicateur homologue ou proxy de l'IQM classique	Classe	Score
Altérations d'origine anthropique	A1-A2 Régime hydrologique et sédimentaire à l'échelle du BV (utilisation du territoire)	Bassin versant à l'amont du segment est majoritairement forestier (≥ 90%) ou faiblement anthropisé	0
		Bassin versant à l'amont du segment est ≥ 66% forestier	1
		Bassin versant à l'amont du segment est 33≤ 66% forestier et < 33% agricole	2
		Bassin versant à l'amont du segment est 33≤ 66% forestier et > 33% agricole	3
		Bassin versant à l'amont du segment est < 33% forestier	4
		Bassin versant à l'amont du segment est ≤ 10% forestier	5
	A1-A2 Régime hydrologique et sédimentaire à l'échelle du BV (continuité longitudinale)	Absence ou présence négligeable de barrages pouvant influencer les débits liquide et solide dans le bassin versant (aire d'alimentation < 5% du BV)	0
		Présence de barrages pouvant influencer les débits liquide et solide dont l'aire d'alimentation est entre 5-33% du BV	2
		Présence de barrages dont l'aire d'alimentation est entre 33-66% du BV	3
		Présence de barrages dont l'aire d'alimentation est entre >66% du BV	4
	A3 - A4 Régime hydrologique et sédimentaire à l'échelle du segment F8 - Unités géomorphologiques de la plaine alluviale	Corridor fluvial (15m ou 2x largeur lit mineur) du segment immédiat est faiblement anthropisé (≤ 10%)	0
		Corridor fluvial (15m ou 2x largeur lit mineur) du segment immédiat est anthropisé à 10≤33%	1
		Corridor fluvial (15m ou 2x largeur lit mineur) du segment immédiat est anthropisé à 33≤66%	2
		Corridor fluvial (15m ou 2x largeur lit mineur) du segment immédiat est fortement anthropisé à 66≤90%	3
		Corridor fluvial (15m ou 2x largeur lit mineur) du segment immédiat est majoritairement anthropisé à ≥90%	4
		P0 - Absence de barrages pouvant influencer les débits liquides et solides à l'amont du segment	0
P1 - Présence de barrages pouvant influencer les débits liquides et solides à l'amont du segment (≤ 1 / 1000 m)		2	
P2 - Présence de barrages pouvant influencer les débits liquides et solides à l'amont du segment (> 1 / 1000 m)		4	
A7 - A8 Linéarisation et endiguement et F9 - Variabilité du profil transversal	Indices de complexité (sinuosité/tressage) Ic ≥ 1,5 par chenal actif	0	
	Indices de complexité (sinuosité/tressage) 1,25 ≤ Ic < 1,5 par chenal actif	2	
	Indices de complexité (sinuosité/tressage) 1,05 ≤ Ic < 1,25 par chenal actif	4	
	Indices de complexité (sinuosité/tressage) Ic < 1,05 par chenal actif	6	

PROJET IQM AUTOMATISÉ – DEUXIÈME ÉTAPE

La preuve de concept – développer un IQM simplifié à 9 indicateurs

Relation IQM₉ manuel et IQM₂₈ classique selon les milieux

- Très bonne relation ($R=0.93$; $y=0.87x+0.03$);
- Meilleures corrélations dans les milieux semi-forestiers (0.90) et agricoles (0.88);
- Valeurs légèrement sous-estimées par l'IQM₉, particulièrement dans les valeurs les plus élevées.



PROJET IQM AUTOMATISÉ – DEUXIÈME ÉTAPE

La preuve de concept – développer un IQM simplifié à 9 indicateurs

Relation IQM₉ manuel et IQM₂₈ classique selon les milieux

- Relation plus faible au niveau des segments confinés et urbains;
- La faible quantité de segments peut expliquer partiellement la faiblesse de la relation;
- Les milieux les **plus communs** et **tous types confondus** possèdent de bonnes relations.

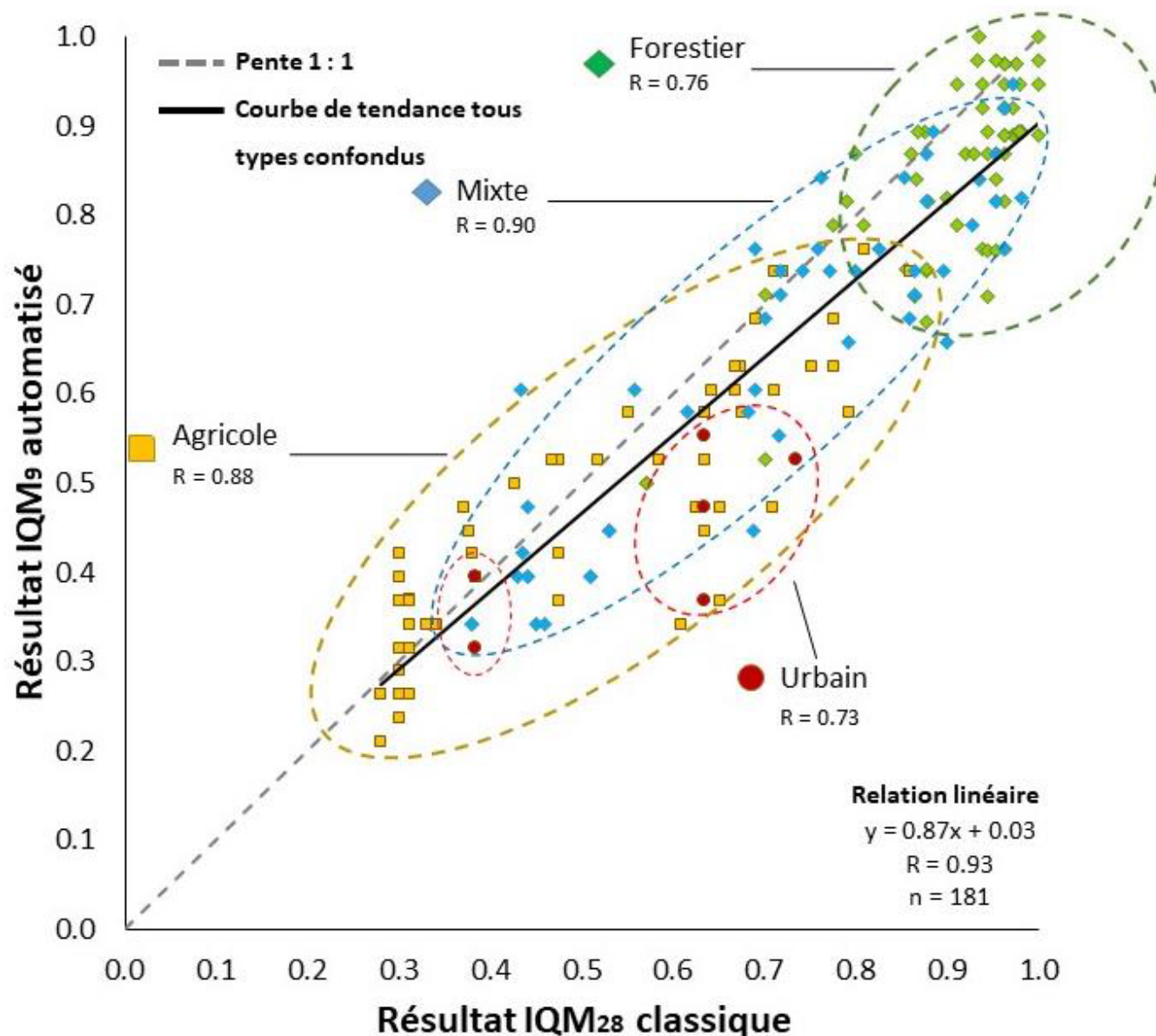
Relation		Classique ₂₈ - Automatisé ₉		
Type	n	R	Pente	Ord. à l'origine
Forestier	66	0.76	0.93	0.00
Mixte	48	0.90	0.86	0.03
Agricole	60	0.88	0.72	0.10
Urbain	6	0.73	0.47	0.18
Confiné	26	0.59	1.16	-0.23
Tous types confondus	181	0.93	0.87	0.03

PROJET IQM AUTOMATISÉ – DEUXIÈME ÉTAPE

La preuve de concept – développer un IQM simplifié à 9 indicateurs

Relation IQM₉ manuel et IQM₂₈ classique selon les milieux

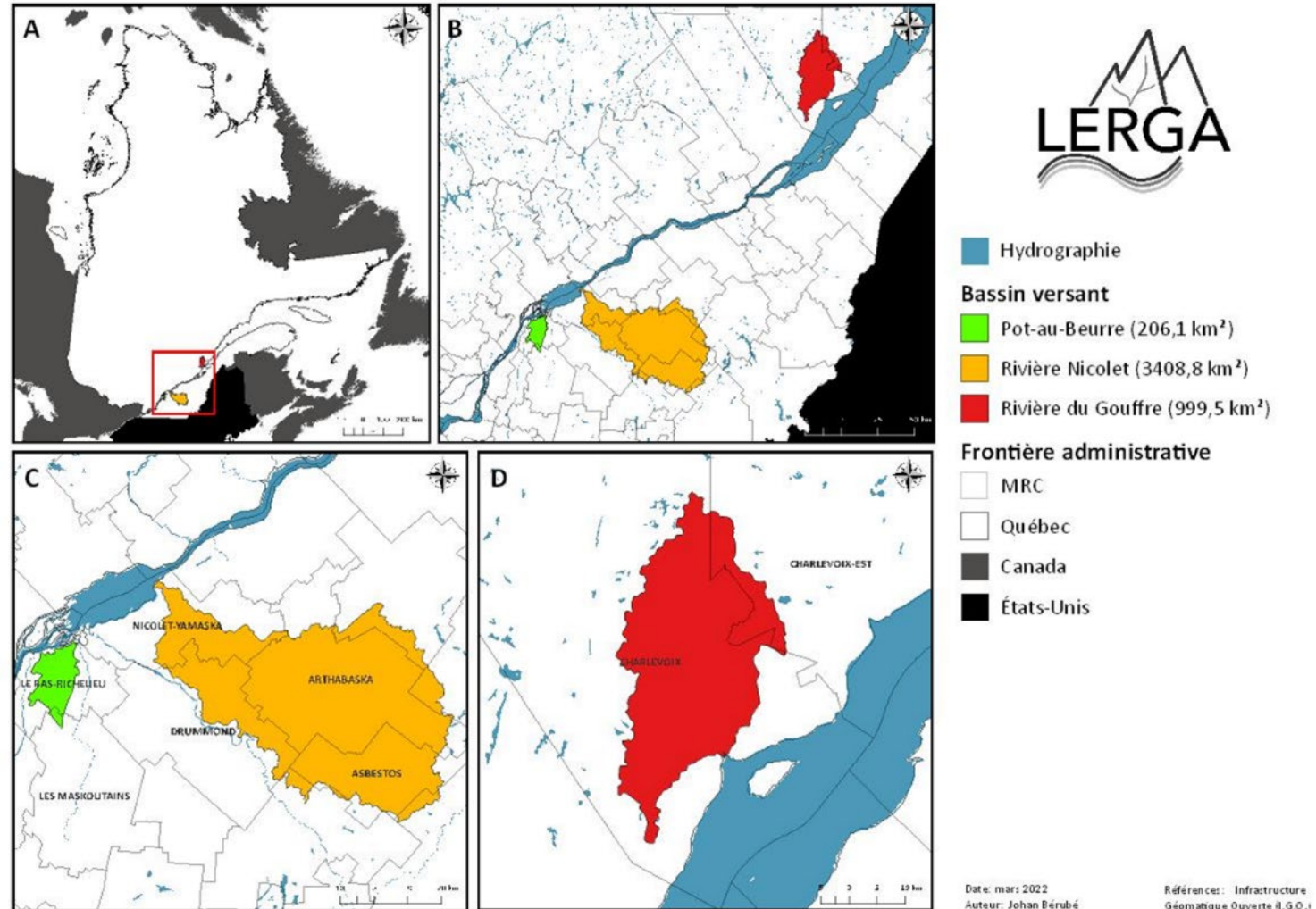
- Variation de l'étendue et de la dispersion selon le milieu;
- Segments forestiers dont la qualité HGM est élevée sont généralement sous-évalués par l'IQM₉ appliqué manuellement;
- Preuve de concept qui permet de développer l'IQM₉*



PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Développement de l'IQM₉* - 100% automatique

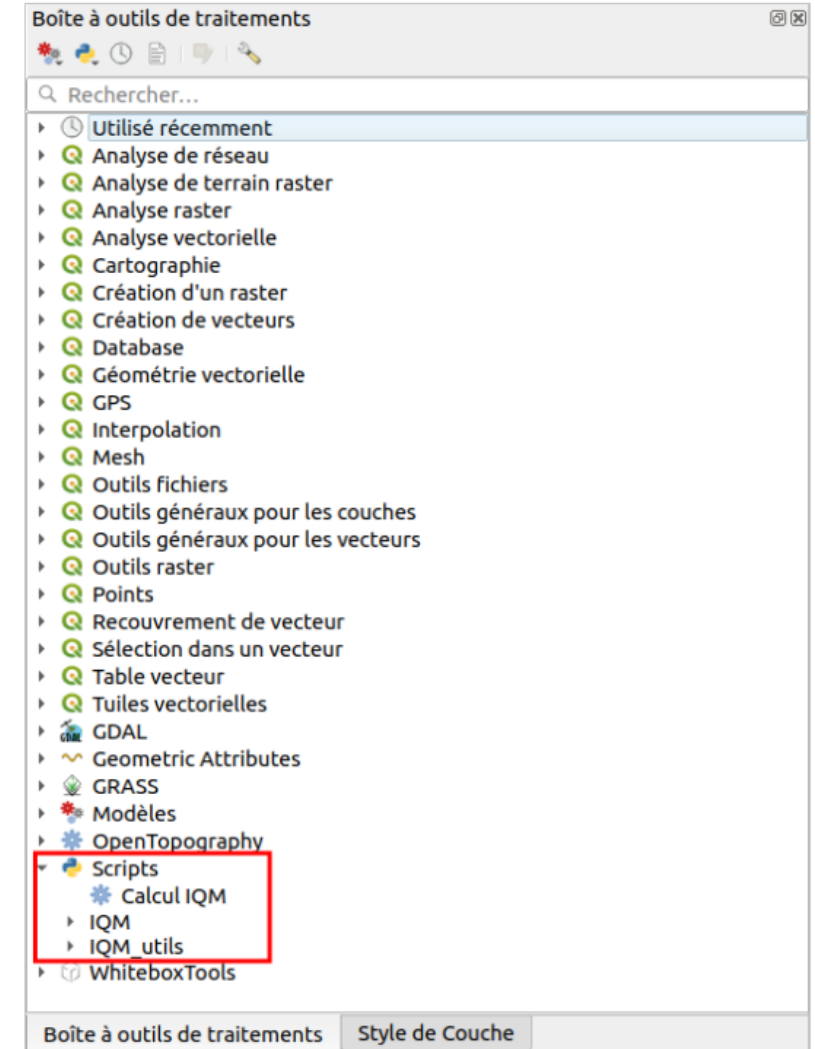
- 3 bassins versants pilotes:**
- Du Gouffre et sous BV
 - Pot-Au-Beurre et sous Bv
 - Nicolet, Bulstrode et sous Bv



PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Développement d'un IQM simplifié automatique à 9 indicateurs (IQM₉*)

- Algorithmes développés sur QGIS, grâce à PyQGIS (API Python);
- Permet l'accès à toutes les fonctionnalités natives du SIG avec possibilité d'ajouter des bibliothèques tierces.



PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Sources des données

CRHQ

<https://www.donneesquebec.ca/crhq>

Données vectorielles :

- Unités écologiques aquatiques (UEA);
- Largeurs modélisés des cours d'eau (environnements lotiques)*.

Forêt Ouverte

<https://www.foretouverte.gov.qc.ca/>

Données matricielles

dérivées du LiDAR :

- MNT Lidar (1x1 m);
- Hauteur de canopée.

Données Québec

<https://www.donneesquebec.ca/crhq>

Données vectorielles :

- Structures (MTQ);
- Barrages.
- Routes

NASA / SRTM

<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

Données matricielles :

- Modèle numérique de terrain (Résolution : 30x30 m)*.

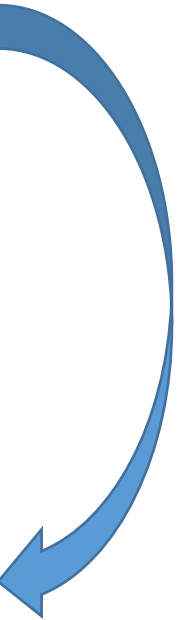
PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

En ce qui concerne la méthode automatisée

- À l'échelle du segment, du BV et de ses sous-BV;
- Fonctions **HGM** vs altérations d'origine anthropiques;
- Données **matricielles et vectorielles** disponibles actuellement à une résolution donnée.

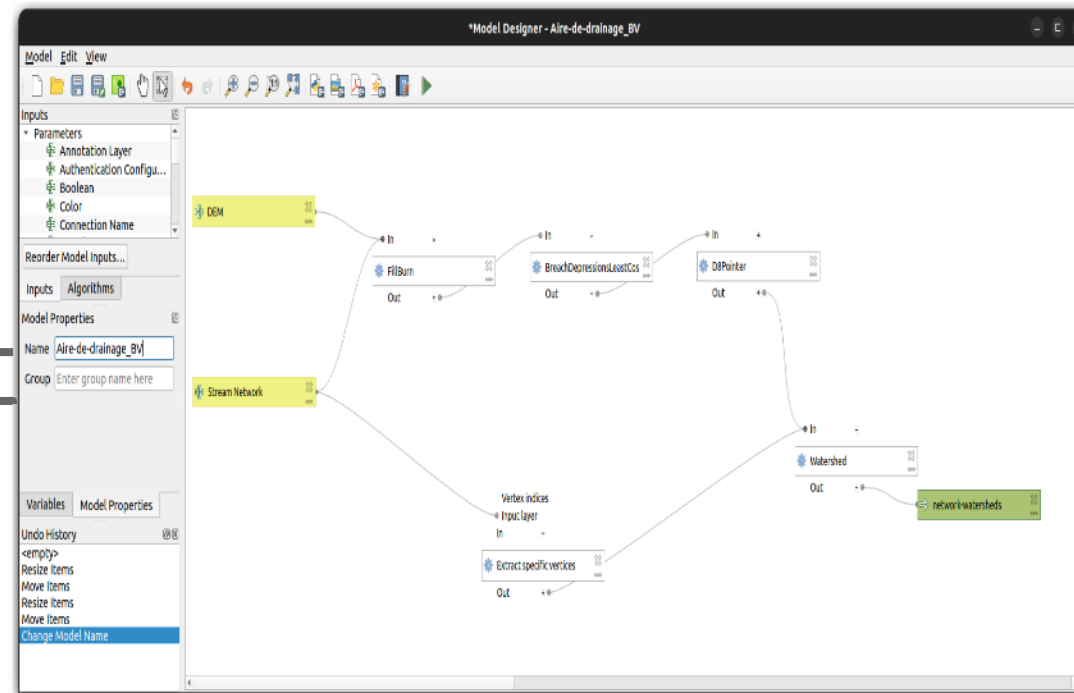
Composantes principales		Indicateurs				
		IQM ₂₈ classique			IQM ₉ automatisé	
		Fonction HGM	Altération anthropique	Ajustement du chenal	Fonction HGM	Altération anthropique
Continuité	Longitudinale	F1	A1, A2, A3, A4, A5		F1	A1, A2, A3
Morphologie / structure HGM	Connectivité latérale	F2, F3, F4, F5	A6, A7		F2, F3	(A3, A4)
	Style fluvial	F6, F7, F8	A8 (A6)	CA1	F4	A3, A4
	Section transversale Substrat du lit	F9 F10, F11	(A4, A9, A10) A9, A10, A11	CA2, CA3	(F4)	
Végétation / utilisation du territoire	Présence de bande riveraine	F12, F13	A12		F5	

Jeu de données (source)	Type de donnée	Indicateurs									
		F1	F2	F3	F4	F5	A1	A2	A3	A4	
Cours d'eau (CRHQ, Données Québec)	Vectoriel (Lignes)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Modèle numérique de terrain (NASA / SRTM)	Matriciel			X	X	X	X	X			
Affectation du territoire 2019 (MELCC, Données Québec)	Matriciel					X	X			X	
Localisation des structures (pont, ponceau, etc.) (MTQ, Données Québec)	Vectoriel (Points)	X		X							
Localisation des barrages (CEHQ, Données Québec)	Vectoriel (Points)							X		X	

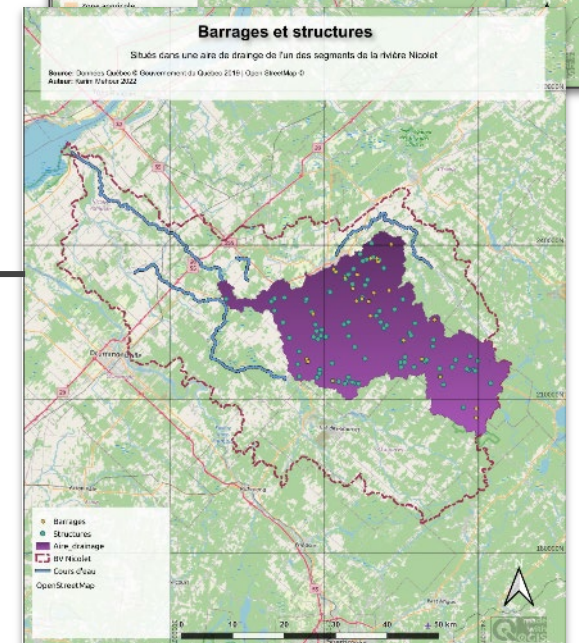
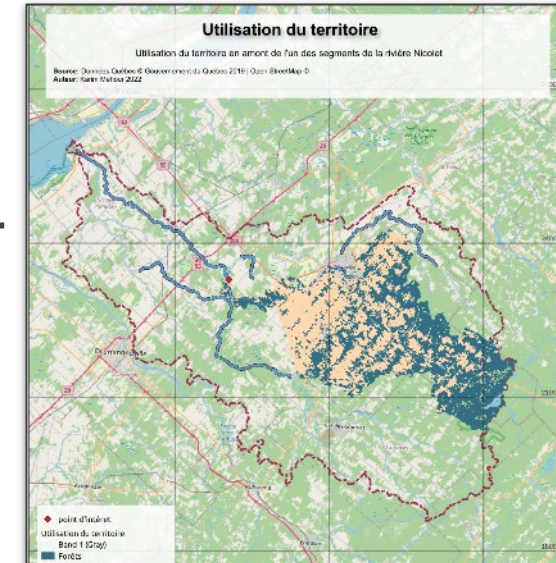
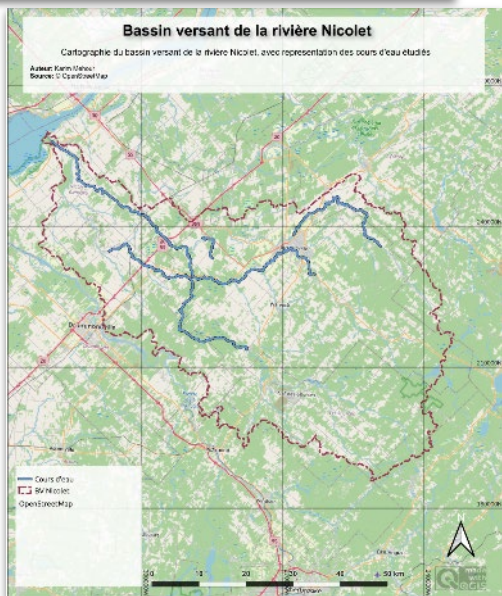


PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Ex. : Fonctions d'altération d'origine anthropique



- À l'échelle du BV et de ses sous-BV;
- Calcul des aires de drainage (superficie du territoire, affectée par le barrage par exemple);
- Calcul des aires par affectation.



PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Ex. : Fonctions hydrogéomorphologiques

Outils QGIS natifs d'analyse raster/vecteur

- À l'échelle du segment;
- Calcul de la largeur du chenal et analyse de la variation;
- Calcul de la largeur de bande riveraine;
- Présence et distance de structures directement liées au segment;
- etc ...



PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Outils Qgis

The screenshot shows the QGIS interface for an automated IQM project. The main window displays a map with yellow and orange lines representing water courses and structures. A dialog box titled "Calcul IQM" is open, showing parameters for the calculation. The parameters are:

- Bande_riv: bande-rive _ DuGouffre [EPSG:32198]
- Barrages: vec_dugouffre — Barrages [EPSG:32198]
- Cours_eau: Calculé [EPSG:32198]
- DEM: DEM_LIDAR_10m_Clip [EPSG:32198]
- PtRef - Largeur: CRHQ — PtRef_largeur [EPSG:32198]
- Routes: Routes_32198 [EPSG:32198]
- Structures: (empty)

The "Calculé" layer is checked in the layer list. The status bar at the bottom shows the coordinates (-146919 389572), scale (1:36551), and projection (EPSG:32198).

PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Développement de l'IQM₉* - 100% automatique

Comparaison entre l'IQM₂₈ et l'IQM₉*

Permet d'avoir un résultat rapide pour identifier les tronçons les plus altérés et les tronçons les mieux conservés

Outils d'aide à l'analyse à l'échelle d'un bassin versant

IQM₂₈ est encore priorisé pour les analyses fines

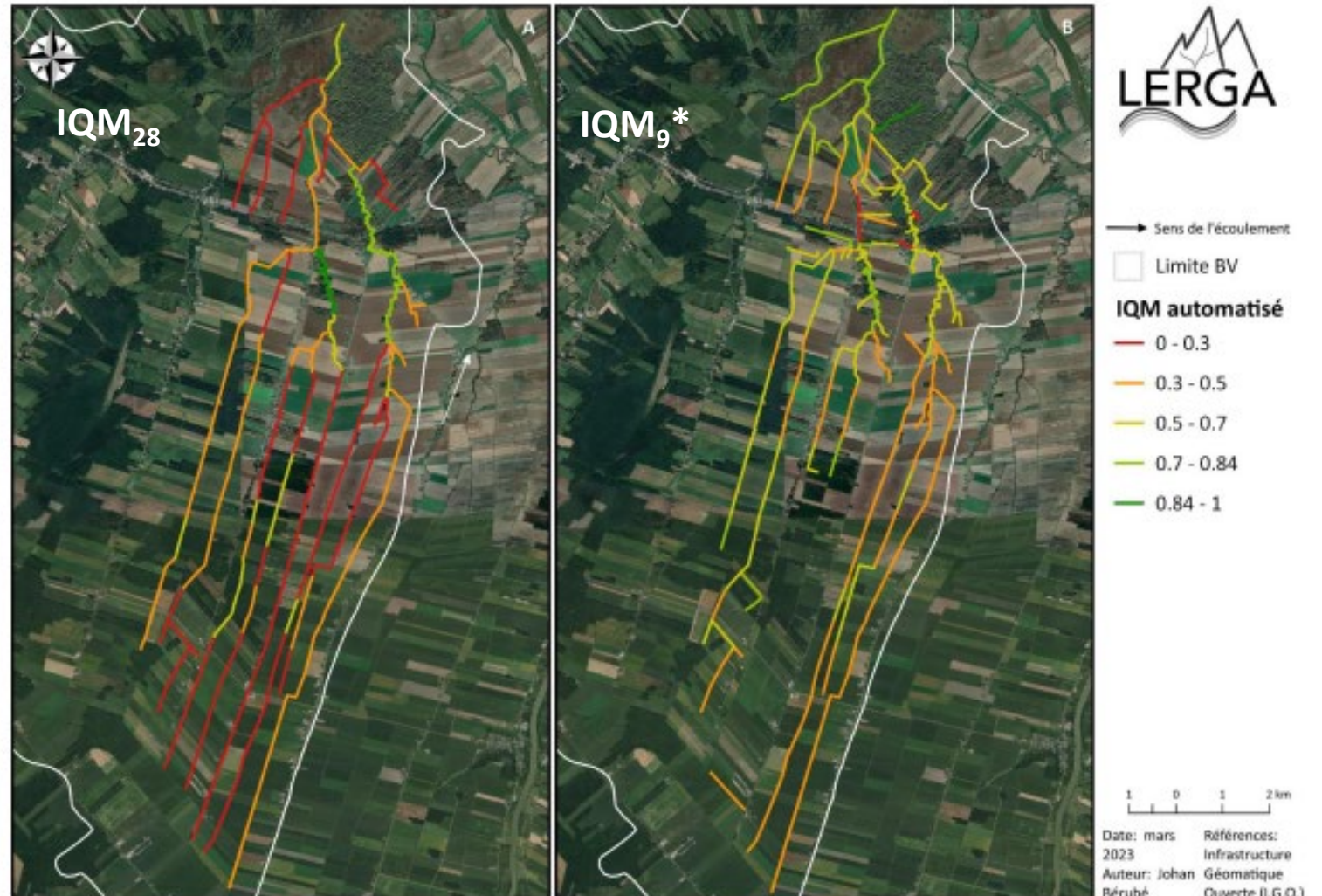


Figure 13. Présentation des résultats d'IQM₂₈ appliqués sur les segments d'IQM₂₈ (A) et IQM₉* appliqués sur la segmentation des UEA (B) sur le sous-BV de la Petite rivière Pot au Beurre.

PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Développement de l'IQM₉* - 100% automatique

Comparaison entre l'IQM₂₈ et l'IQM₉*

Difficulté parfois avec les UEA

Exemple Du Gouffre :

Segmentation HGM : +- 7 tronçons

Segmentation UEA : 2 tronçons

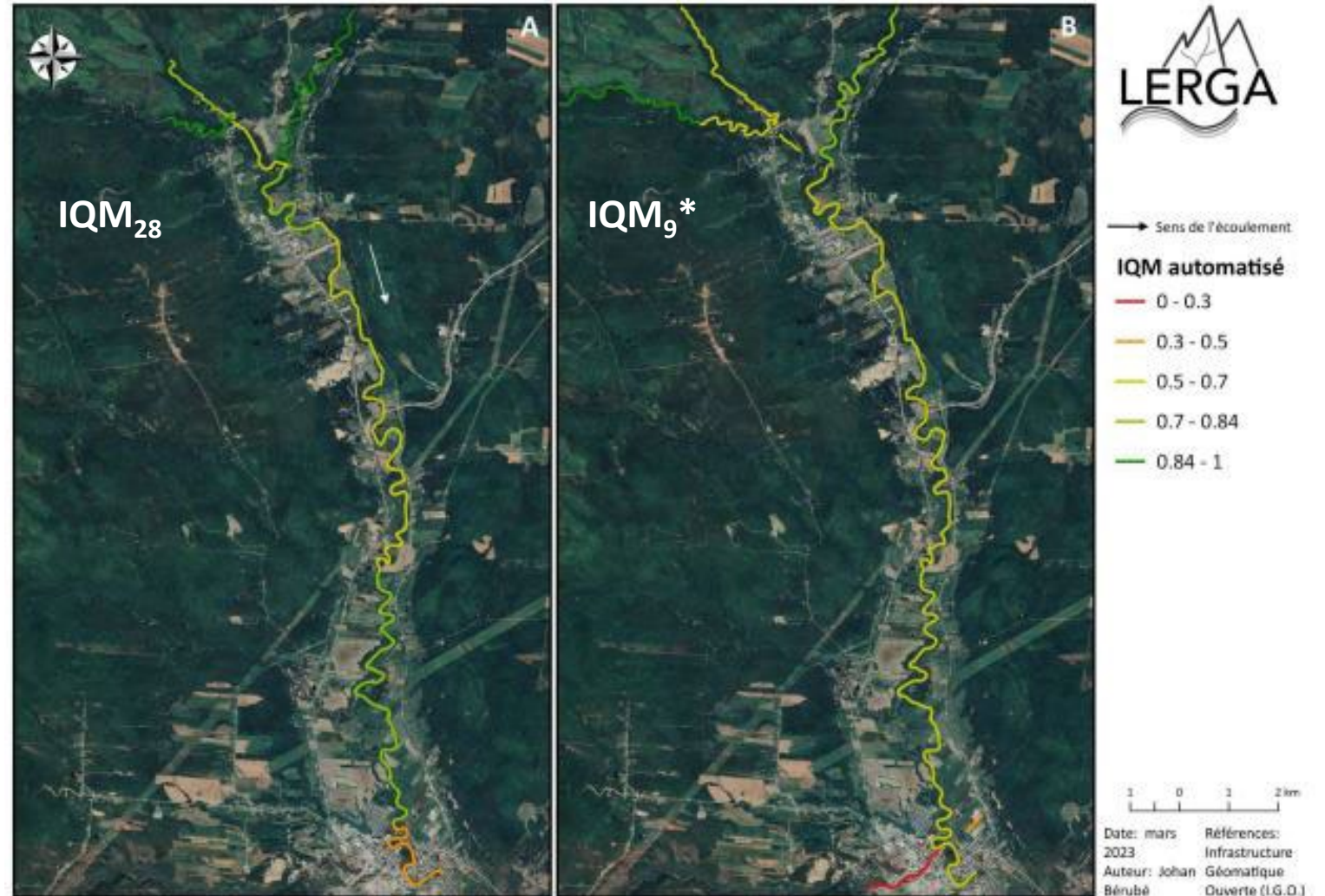


Figure 14. Présentation des résultats d'IQM₂₈ appliqués sur les segments d'IQM (A) et IQM₉* appliqués sur la segmentation des UEA (B) sur le BV de la rivière du Gouffre.

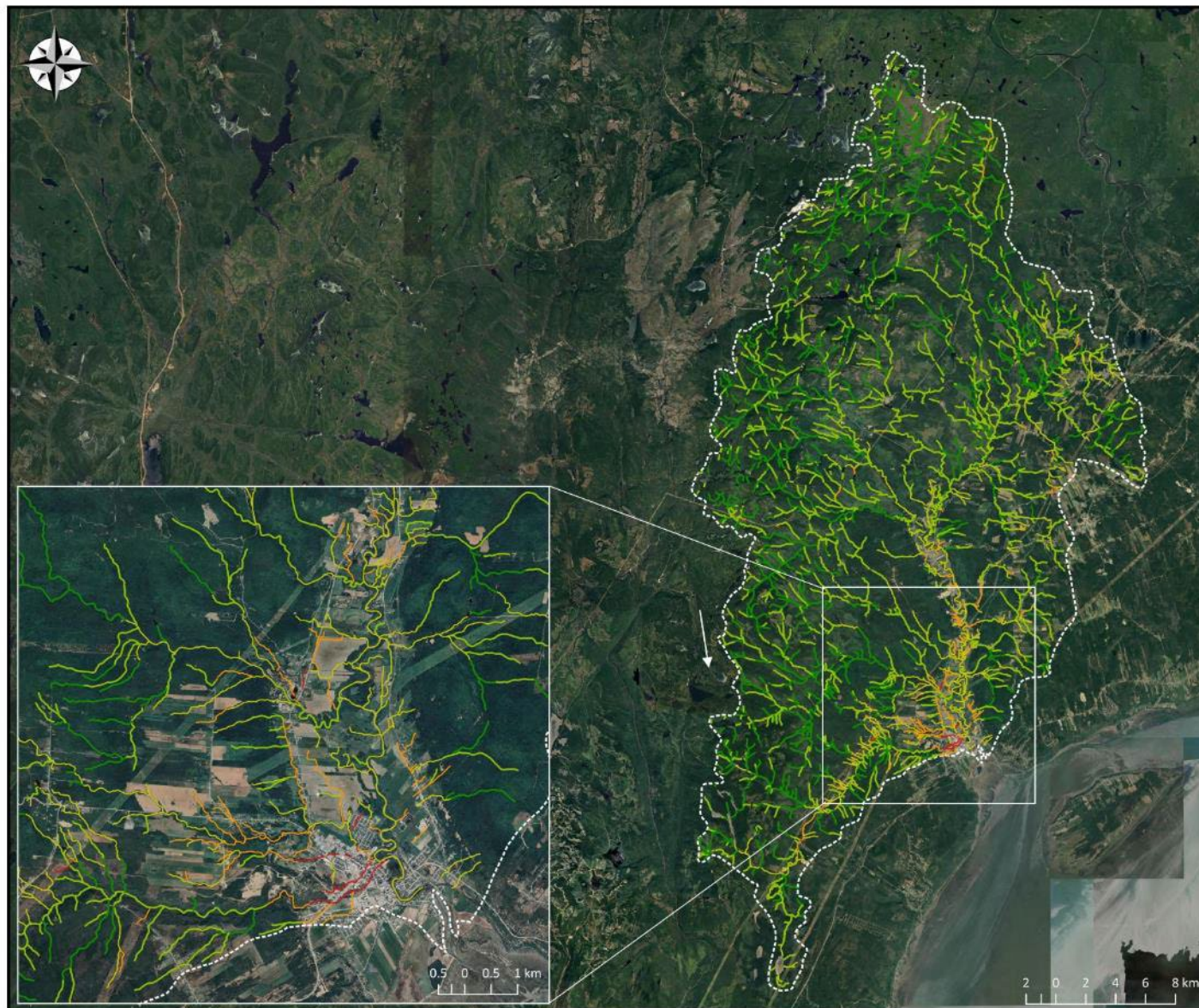
PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Développement de l'IQM₉* - 100% automatique

Application à l'échelle d'un BV complet

Mission accomplie 😊

Mais....

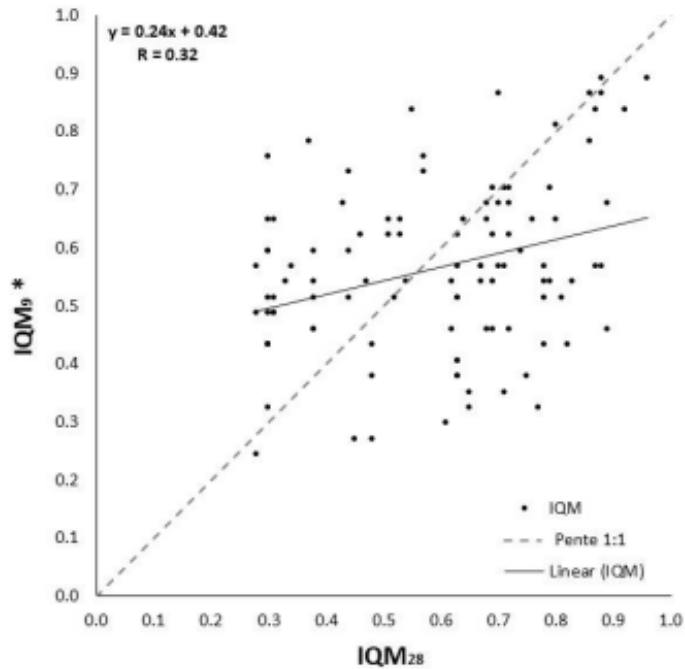


PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

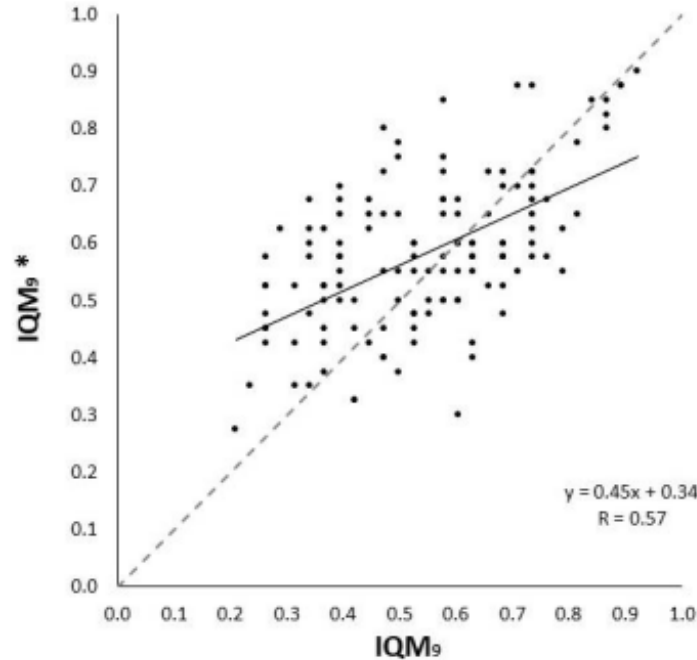
Développement de l'IQM₉* - 100% automatique

Résultats à l'échelle des trois bassins versants pilotes

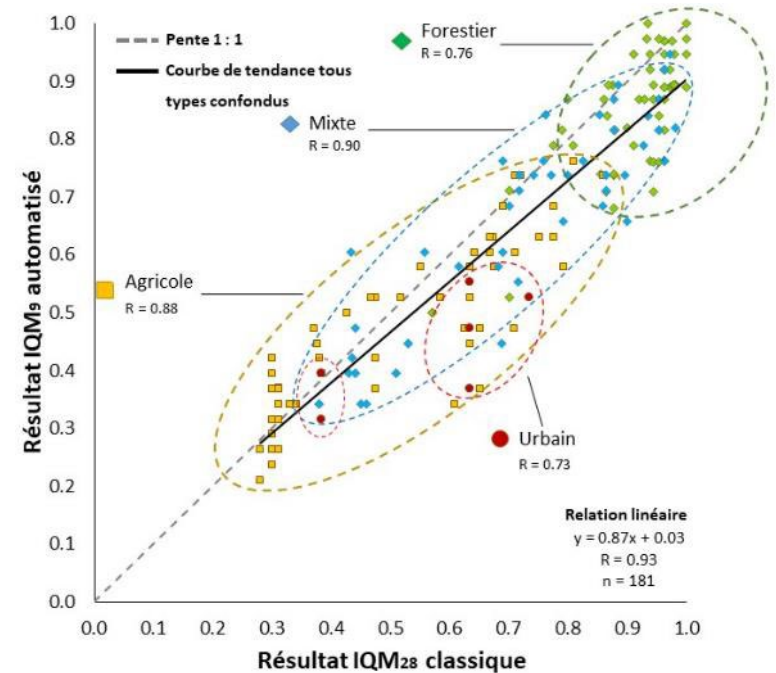
IQM₉* versus IQM₂₈



IQM₉* versus IQM₉



Versus la preuve de concept
IQM₉ versus IQM₂₈

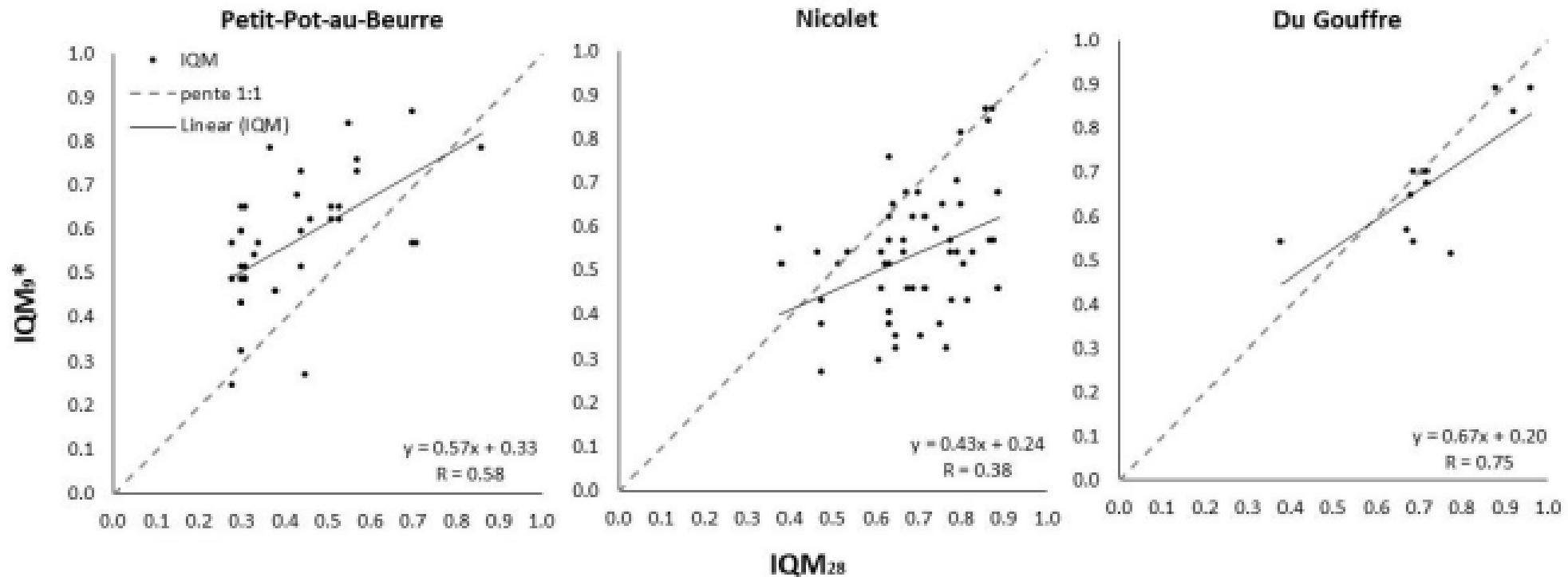


Moins bon que la preuve de concept, pas encore parfait, mais ça va dans la bonne direction!

PROJET IQM AUTOMATISÉ – TROISIÈME ÉTAPE

Développement de l'IQM₉* - 100% automatique

Résultats par bassin versant



- L'IQM₉* surestime dans le bassin versant de PPB – milieux agricoles
- L'IQM₉* sous-estime dans le bassin versant de la Nicolet – milieux mixtes, urbains et forestiers
- L'IQM₉* a de meilleurs résultats dans la Du Gouffre – milieux agricoles et forestiers

PISTES DE RÉFLEXION

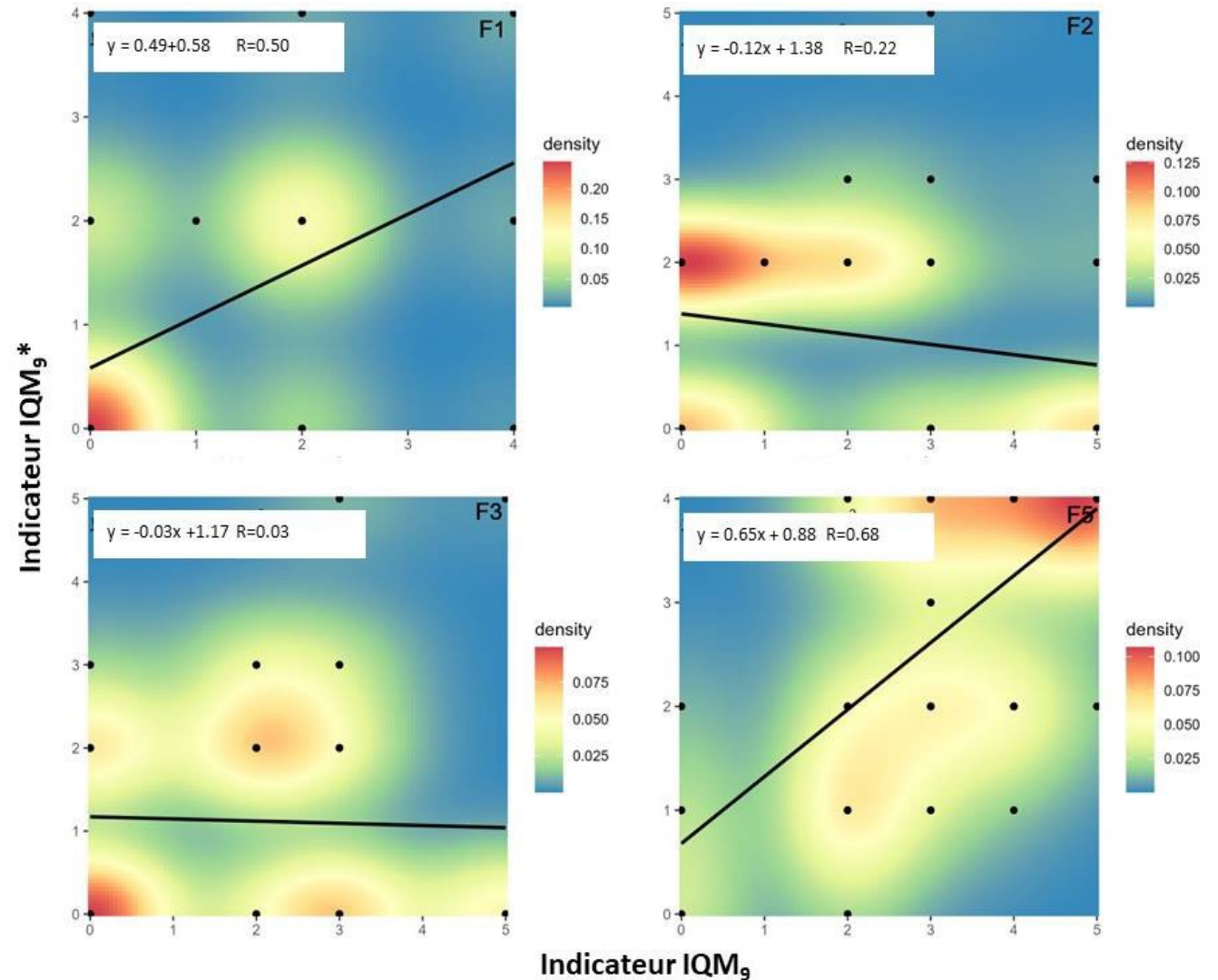
Comparaison des relations entre les valeurs d'indicateurs automatisés de fonctions HGM obtenus manuellement et par l'application des algorithmes dans les trois BV pilotes.

Bonnes relations pour F1 et F5

Relation plus faible et négative pour F2 et F3

Problèmes identifiés :

- Largeur basée sur la géométrie hydraulique
- Délimitation de la plaine alluviale fonctionnelle
- Et bases de données pas assez précises parfois sur données Québec



F2 : Connectivité latérale avec une plaine alluviale

F3 : Connectivité Amont-aval avec une plaine alluviale

DISCUSSION

Comparaison des relations entre les valeurs d'indicateurs automatisés d'altération anthropique obtenus manuellement et par l'application des algorithmes dans les trois BV pilotes.

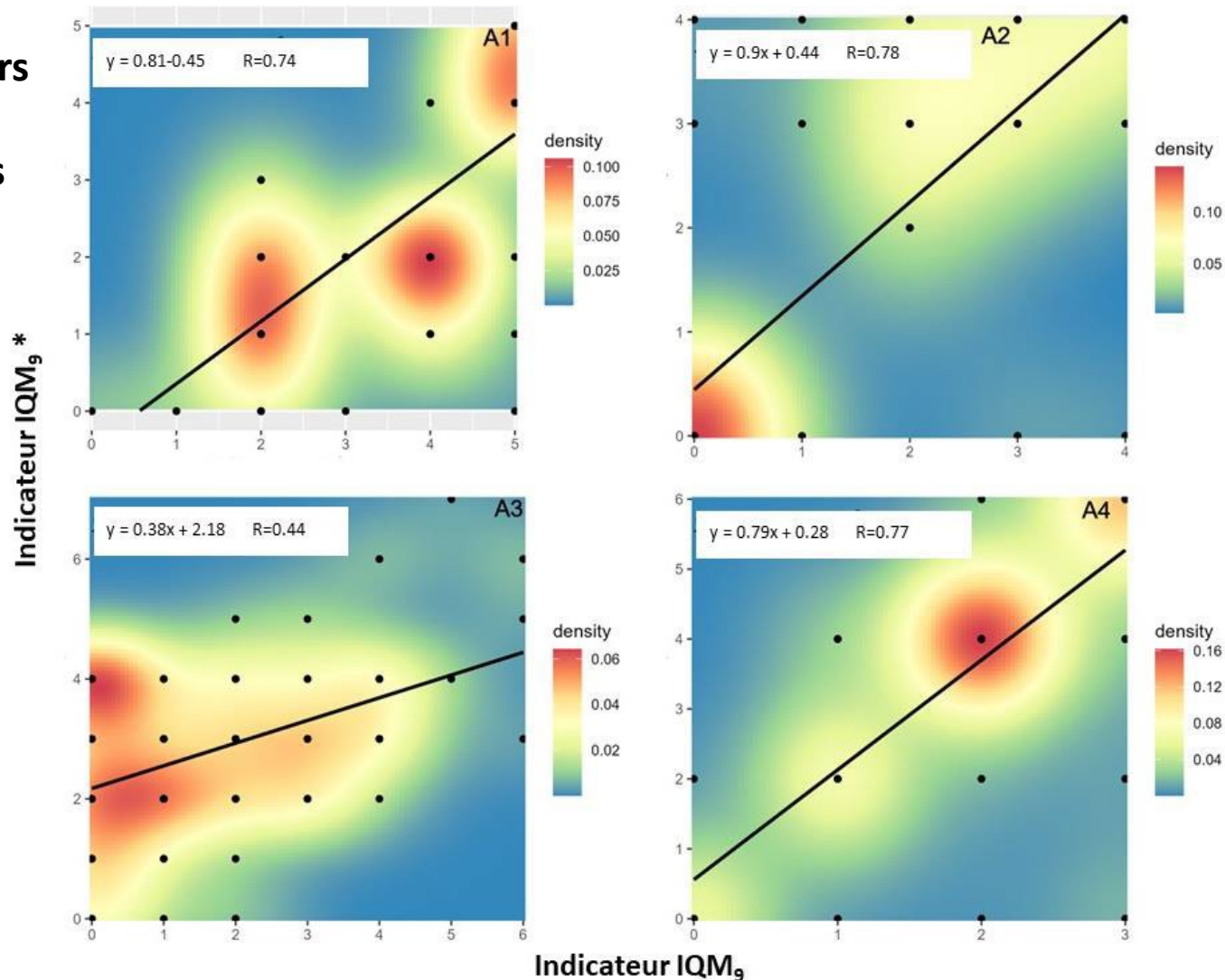
Bonnes relations pour A1, A2 et A4

Relation plus faible pour A3

- Surévaluation des valeurs de 0

A3 : Présence de barrages ou autres structures à l'échelle du tronçon

- Bases de données pas assez précises sur données Québec



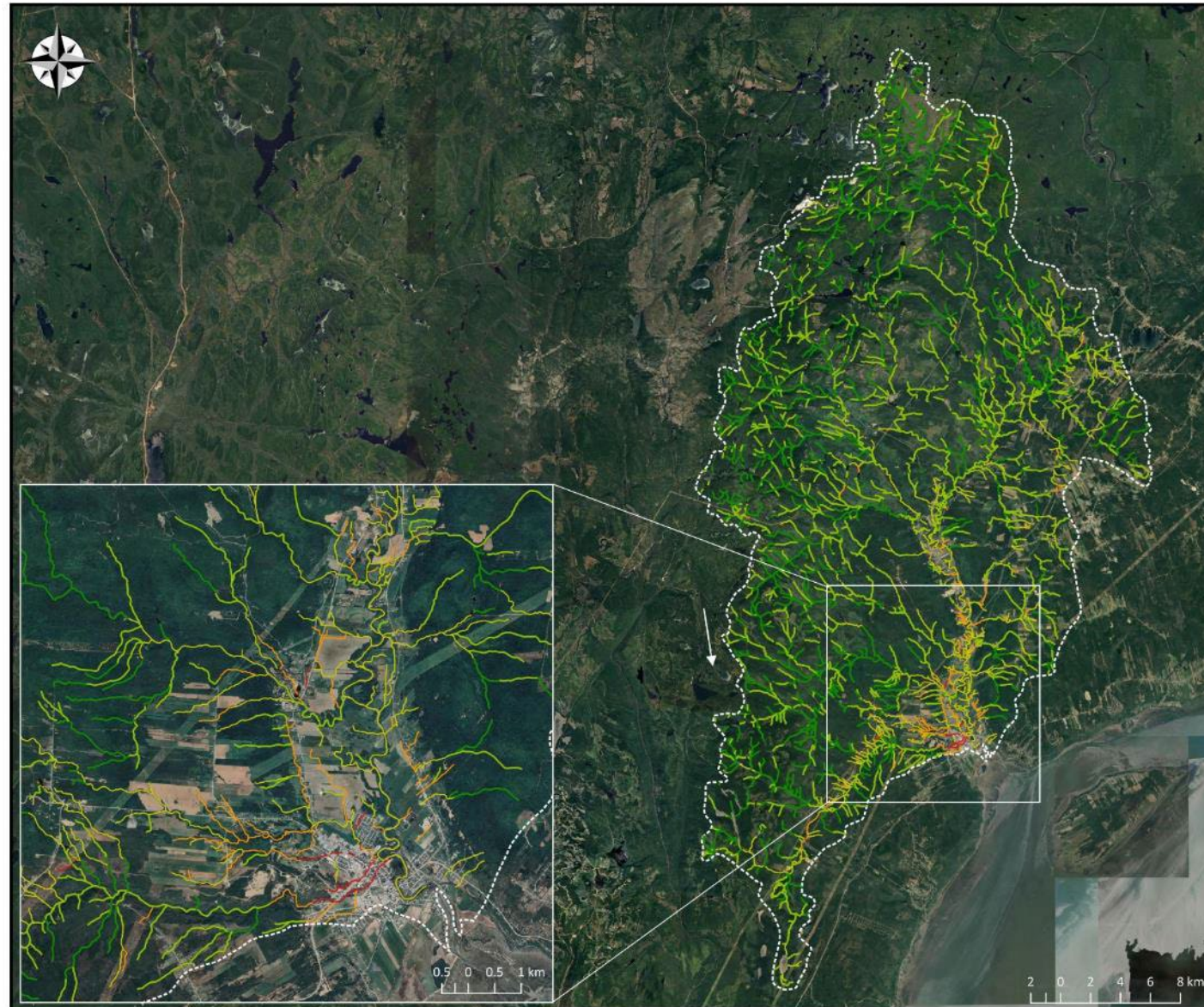
EN CONCLUSION

L'IQM₉* fonctionne et pourra être appliqué à l'échelle du BV pour le Qc méridional (CRHQ);

L'outil est conçu pour utiliser les données récentes et peut s'adapter facilement;

L'IQM₉* peut être utilisé comme un outil de priorisation à l'échelle d'un BV, Province,...;

L'IQM₂₈ (Classique) reste l'outil à privilégier pour des analyses plus détaillées;



→ Sens de l'écoulement

□ Bassin versant

IQM₉*

— 0 - 0.3

— 0.3 - 0.5

— 0.5 - 0.7

— 0.7 - 0.84

— 0.84 - 1

Date: mars
2023

Références:
Infrastructure
Géomatique
Ouverte (I.G.O.)

Auteur: Johan
Bérubé

PROCHAINES ÉTAPES

- **Améliorer les indicateurs plus difficiles à appliquer (F2 et F3) – collaboration avec le MELCCFP**
 - Délimitation de la plaine alluviale fonctionnelle – délimitation semi-automatique
 - Délimitation de la largeur niveau plein bord – délimitation semi-automatique
- **Appliquer l'IQM à l'échelle du Québec méridionale --- collaboration avec le MELCCFP**
 - Intégration au CRHQ
 - Augmenter le N pour comparer les IQM28 et IQM9*
- **Développement d'un guide IQM28 appliqué au contexte Québécois – En collaboration avec Sylvio Demers et Louis-Gabriel Pouliot (Firme Rivières) –» 2022-2024**
 - Écriture du guide
 - Recension des données IQM28 au Qc
 - Développement d'un formulaire web centralisé – connexion avec Données Québec
- **Développement d'un indice composite avec des données halieutiques --- collaboration avec le MELCCFP**
 - IQM et autres indices comparés aux données de pêches scientifiques et d'ADNe
 - 3-4 bassins versants ----» début en mai 2023

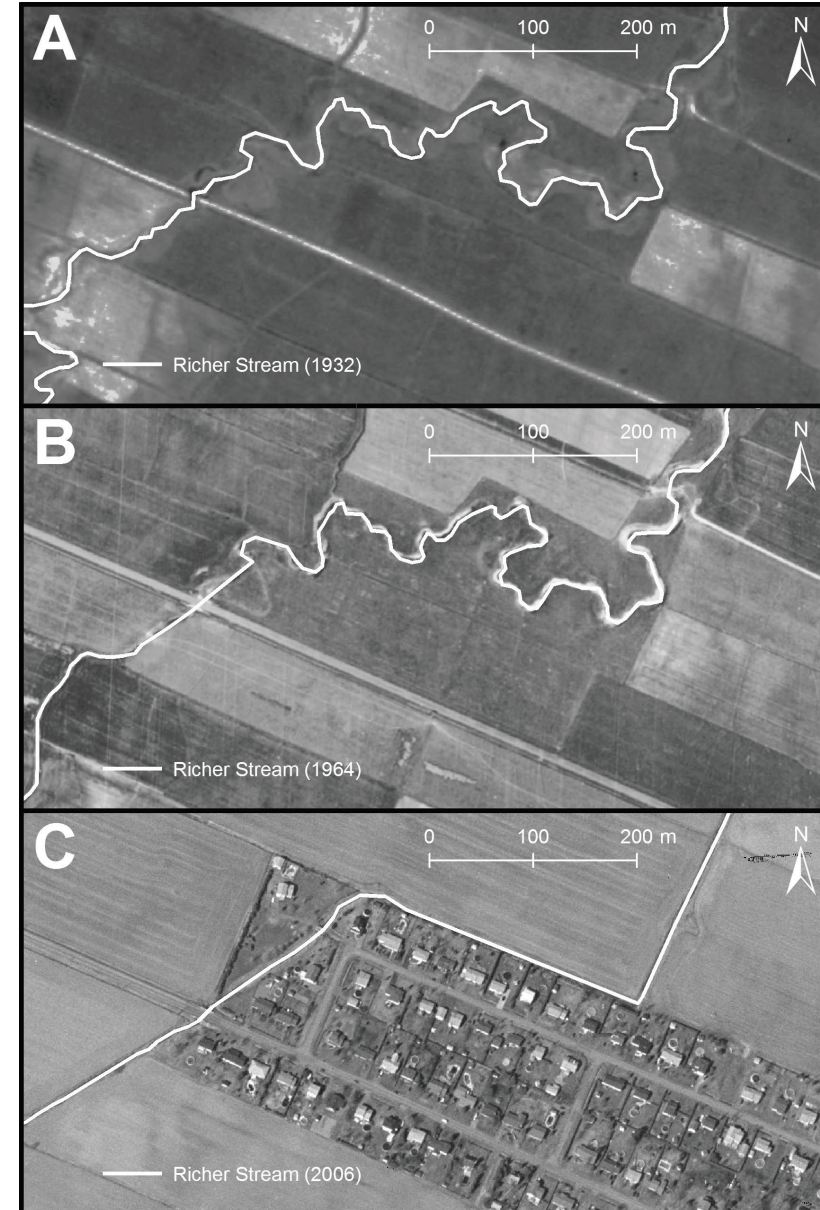
PRÉSENTATION DES PREMIÈRES COURBES DE GÉOMÉTRIE HYDRAULIQUE POUR LA RESTAURATION DES COURS D'EAU DU QUÉBEC (partie 2)

Boulet Yan, Boivin Maxime et Biron Pascale, 2023
Olivier Boudreault – Candidat Msc.

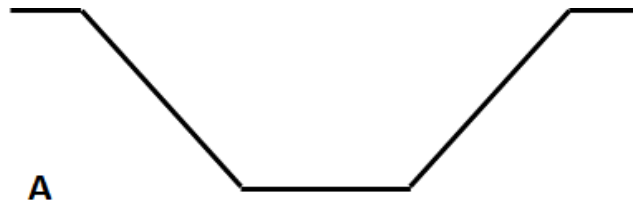


Diagnostic du réseau hydrographique

- Les cours d'eau agricole depuis la colonisation :
 - 30 000 km de cours à méandres linéarisés (Beaulieu 2008)
 - 14 000 km de canaux de forme trapézoïdale créés (Beaulieu 2008)
- Conséquences :
 - Rentabilité des entreprises agricoles (Beaulieu 2008)
 - Travaux d'entretien fréquent et coûteux annuellement (MDELCC et MFFP 2015)
 - Hausse de la pente = incision et érosion des berges (Rousseau et Biron 2009)
 - Augmentation de la charge sédimentaire en suspension (Beaulieu 2008)
 - Sédimentation rapide (Volmar *et al.* 2017)
 - Détérioration de la qualité de l'eau et des habitats (Frothingham *et al.* 2002)

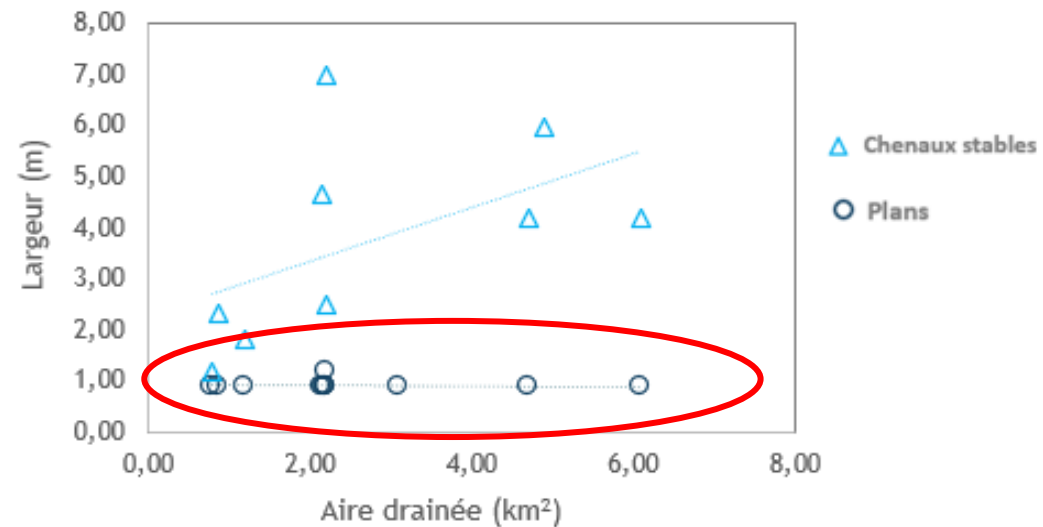
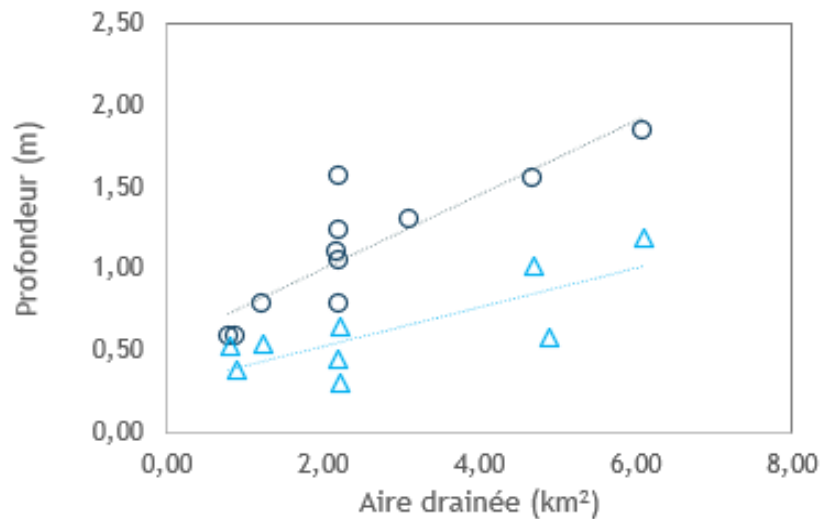
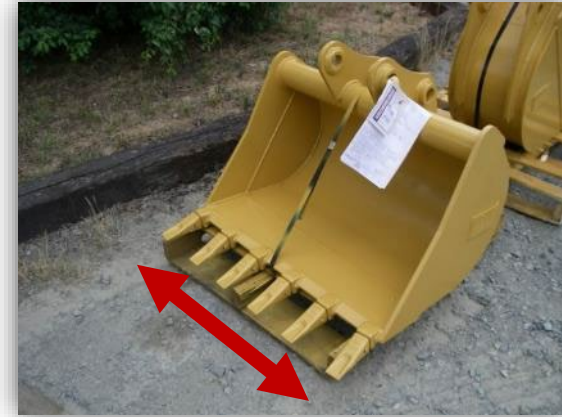


(Rousseau et Biron 2009)



Diagnostic du réseau hydrographique

- Incohérence de la dimension des chenaux (Volmar *et al.* 2017) :
 - Largeur constante qui ne tient pas compte de l'aire de drainage

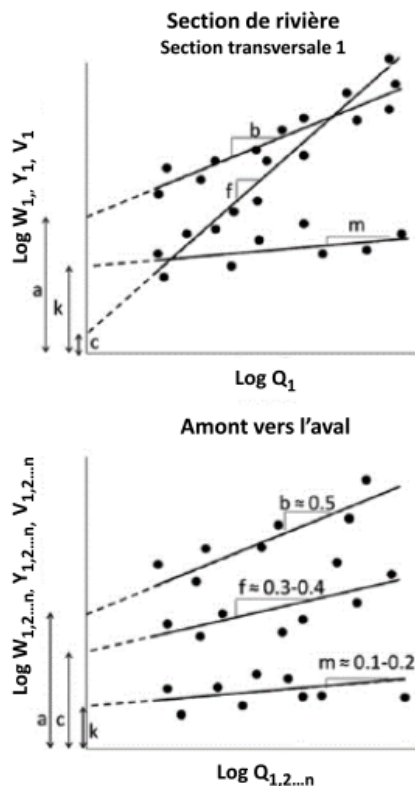
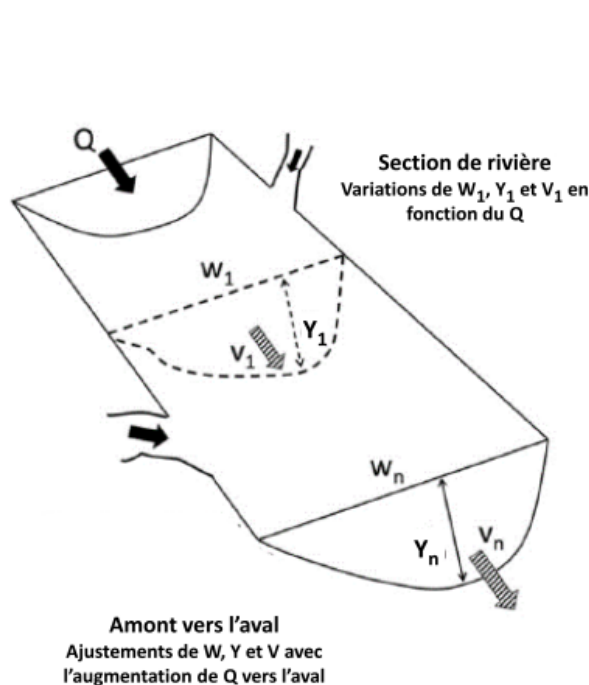


Modernisation du cadre législatif

- Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques (2017)
 - Introduction du concept d'**aucune perte nette**
 - *Programme de création et restauration de milieux humides et hydriques*
 - Plans régionaux de conservation des milieux humides et hydriques (PRMHH)
- Règlement sur les activités dans des milieux humides, hydriques et sensibles (2020)
- Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (2020)
 - *Art.24.1° les travaux d'entretien d'un cours d'eau sont ceux qui permettent le maintien d'un état fonctionnel hydraulique et écologique du cours d'eau et qui visent, selon le cas :*
 - *a) à maintenir ou à rétablir le cours d'eau dans un **profil d'équilibre dynamique**, lequel se traduit par une **géométrie hydraulique adaptée aux conditions du bassin versant**;*

La géométrie hydraulique, c'est quoi!!!!

La géométrie hydraulique décrit les relations observables dans un cours d'eau entre la dimension du chenal (**largeur et profondeur**) et la **vitesse d'écoulement (variables dépendantes)** avec un **débit** donné (variable indépendante), ou encore selon l'aire de drainage qui est fortement corrélé avec le débit et plus simple/précise à obtenir (Leopold et Maddock 1953; Wohl 2020).



$$(1) W = aQ^b$$

$$(2) Y_m = cQ^f$$

$$(3) V_m = kQ^m$$

2 approches :

À la station : permet de voir les variations avec l'augmentation du débit à une section de rivière

Amont-aval : permet de voir l'évolution des sections selon l'augmentation de l'aire de drainage

adaptée de Gleason (2015)

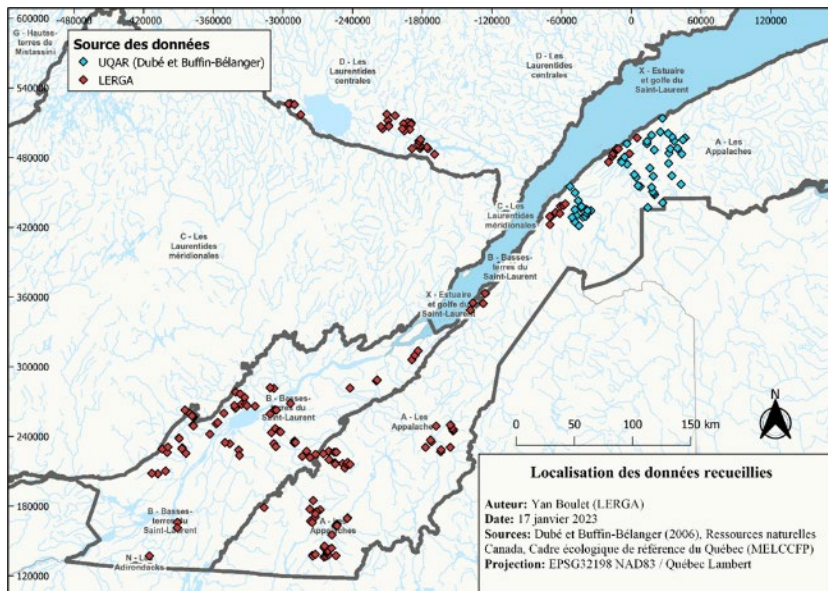
Les **exposants** révèlent la nature et l'intensité des changements et permettent la comparaison entre les cours d'eau; Les **coefficients** représentent la valeur absolue de W , Y , V_m et V par unité de débit

Regional curves to support stream restoration initiatives in Southern Ontario

Trevor Chandler & Heather Amirault

To cite this article: Trevor Chandler & Heather Amirault (2019) Regional curves to support stream restoration initiatives in Southern Ontario, Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques, 44:1, 65-78, DOI: [10.1080/07011784.2018.1503067](https://doi.org/10.1080/07011784.2018.1503067)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/07011784.2018.1503067>



Boulet, Boivin et Biron, 2023

Intérêt pour la restauration des cours d'eau

Projet terminé avec le MELCCFP le 31 mars 2023

Outils de plus pour les gestionnaires de cours d'eau: savoir quelle taille de cours d'eau selon la position dans le BV (aire de drainage)!

ABSTRACT

Dans le cadre de la conception de la restauration des canaux, une première étape importante consiste à déterminer les dimensions appropriées de la zone de débordement. Cependant, pour les ruisseaux à restaurer, les indicateurs du niveau de débordement sont souvent absents ou peu fiables. Afin de remédier à cette situation, une série de courbes régionales a été mise au point dans le cadre de cette étude pour certaines régions hydrophysiographiques du sud de l'Ontario où les principaux facteurs régissant la forme des canaux, tels que la géologie de surface et les précipitations, sont uniformes. Les courbes font le lien entre les dimensions des zones de débordement aux seuils et la zone de drainage des bassins hydrographiques. Les seuils ont été mesurés, car ils présentent généralement des sections transversales uniformes alors que les zones transversales des bassins peuvent varier considérablement. Cette étude portait sur les ruisseaux dans les petits bassins versants (<100 km²), car les projets de restauration ont tendance à être situés dans ces zones. Les données utilisées pour créer les courbes sont celles de ruisseaux stables dont les indicateurs de débordement sont fiables. Au total, 31 ruisseaux ont été mesurés dans trois régions hydrophysiographiques différentes du sud de l'Ontario; au moins neuf ruisseaux ont été mesurés dans chaque région. L'étude a permis de mettre au point des courbes distinctes pour les régions de Waterloo, Peel et York-Durham. Des équations définissant la géométrie du débordement, en rapport avec la zone de drainage, ont été formulées pour ces régions. La relation entre la zone de drainage et la zone transversale de débordement montre une forte corrélation positive ($R^2 = 0.95$). Les corrélations entre la zone de drainage et les autres dimensions des zones de débordement, telles que la largeur et la profondeur moyenne, sont variables. Les courbes régionales peuvent être utilisées pour fournir une indication fiable des dimensions des zones de débordement appropriées pour un cours d'eau altéré qui n'a pas de caractéristiques de débordement fiables, comme une conduite ou un canal fortement érodé ou en béton. Pour faciliter le processus de conception, les concepteurs de flux peuvent consulter ces courbes, tout comme les régulateurs qui sont responsables de vérifier la conception des canaux. Cet article décrit la façon dont les sites ont été sélectionnés ainsi que le processus utilisé pour collecter et analyser les données. Il fournit également des exemples de la façon dont les courbes peuvent être appliquées à une conception.

Exemple aux É-U

USDA Natural Resources Conservation Service
United States Department of Agriculture

You are Here: Home / Water / Regional Hydraulic Geometry Curves

Regional Hydraulic Geometry Curves

Regional Hydraulic Geometry Curves are log-log plots comparing channel dimensions (top width, mean depth, and cross-sectional area) at 'bankfull' or effective discharge (usually between the 1.1 and 1.9 year return interval) versus drainage area.

The National Water Management Center (NWMC) is working with other Federal, State, and Local agencies to develop Regional Hydraulic Geometry Curves across the country. We are organizing data by Physiographic Provinces (see map below). If you have data you would like to contribute and/or a link to a webpage you would like us to add, please contact us by clicking on the webmaster link.

Physiographic Map - Click on Image for larger version (182 KB)

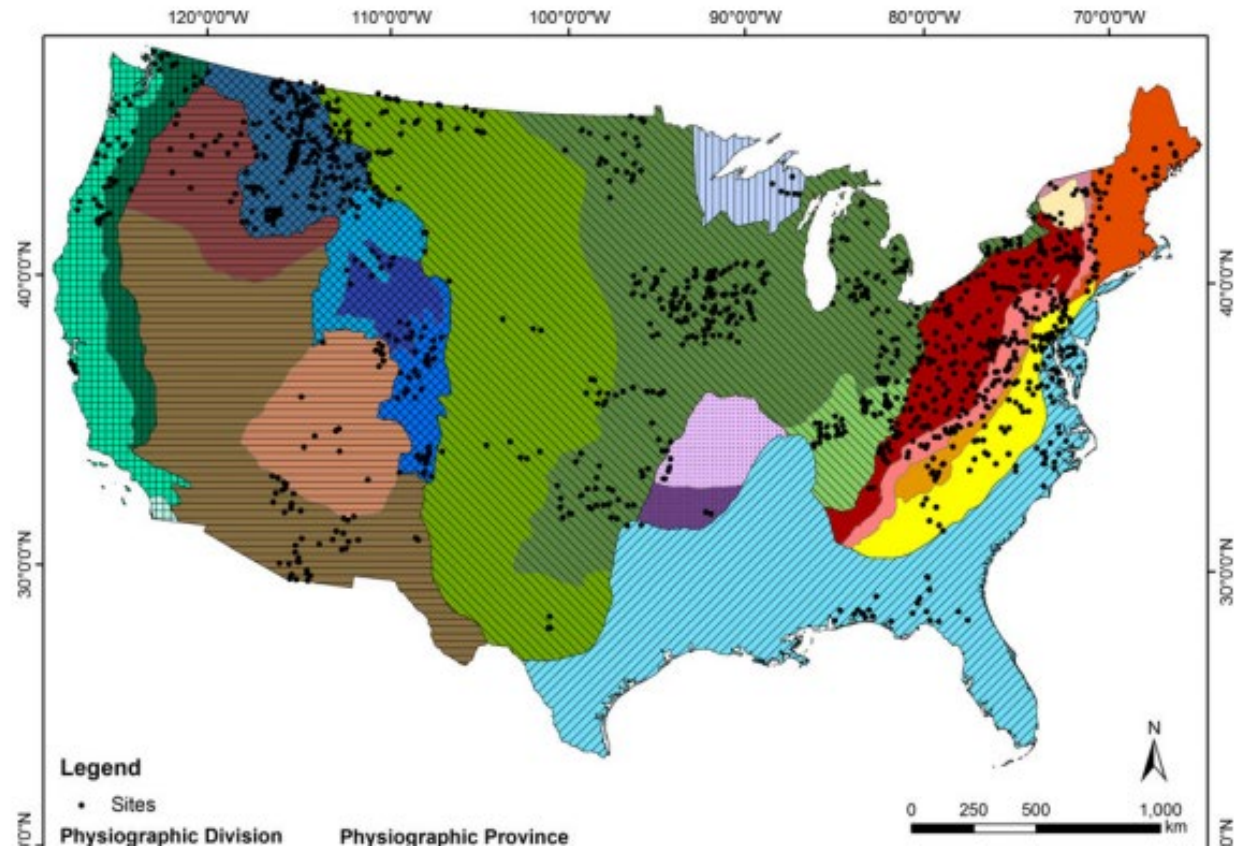
Physiographic Map Reference: Fenneman, Nevlin M., 1946, *Physical Divisions of the United States*: U.S. Geological Survey, scale 1:7,000,000.

SITES & DATA

NOTE: click on SECTION links to view regional curves or click on SITES links to view information on individual sites. (Most of the links are external.)

MAJOR DIVISION	PROVINCE	SECTION	SITES
Laurentian Upland	1. Superior Upland		
	2. Continental Shelf		
		a. Embayed Section	NC State University - NC Stream Restoration Institute et
		b. Sea Island Section	USFWS- Bankfull Discharge and channel characteristics of

https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/water/?cid=nrcs143_015052



Bieger et al., 2015

Objectifs

- Objectif principal :
 - Établir des courbes de géométrie hydraulique régionales pour les Basses-Terres du Saint-Laurent, le Saguenay-Lac-Saint-Jean et les Appalaches
- Objectifs spécifiques :
 - 1) Récupérer et valoriser les données disponibles à l'échelle du Québec
 - 2) Générer des courbes régionales pour des cours d'eau naturels et anthropisés
 - 3) Analyser les courbes générées afin d'émettre des recommandations de restauration selon la région



Site d'étude

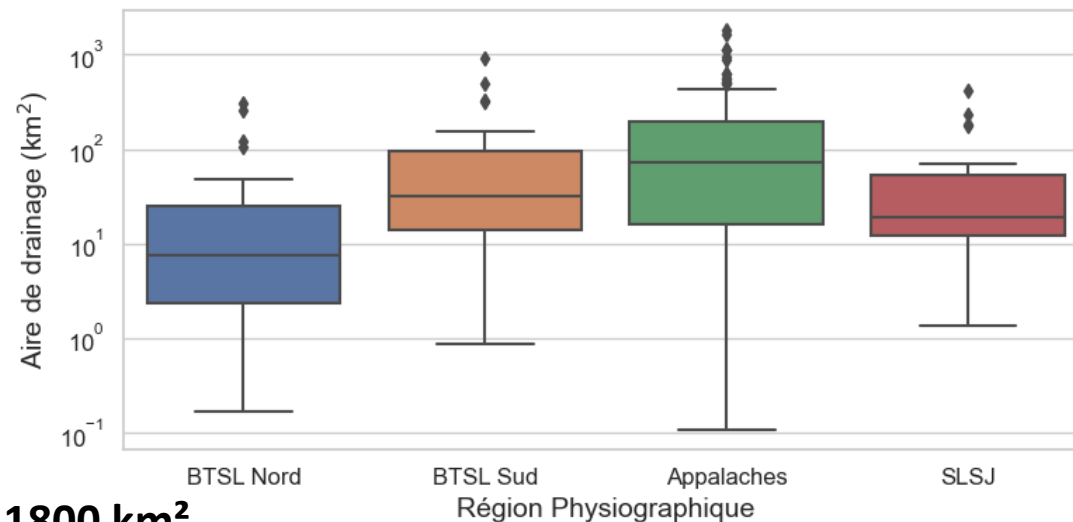
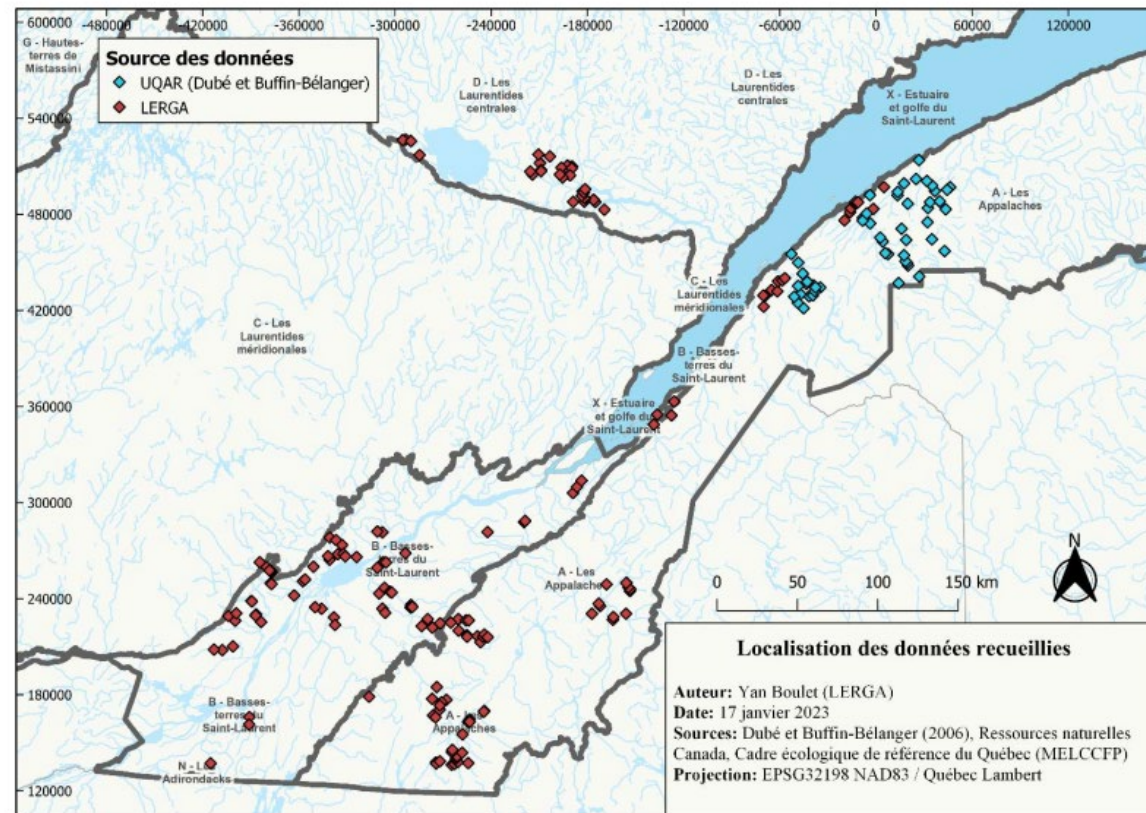
164 sites à l'échelle de la province

99 dans les Appalaches*

39 dans les BTSL

26 au SLJ

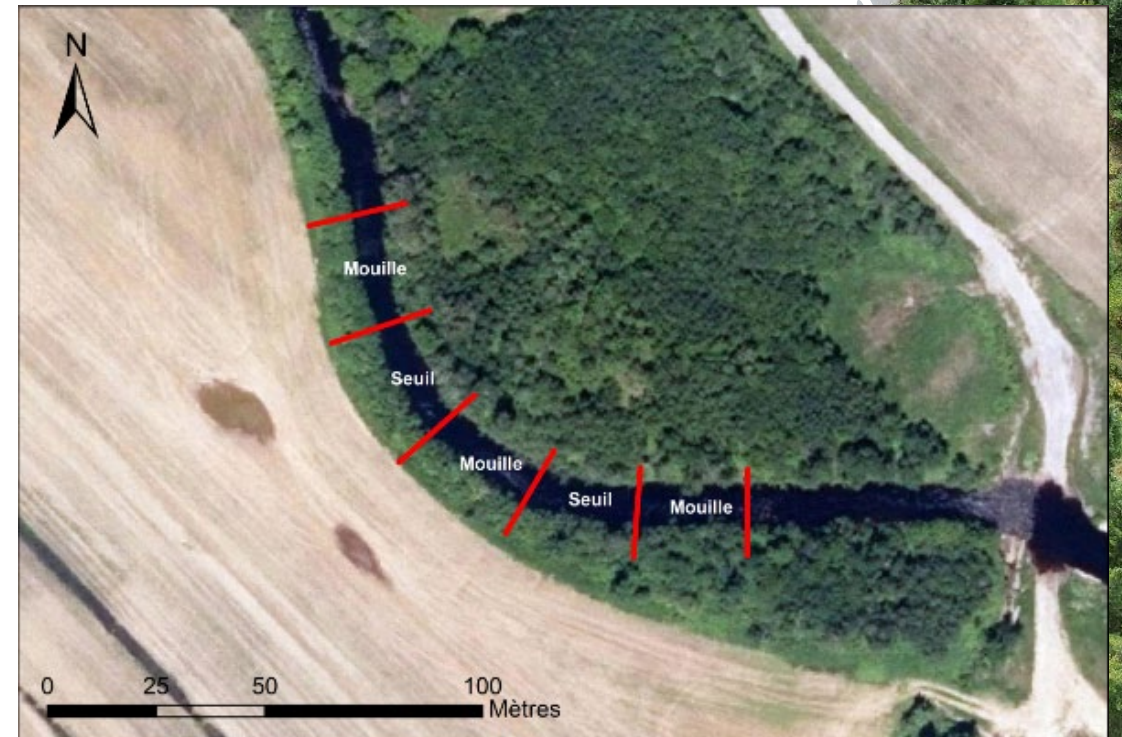
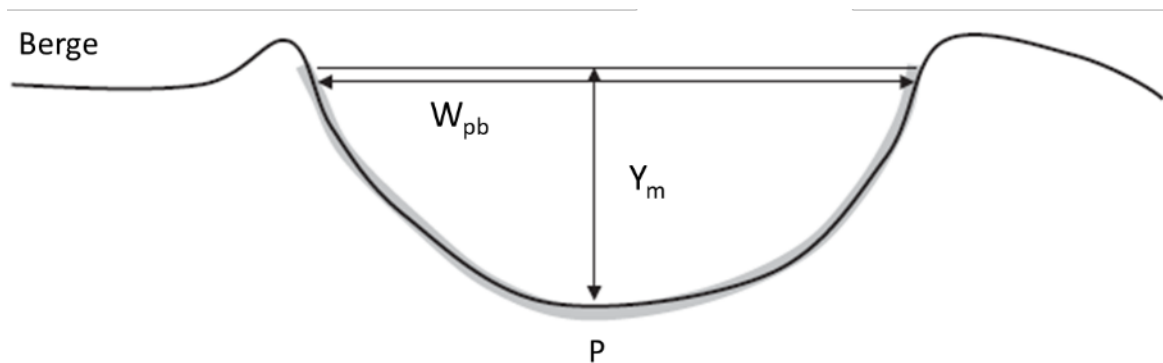
*Données de Dubé et Buffin-Bélanger, 2006 (59 sur 99)



Aire de drainage : entre 0,19km² et 1800 km²

Caractérisation des sites : échelle d'analyse

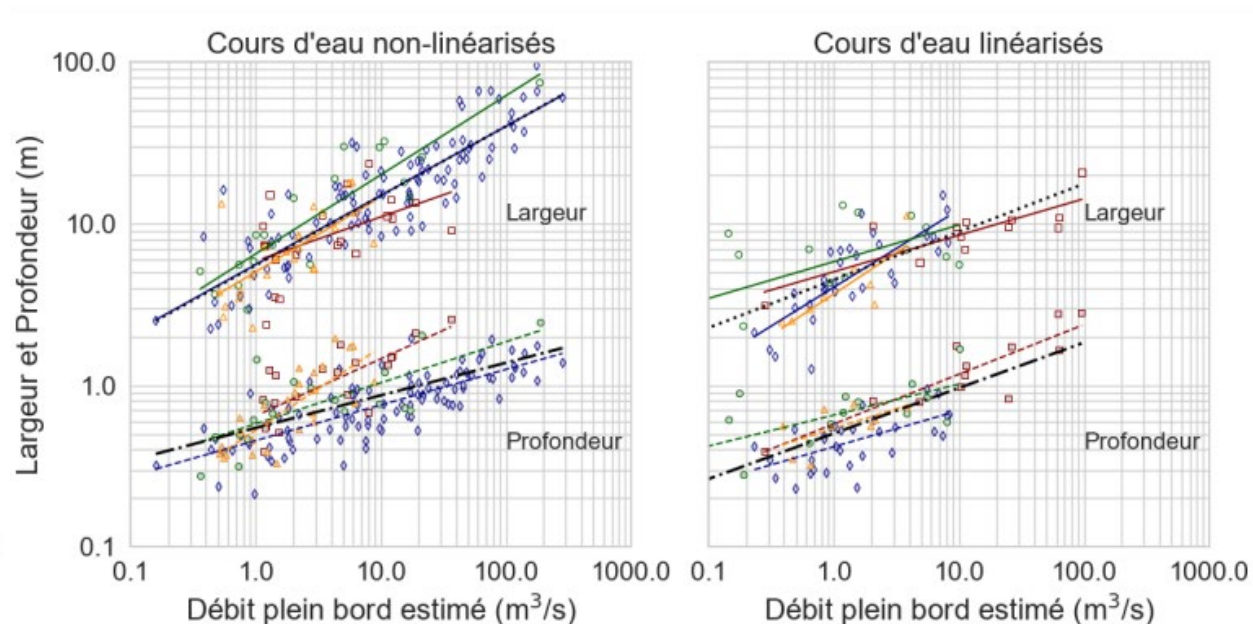
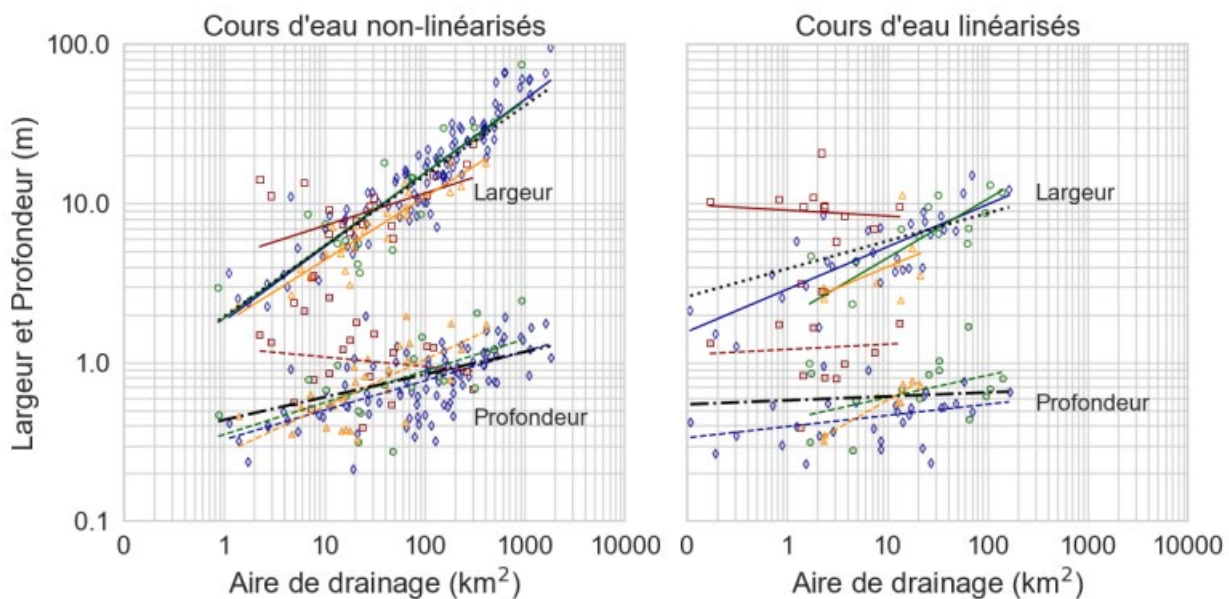
- Inspirée de la méthodologie de Reid *et al.* (2010) :
 - Longueur du tronçon caractérisée fonction de la W_{pb}
 - Sections transversales distancées d'une valeur = $2W_{pb}$ → 2 Séquences seuil-mouille
- Relevés topographiques à l'aide d'un DGPS → Morphologie moyenne du tronçon
- Importance des paramètres locaux (Park 1977) :
 - Pente
 - Granulométrie du lit et des berges (Schumm 1960)
 - Végétation riveraine (Hey et Thorne 1986)
 - Caractéristiques du bassin versant (Doll *et al.* 2002)



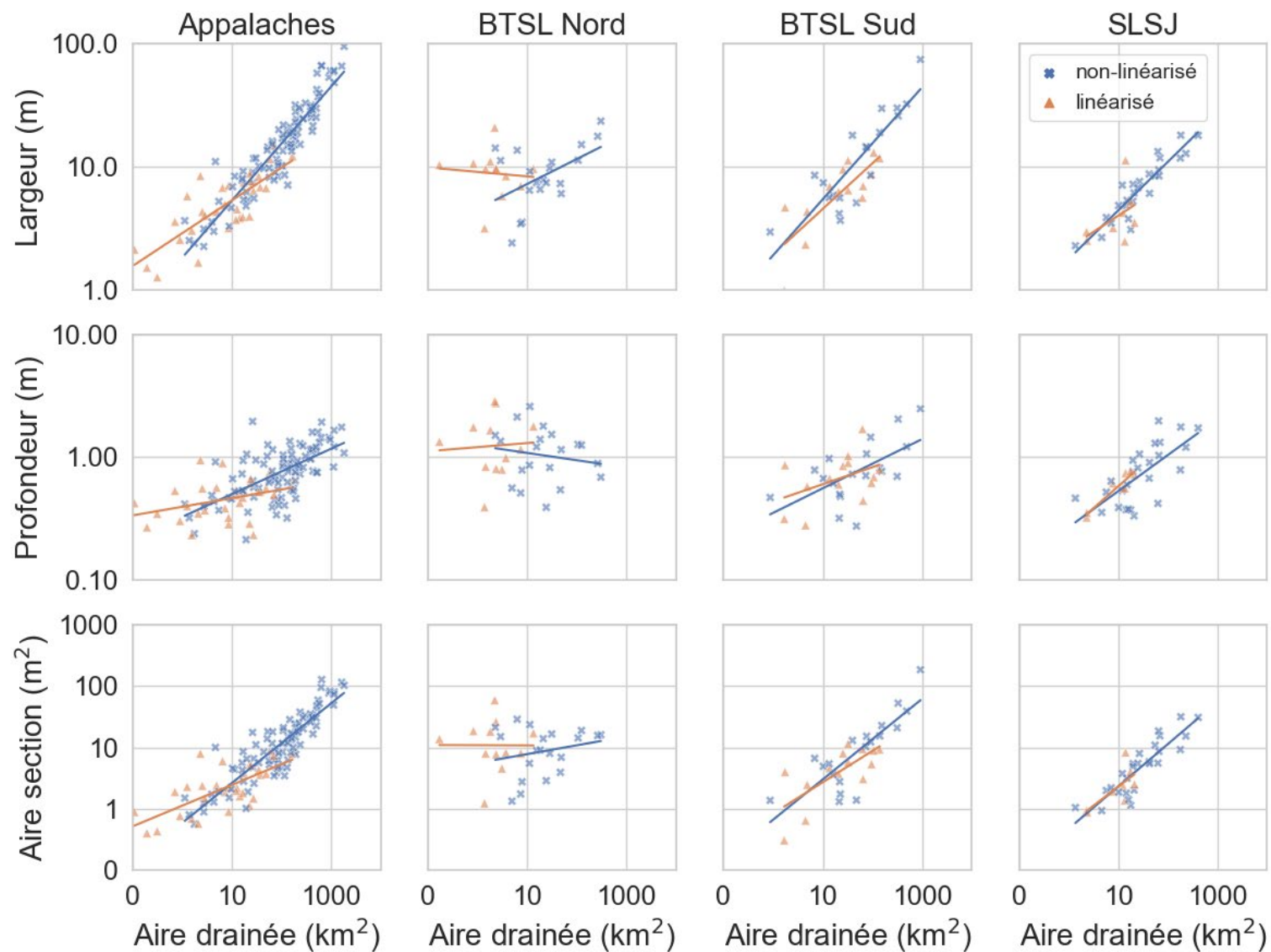
Résultats pour les trois régions physiographiques

Selon l'aire de drainage (km²)

Selon le débit plein bord (m³/s)



Résultats par région physiographique



Résultats par région physiographique

Exemple d'une restauration ou d'un entretien en aval d'un BV selon 2 régions

Aire du bassin : 250 km²

Quelle est la largeur attendue au SLSJ ?

$$W = aQ^b$$

$$W = 1,769 * 250^{0,396}$$

W= 15,75 mètres (+-)

Quelle est la largeur attendue dans les BTSLN?

$$W = 1,903 * 250^{0,455}$$

W= 23,47 mètres (+-)

Région	dimension	n	non-linéarisé				linéarisé				
			coeff	exp	R ²	p	coeff	exp	R ²	p	
	largeur		1,827	0,464	0,86	0,000		2,881	0,267	0,63	0,000
App	profondeur	99	0,327	0,185	0,42	0,000	31	0,394	0,070	0,12	0,057
	aire		0,597	0,649	0,79	0,000		1,137	0,337	0,48	0,000
	largeur		4,537	0,203	0,24	0,027		9,061	-0,036	0,01	0,783
BTSLN	profondeur	20	1,239	-0,060	0,03	0,491	12	1,206	0,033	0,00	0,846
	aire		5,623	0,144	0,05	0,348		1,925	-0,003	0,00	0,991
	largeur		1,903	0,455	0,75	0,000		1,931	0,371	0,64	0,001
BTSLN	profondeur	19	0,352	0,200	0,36	0,006	14	0,437	0,139	0,20	0,111
	aire		0,670	0,655	0,67	0,000		0,843	0,510	0,53	0,003
	largeur		1,769	0,396	0,85	0,000		2,170	0,264	0,21	0,248
SLSJ	profondeur	26	0,268	0,294	0,49	0,000	8	0,254	0,357	0,89	0,000
	aire		0,475	0,689	0,77	0,000		0,551	0,621	0,53	0,041
	largeur		1,949	0,442	0,79	0,000		3,878	0,175	0,22	0,000
QC	profondeur	164	0,435	0,143	0,22	0,000	65	0,577	0,025	0,01	0,555
	aire		0,848	0,584	0,66	0,000		2,236	0,200	0,09	0,013
QC	largeur		1,697	0,471	0,84	0,000		2,607	0,282	0,57	0,000
sans BTSLN	profondeur	144	0,340	0,187	0,39	0,000	53	0,395	0,118	0,22	0,000
	aire		0,577	0,657	0,78	0,000		1,031	0,400	0,52	0,000

Comparaison avec les courbes de d'autres régions au Canada est aux É-U

Tableau 7. Exposants des courbes de géométrie hydraulique issues de la littérature aux États-Unis en comparaison avec ceux de cette étude (variable indépendante : aire de drainage). En rouge : relations non significatives

	<i>n</i>	largeur		profondeur	
		<i>exposant</i>	<i>r2</i>	<i>exposant</i>	<i>r2</i>
<i>Ce projet (2023)</i>					
Appalaches	99	0,464	0,86	0,185	0,42
Basses-Terres-du-Saint-Laurent Nord	20	0,203	0,24	-0,060	0,03
Basses-Terres-du-Saint-Laurent Sud	19	0,455	0,75	0,200	0,36
Saguenay-Lac-Saint-Jean	26	0,396	0,85	0,294	0,49
Composite avec BTSLN (QC)	164	0,442	0,79	0,143	0,22
Composite sans BTSLN (QC)	144	0,471	0,84	0,187	0,39
<i>Chandler et Amirault (2019)</i>					
Waterloo	8	0,46	0,86	0,300	0,67
Peel	9	0,37	0,94	0,330	0,91
York-Durham	7	0,28	0,91	0,420	0,94
Composite (ON)	24	0,38	0,87	0,330	0,82

	<i>n</i>	largeur		profondeur	
		<i>exposant</i>	<i>r2</i>	<i>exposant</i>	<i>r2</i>
<i>Ce projet (2023)</i>					
Appalaches	99	0,464	0,86	0,185	0,42
Basses-Terres-du-Saint-Laurent Nord	20	0,203	0,24	-0,060	0,03
Basses-Terres-du-Saint-Laurent Sud	19	0,455	0,75	0,200	0,36
Saguenay-Lac-Saint-Jean	26	0,396	0,85	0,294	0,49
Composite avec BTSLN (QC)	164	0,442	0,79	0,143	0,22
Composite sans BTSLN (QC)	144	0,471	0,84	0,187	0,39
<i>Underwood et al (2021)</i>					
Vermont	30	0,448	0,89	0,331	0,81
<i>Bieger et al (2015)</i>					
Laurentian Upland	6	0,308	0,54	0,202	0,37
Atlantic Plain	61	0,363	0,84	0,323	0,75
Appalachian Highlands	387	0,415	0,87	0,287	0,77
Interior Plains	425	0,351	0,75	0,191	0,38
Interior Highlands	7	0,121	0,27	0,267	0,52
Rocky Mountain System	288	0,435	0,76	0,225	0,49
Intermontane Plateau	88	0,415	0,62	0,329	0,58
Pacific Mountain System	48	0,399	0,74	0,294	0,50
Composite Bieger et al (2021) (É-U)	1310	0,352	0,66	0,213	0,43

Conclusion

- Outil important dans la compréhension des processus fluviaux en apportant des connaissances sur la morphologie moyenne des cours d'eau (Eaton 2013)
- Outil primaire dans l'entretien et la gestion des cours d'eau

REAFIE



24. Pour l'application de l'article 31.0.5.1 de la [Loi](#) :

1° les travaux d'entretien d'un cours d'eau sont ceux qui permettent le maintien d'un état fonctionnel hydraulique et écologique du cours d'eau et qui visent, selon le cas :

a) à maintenir ou à rétablir le cours d'eau dans un profil d'équilibre dynamique, lequel se traduit par une géométrie hydraulique adaptée aux conditions du bassin versant;

- Besoins d'établir des dimensions de référence en concordance avec les lois de la Géométrie hydraulique
 - Favoriser la pérennité des interventions
 - Minimiser les interventions dans le futur
 - Établir la géométrie pour la restauration

Merci!
Questions?



UQAC

Université du Québec à Chicoutimi

Chaire de recherche sur les espèces
aquatiques exploitées (CREAE)



UQAC

Université du Québec
à Chicoutimi

UQAR

Université du Québec
à Rimouski



UNIVERSITÉ
Concordia

UNIVERSITY

*Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs*

Québec

*Environnement
et Lutte contre
les changements
climatiques*

Québec