

# Services hydrologiques rendus par les milieux humides dans un contexte dynamique d'occupation du territoire : étude de cas du bassin versant de la rivière Saint-Charles

Marianne Blanchette<sup>1</sup>, Alain N. Rousseau<sup>1</sup>, Stéphane Savary<sup>1</sup>, Monique Poulin<sup>2</sup>



<sup>1</sup>INRS - Eau Terre Environnement, Québec - Canada

<sup>2</sup>Université Laval, Québec - Canada



## Introduction

Les milieux humides (MH) (marécages, marais, tourbières) font partie du patrimoine naturel et rendent de nombreux services écologiques aux sociétés : stockage de carbone dans les sols, îlots de fraîcheur, lieu privilégié pour les activités récréatives, habitats fauniques et floristiques, etc. Ils jouent également un rôle important sur l'hydrologie en agissant sur le régime d'écoulement de surface à l'échelle du bassin versant (BV). À ce sujet, les travaux de modélisation hydrologique de Fossey *et al.*<sup>1</sup>, réalisés dans les BV des rivières Bécancour et Yamaska, ont montré que les MH permettaient d'atténuer les débits de crues de 6% à 18% et d'augmenter les débits d'étiage de 22% à 75%. Or, on en sait peu sur l'évolution des MH du BV de la rivière Saint-Charles, dont le territoire a connu un développement urbain important dans les dernières décennies, ainsi que sur l'impact de la dynamique d'occupation du sol sur la vulnérabilité du BV aux crues et aux étiages.

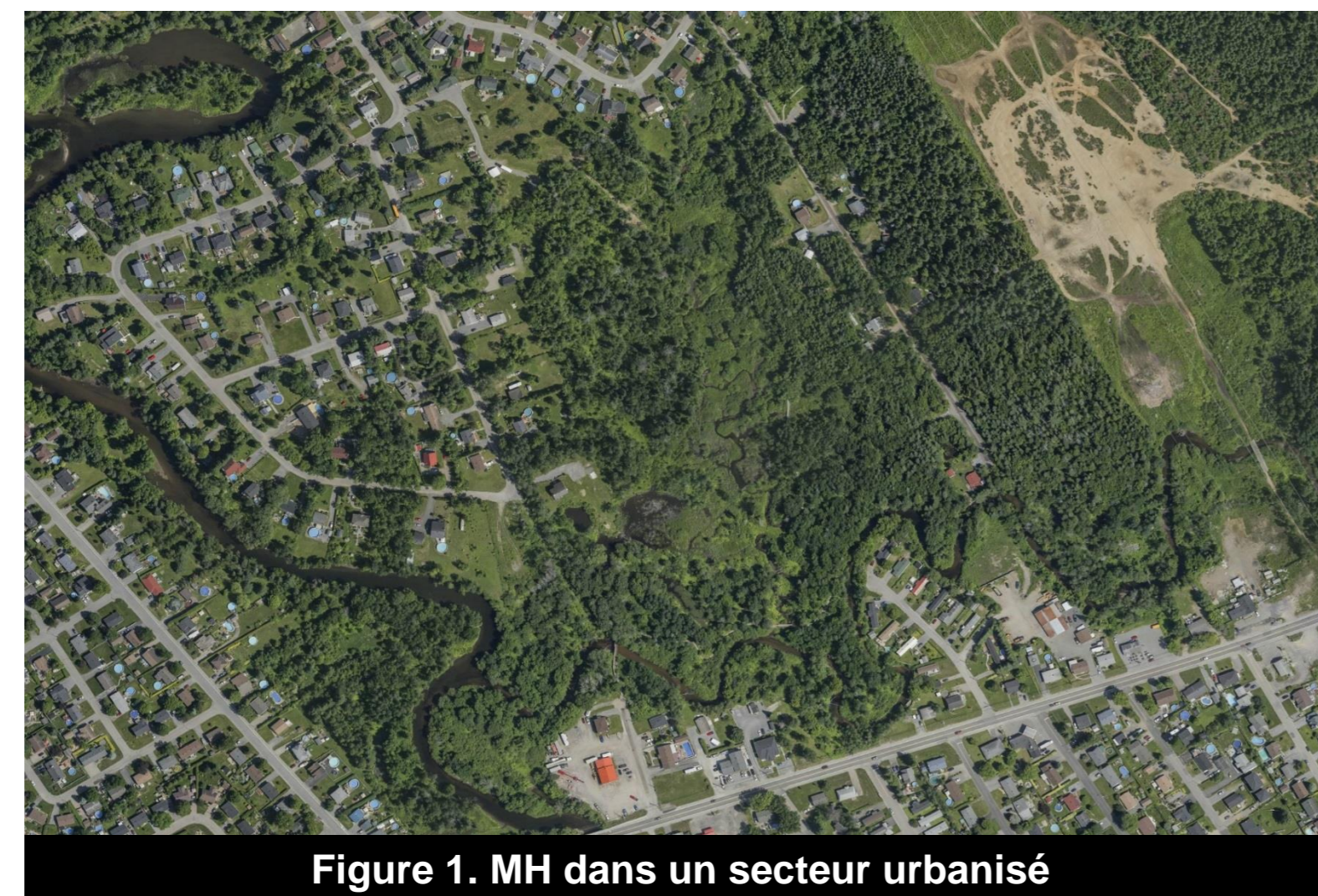


Figure 1. MH dans un secteur urbanisé

## Objectifs

- Documenter l'évolution des superficies de MH des 40 dernières années
  - Développer une méthode permettant de retracer la présence historique des MH
  - Générer des scénarios d'occupation du sol compatibles avec la modélisation hydrologique
- Évaluer l'impact des MH sur le régime d'écoulement d'un BV dans un contexte évolutif (i.e. multi-temporel) d'occupation du sol

## Méthode

### Aire d'étude

Le BV la rivière Saint-Charles, à Québec, draine un territoire de 554 km<sup>2</sup>. Une prise d'eau potable, située à 6 km en aval du lac Saint-Charles, alimente près de 300 000 citoyens de la Ville de Québec<sup>2</sup>. Les MH occupent 6% du territoire et sont composés en majorité de marécages (3%) et de tourbières boisées (2%)<sup>3</sup>.

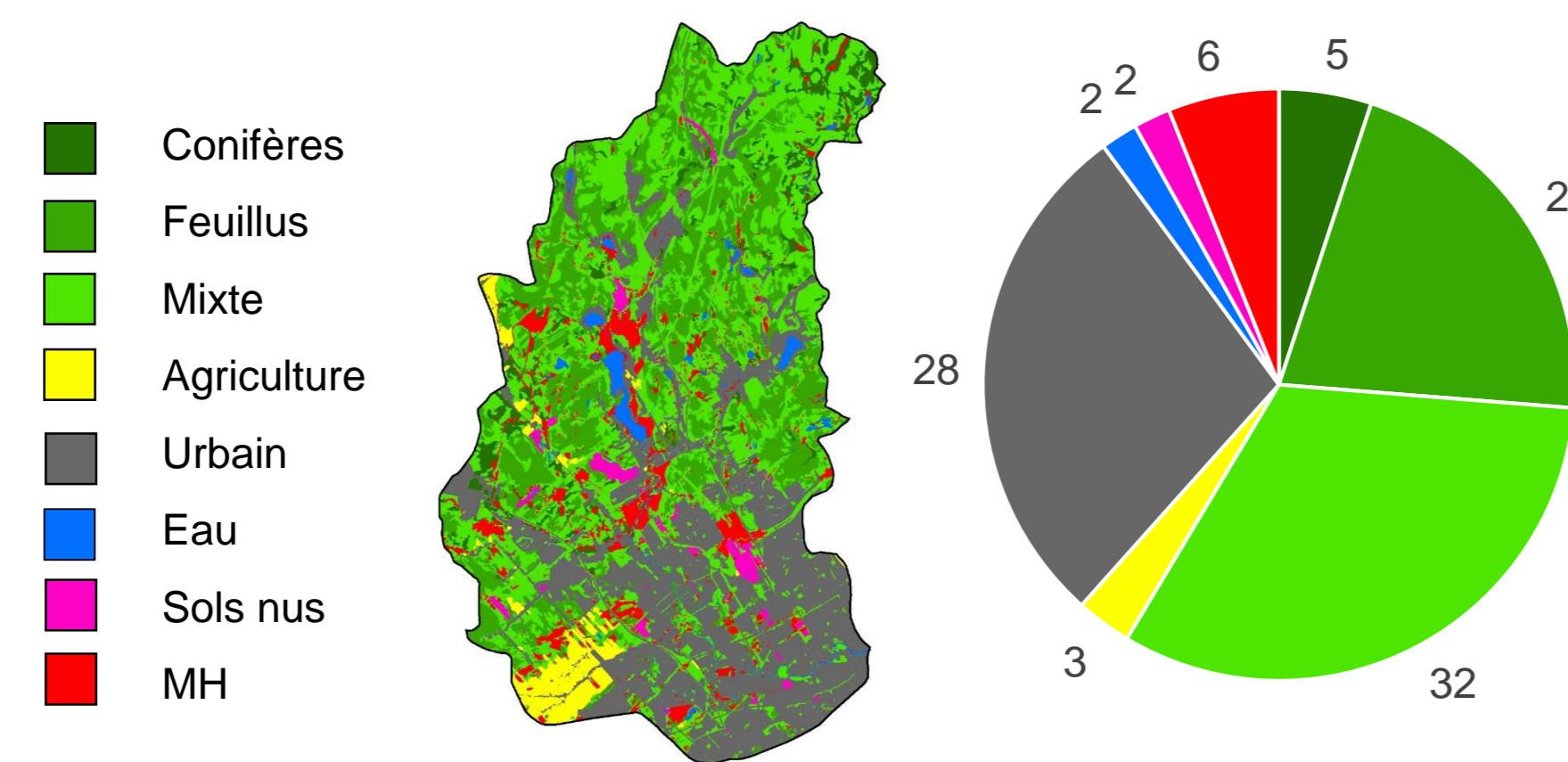


Figure 2. Carte de référence 2014 et pourcentages d'occupation du sol associés à chacune des classes

### Données cartographiques secondaires

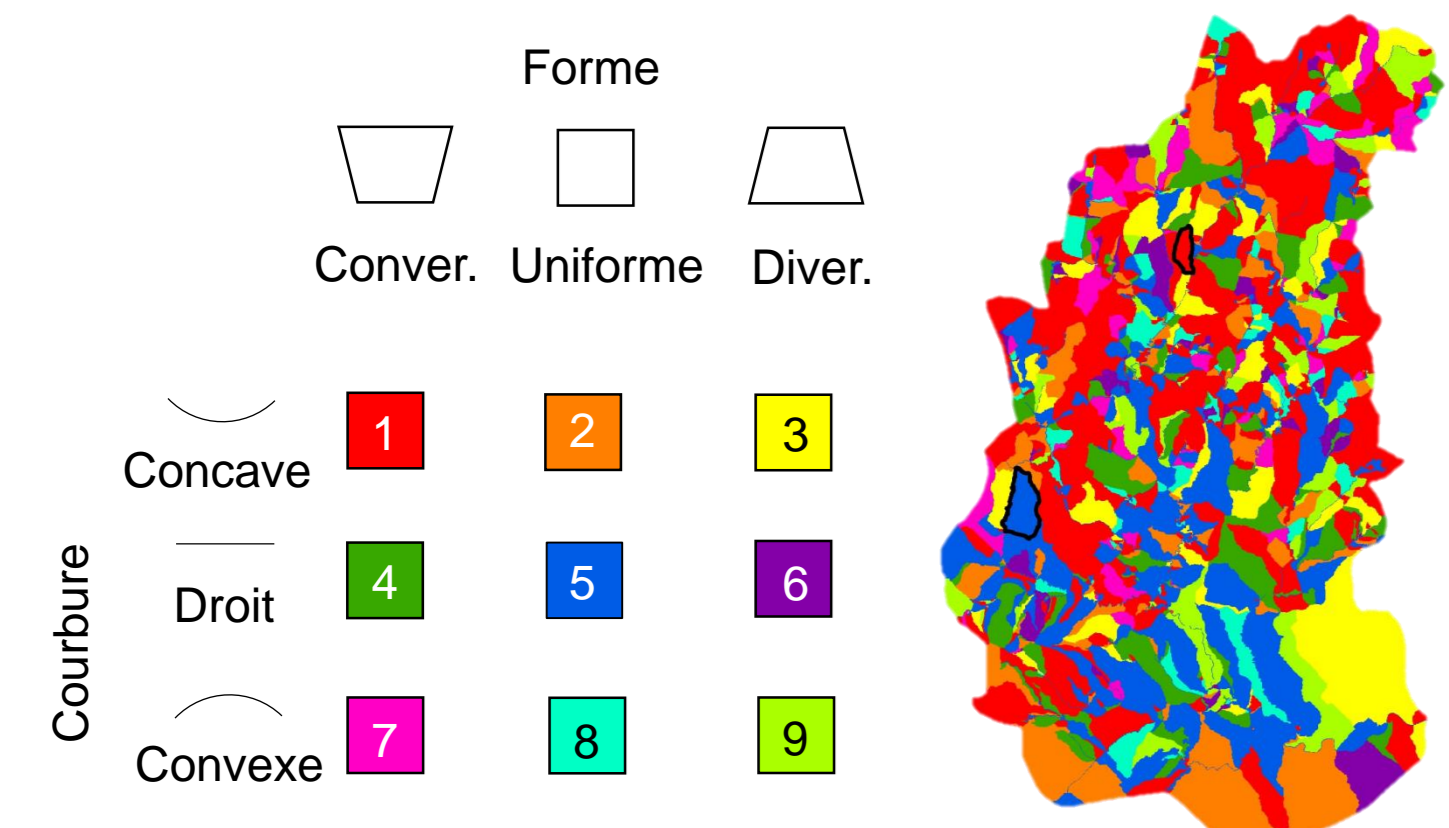


Figure 3. Formes de Dikau<sup>4</sup> (1517 versants)

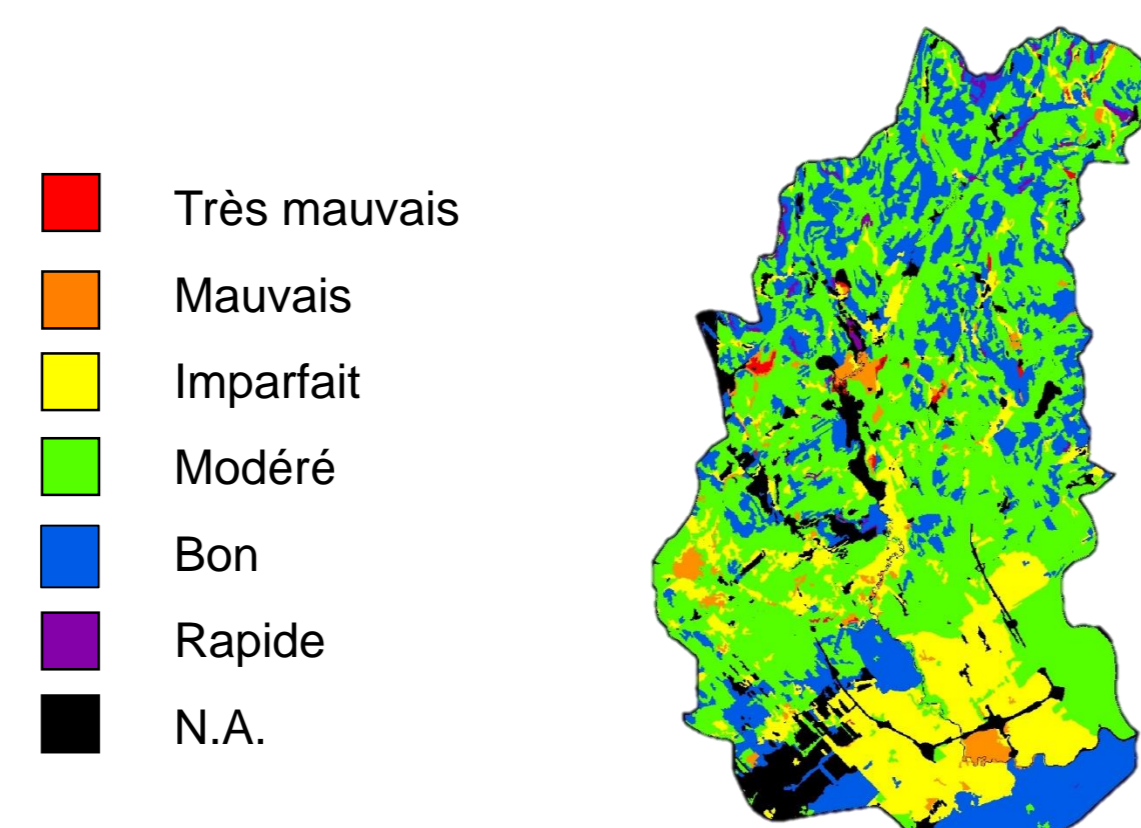
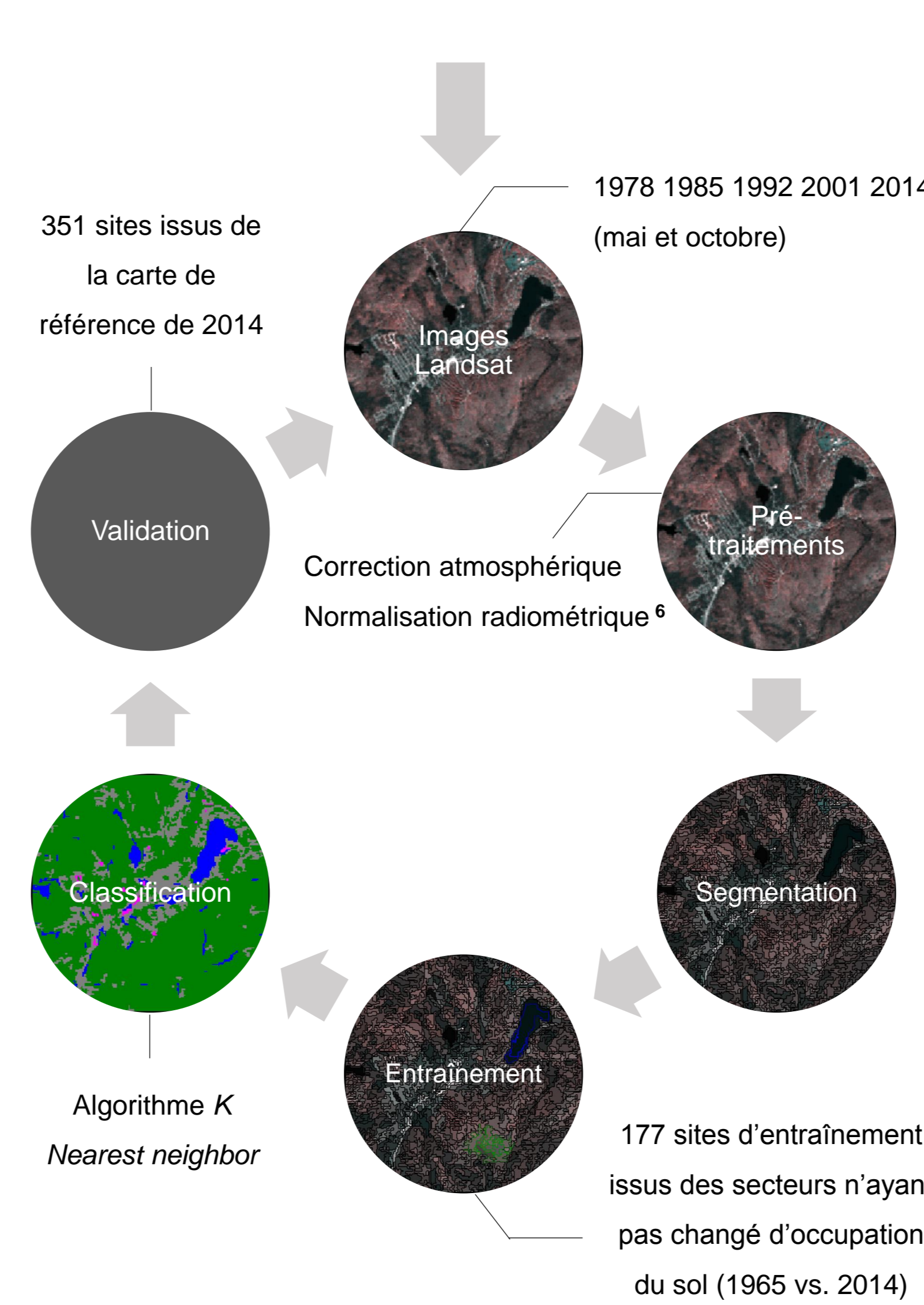


Figure 4. Classes de drainage<sup>5</sup>

## Production de scénarios d'occupation du sol historiques (1975-2015)



## Modélisation hydrologique (PHYSITEL/HYDROTEL)

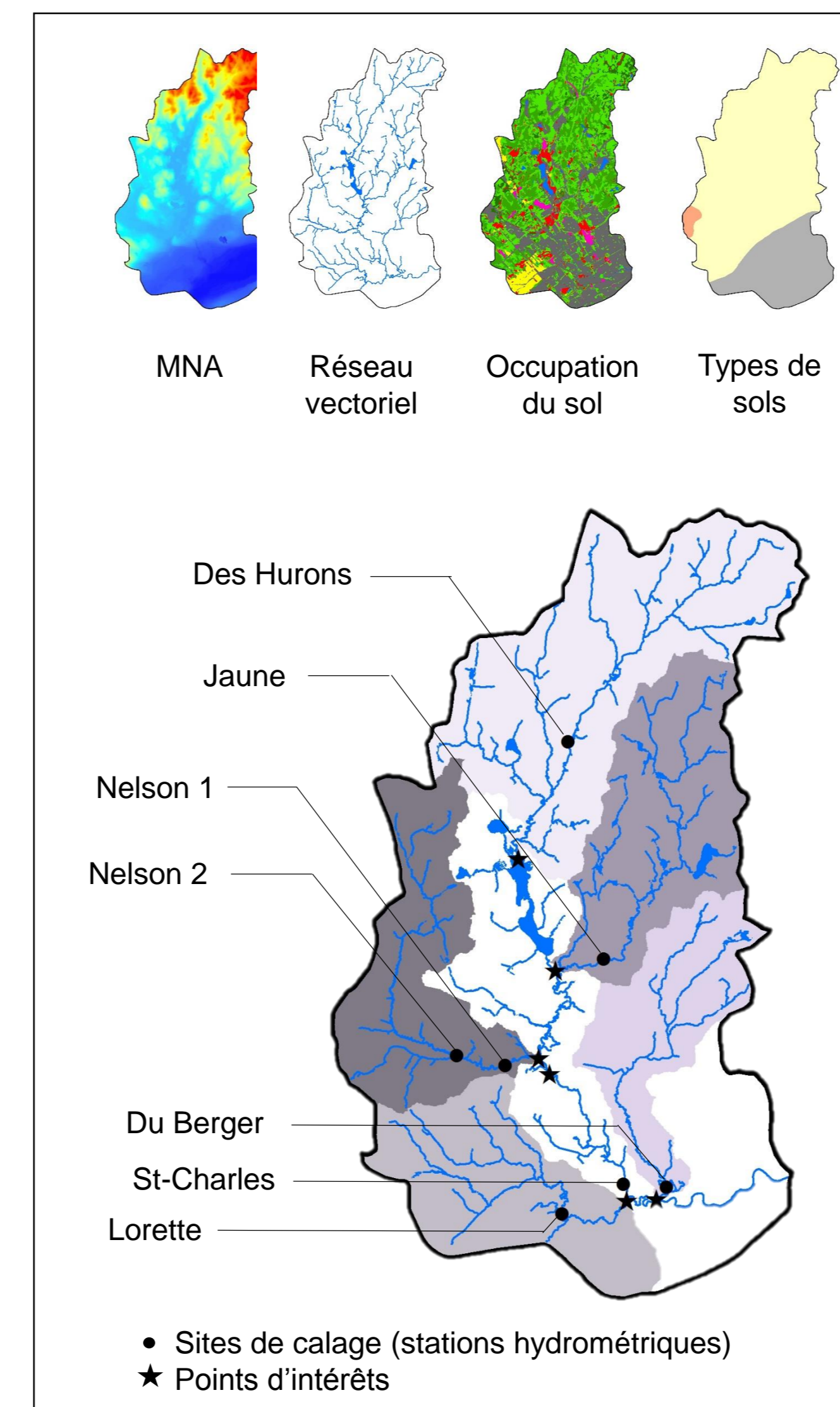


Figure 5. Données d'entrée et carte de modélisation

## Résultats

### 1. Formes de Dikau

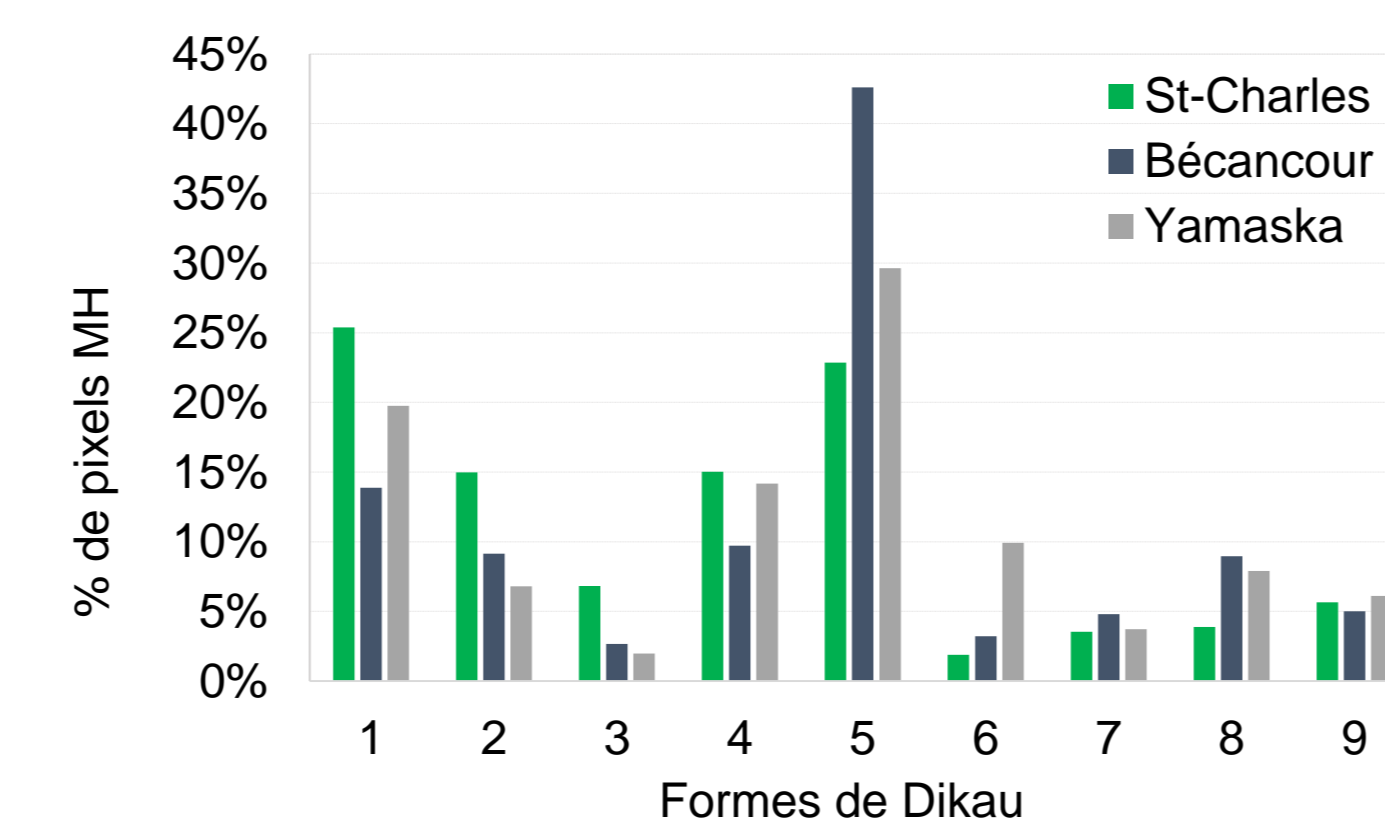


Figure 6. Formes de Dikau associées aux MH dans trois BV du Québec méridional

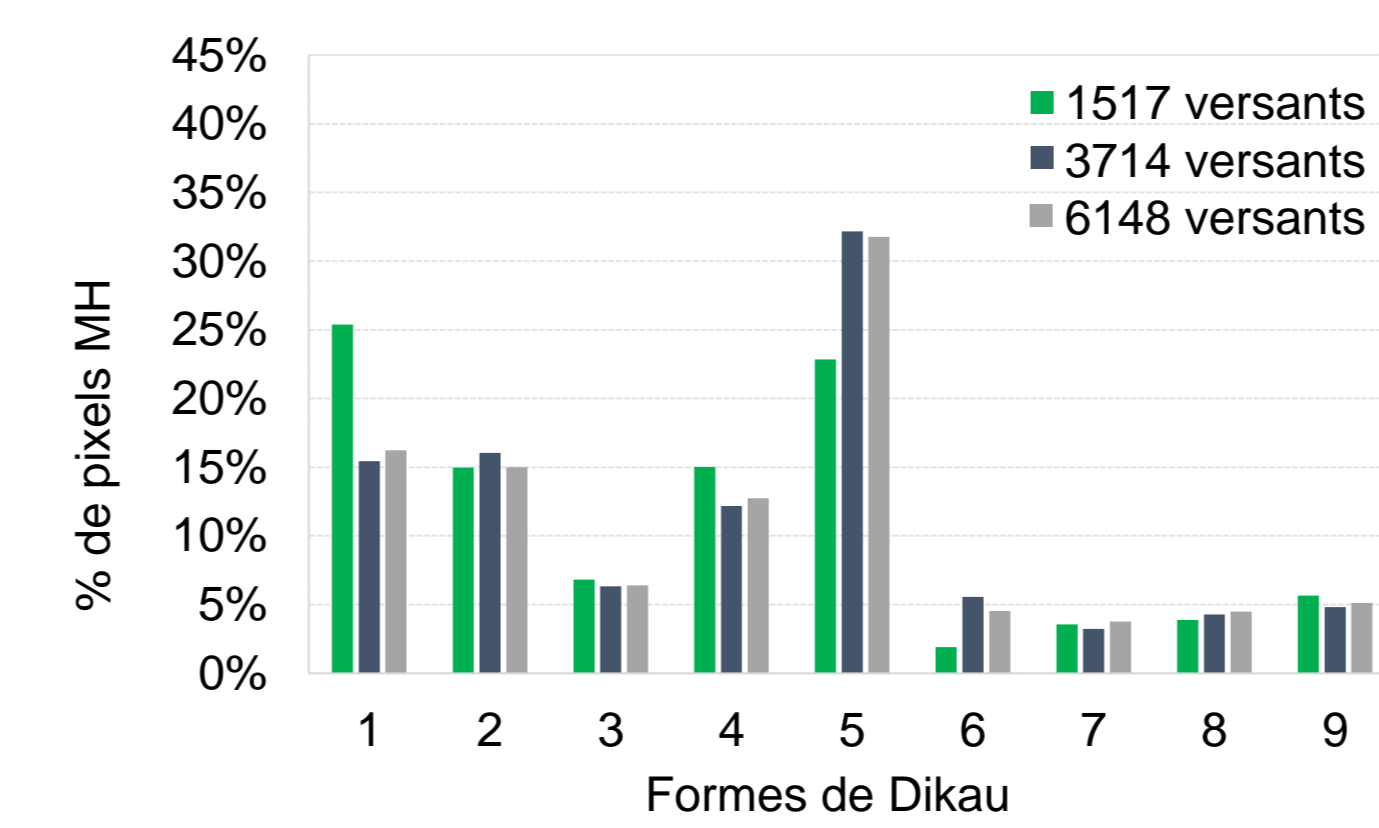


Figure 7. Formes de Dikau associées aux MH selon trois découpages du BV (St-Charles)

### 2. Classes de drainage

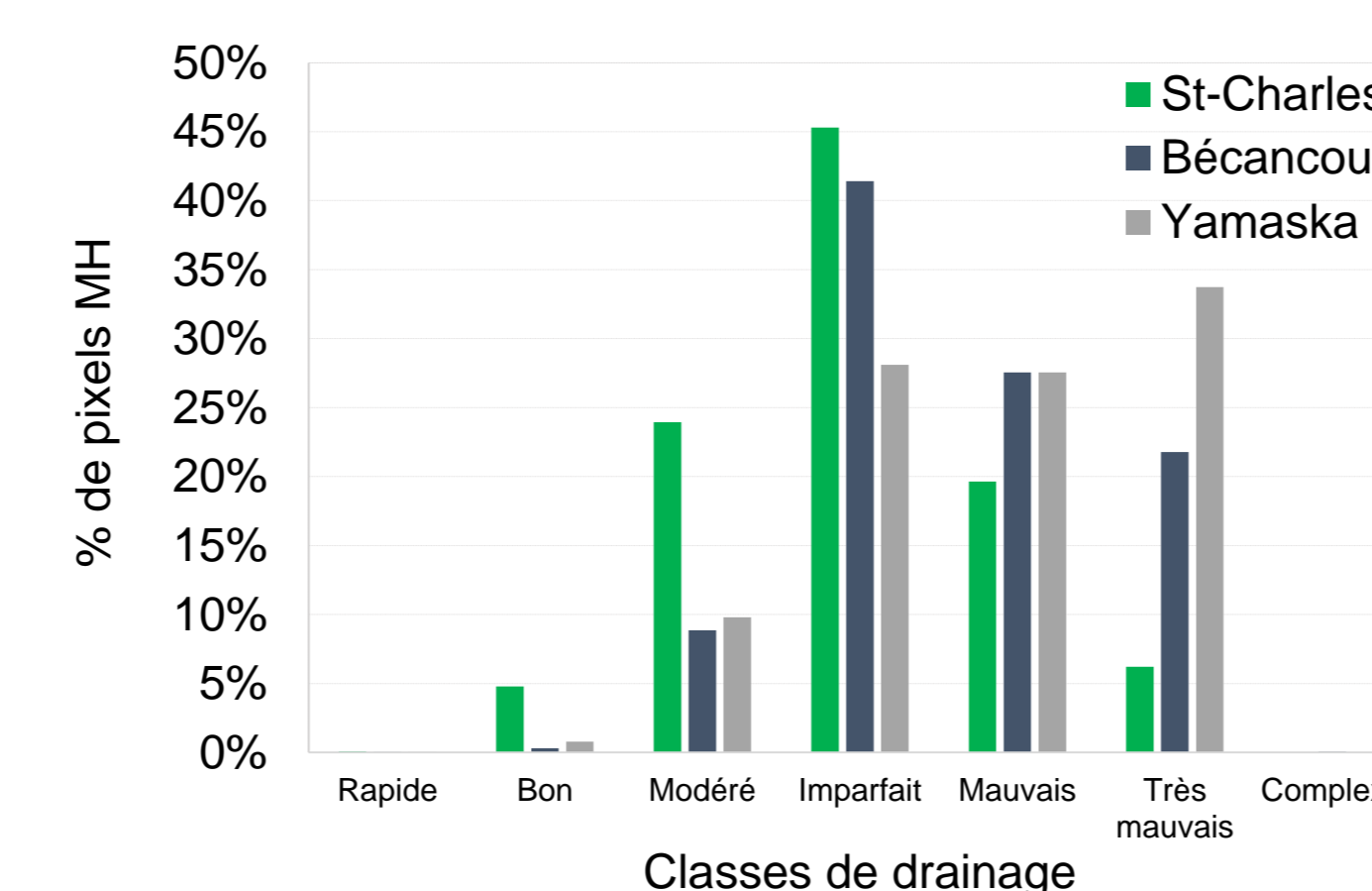


Figure 8. Classes de drainage associées aux MH dans 3 BV du Québec méridional

### 3. Superficies drainées

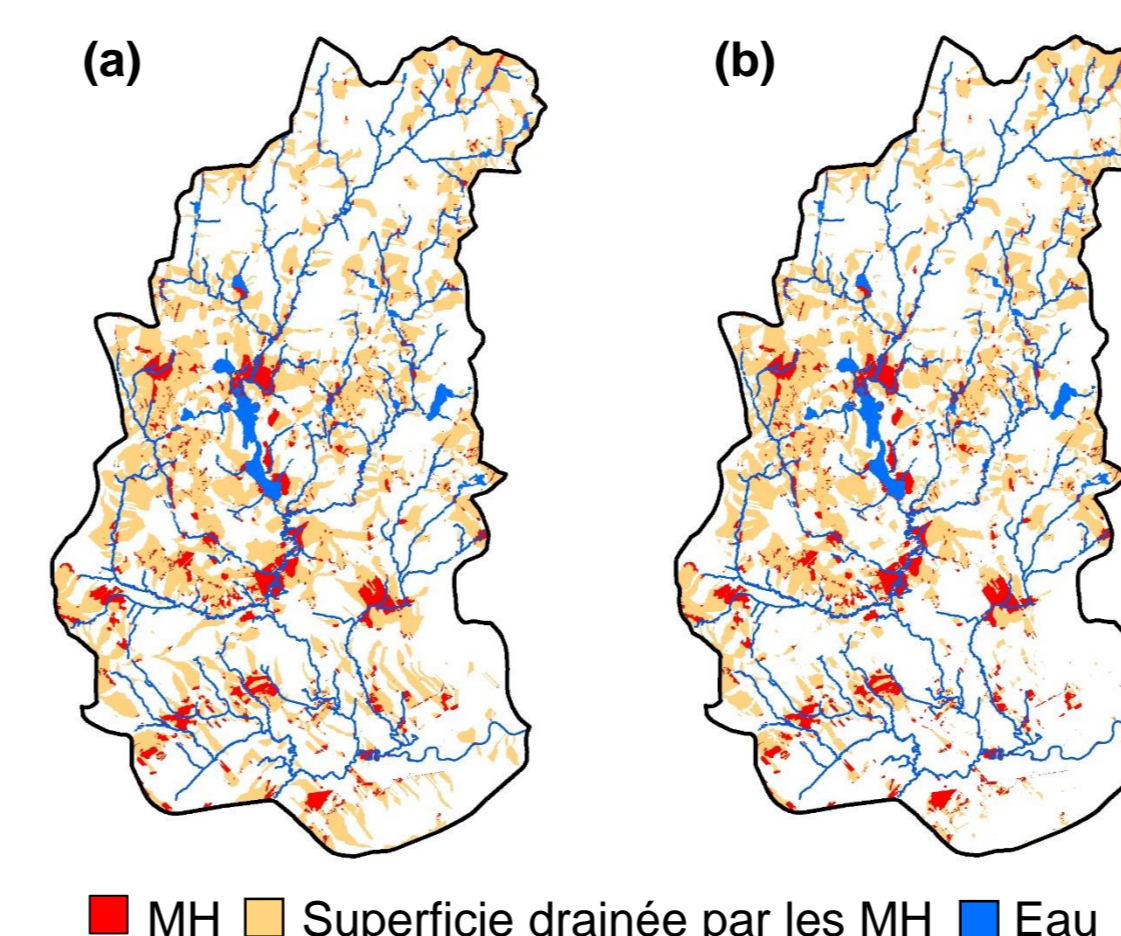


Figure 9. Superficies drainées par les MH (a) incluant le milieu urbain (27%) et (b) excluant le milieu urbain (22%)

## 4. Scénarios d'occupation du sol

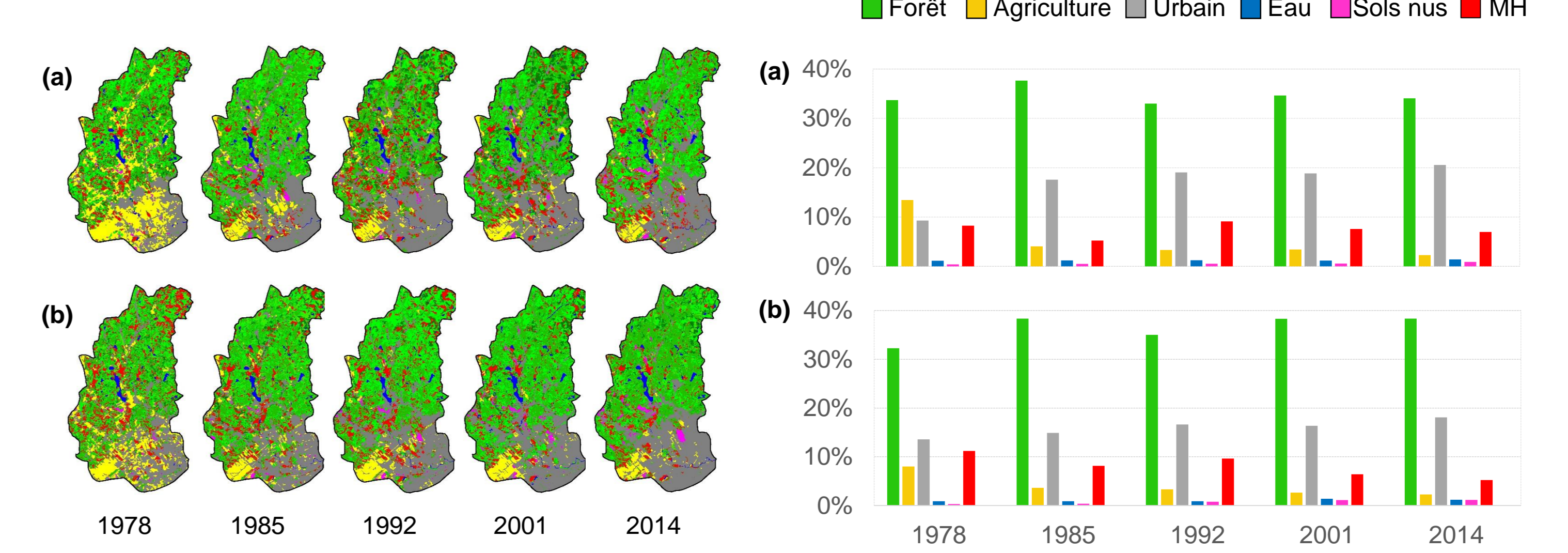


Figure 10. Scénarios générés à partir des images Landsat de (a) mai et (b) octobre

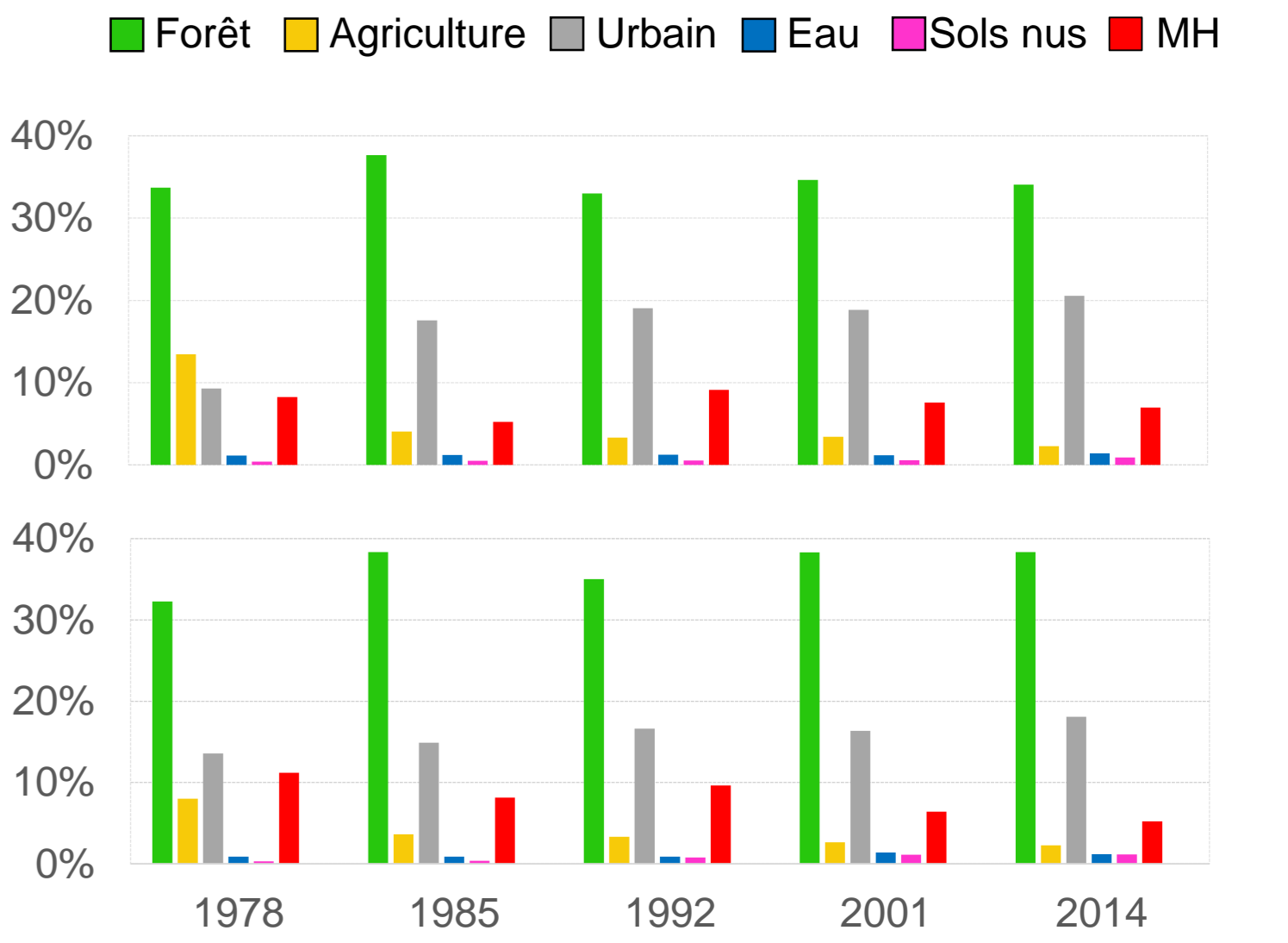


Figure 11. Évolution de l'occupation du sol tirée des scénarios de (a) mai et (b) octobre

Tableau 1. Évaluation de la précision des scénarios de l'année 2014 en comparaison avec la carte de référence 2014.

Période	Ensemble des classes		MH / Autre		Erreur d'omission		Erreur de commission	
	Précision globale (%)	Kappa	Précision globale (%)	Kappa	MH (%)	Autre (%)	MH (%)	Autre (%)
Mai	79,7	0,697	86,7	0,504	46,7	6,2	36,0	9,4
Octobre	79,5	0,683	86,6	0,491	48,3	6,2	36,7	9,6

## 5. Impact des MH par sous BV sur les crues et les étiages

Tableau 2. Résultats et performance du calage aux stations hydrométriques (voir Fig. 5)

Station	Période	NSE	P-Biais (%)	Performance <sup>7</sup>
St-Charles	1969-2016	0,71	2,27	Très bon
Des Hurons	2007-2016	0,66	-11,68	Bon
Nelson 2	2006-2016	0,69	3,84	Bon
Lorette	2006-2009	0,63	4,97	Bon
Nelson 1	1983-1994	0,62	12,42	Bon
Jaune	1983-1994	0,62	-2,82	Bon
Du Berger	1983-1995	0,44	6,87	Faible

Tableau 3. Impact des MH sur les débits de crues et d'étiages aux points d'intérêts (voir Fig. 5)

Bassin amont	Crues			Étiages		
	Q 2 (%)	Q 20 (%)	Q 100 (%)	Q 2-7 (%)	Q 10-7 (%)	Q 5-30 (%)
Rivières						
St-Charles (Prise d'eau)	-13,1	-11,3	-12,8	15,6	18,7	10,2
Des Hurons	-18,4	-2,2	-9,8	18,2	19,1	17,6
Nelson	-33,3	-27,8	-24,5	24,9	50,2	46,6
Lorette	-16,4	-21,3	-18,4	20,9	12,2	17,5
Jaune	-14,7	-13,1	-11,0	8,7	17,9	13,2
Du Berger	-32,7	-34,2	-34,3	36,7	78,0	61,7

## Conclusion et travaux en cours

- L'intégration d'information cartographique secondaire dans la méthode de classification d'images telles que la forme des versants ainsi que les classes de drainage a permis de mieux cibler les MH.
- Les scénarios montrent que les superficies de MH ont connu une légère diminution au cours des 40 dernières années, alors qu'une part importante des superficies agricoles ont été converties en milieu urbain.
- À la prise d'eau du BV de la Saint-Charles, les MH permettent d'atténuer les débits de crues de 11% à 13% et d'augmenter les débits d'étiage de 10% à 19%.

## Travaux en cours

- Étudier l'évolution de l'occupation du sol à l'échelle de chacun des sous-BV ainsi qu'à l'échelle de l'aire drainée par les MH.
- Intégrer les scénarios d'occupation du sol dans PHYSITEL/HYDROTEL afin d'évaluer l'impact de la dynamique d'occupation du sol sur le régime d'écoulement du BV.

## Références

[1] Fossey M & Rousseau AN (2016) Can isolated and riparian wetlands mitigate the impact of climate change on watershed hydrology? A case study approach. *Journal of Environmental Management* 184(Pt 2):327-339.  
 [2] APEL (2015) Introduction aux enjeux de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles.  
 [3] Beaulieu J, Dulude P, Falardeau I, Murray S & Villeneuve C (2014) *Cartographie détaillée des milieux humides du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec (mise à jour 2013)*. 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.  
 [4] Noël P, Rousseau AN, Paniconi C & Nadeau DF (2014) Algorithm for Delineating and Extracting Hillslopes and Hillslope Width Functions from Gridded Elevation Data. *Journal of Hydrologic Engineering* 19(2):366-374.  
 [5] Ministère des Ressources naturelles et Faune. Division des inventaires forestiers. 1:20 000, Système d'information écoforestière (SIEF), 4e programme d'inventaire forestier, Québec.  
 [6] Radke RJ, Andra S, Al-Kofahi O & Roysam B (2005) Image Change Detection Algorithms: A Systematic Survey. *IEEE Transactions in Image Processing* 14(3):14.  
 [7] Moriasi DN, Arnold JG, Van Liew MW, Bingner RL, Harmel RD & Veith TL (2007) Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans. ASABE* 50(3):885-900.