

# Intégration du modèle HBV-EC dans l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional

---

Louise Arnal<sup>1</sup>, Richard Arsenault<sup>2</sup>, Louis-Philippe Caron<sup>1</sup>, Edouard Mailhot<sup>3</sup>, Jean-Luc Martel<sup>2</sup>, Jasmine Pelletier-Dumont<sup>3</sup>, Gabriel Rondeau-Genesse<sup>1</sup> & Richard Turcotte<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ouranos

<sup>2</sup>École de Technologie Supérieure (ÉTS)

<sup>3</sup>Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)

# Atlas hydroclimatique du Québec méridional

---

La mission du ministère de l'Environnement du Québec (MELCCFP) est de contribuer au développement durable du Québec au bénéfice de tous les citoyens, incluant la **mise en place de pratiques de gestion de l'eau résilientes aux CC**.

À cette fin, le MELCCFP (avec de nombreux collaborateurs, dont Ouranos et l'ÉTS) a produit l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional : un **outil cartographique présentant le régime hydrique des rivières du sud du Québec** dans les climats actuels et futurs, afin d'aider les décideurs à anticiper l'impact des CC sur les débits des rivières.



**2018** : Mise en ligne de la 1<sup>ère</sup> version opérationnelle de l'Atlas hydroclimatique

~2 000 tronçons fluviaux

**2022** : Nouvelle version de l'Atlas hydroclimatique

~10 000 tronçons de rivière

2 nouveaux outils pour la consultation des débits historiques

**2027+** : INPACT (2023-2025) soutient la génération de la prochaine version de l'Atlas hydroclimatique via des travaux sur :

la robustesse de l'information

l'automatisation des processus

**l'intégration de nouveaux modèles hydrologiques**

- [À propos](#)
- [Domaine hydrique de l'État \[↗\]\(#\)](#)
- [Niveau d'eau et débit](#)
- [Prévisions hydrologiques](#)
- [Lois et règlements \[>\]\(#\)](#)
- [Répertoire des barrages](#)
- [Sécurité des barrages](#)
- [Zones inondables \[>\]\(#\)](#)
- [Glossaire](#)

## Atlas hydroclimatique du Québec méridional

L'Atlas hydroclimatique est un outil cartographique présentant le régime hydrique des rivières du Québec méridional, en climat actuel et futur.

De manière générale, les cours d'eau du Québec méridional seront sujets à des redoux hivernaux plus fréquents, à une hausse des précipitations sous forme de pluie en hiver et au printemps, ainsi qu'à des épisodes de pluies extrêmes plus intenses en été et en automne. Ces changements seront variables selon les saisons et les régions.

En prévoyant l'impact des changements climatiques sur les débits des rivières, l'Atlas hydroclimatique permet de soutenir la mise en œuvre de pratiques de gestion de l'eau résilientes aux changements climatiques. Il comporte trois outils :

### Stations hydrométriques



Carte des stations hydrométriques (débit et niveau), avec les informations sur les stations et les liens vers

### Portrait



Séries temporelles de débit journalier pour la période 1970-2022, pour près de 10 000 tronçons de rivières couverts

### Indicateurs



Indicateurs hydrologiques (crue, étiage, etc.) pour la période historique et estimés pour le climat futur avec



## Indicateurs

2011 - 2040

2041 - 2070

2071 - 2100

Crues annuelles

**Q1MAX2AN**

Q1MAX5AN

Q1MAX10AN

Q1MAX20AN

Q1MAX100AN

Q1MAX350AN

Q14MAX2AN

Q14MAX5AN

Q14MAX10AN

Q14MAX20AN

Q14MAX100AN

Q14MAX350AN

Crues printanières

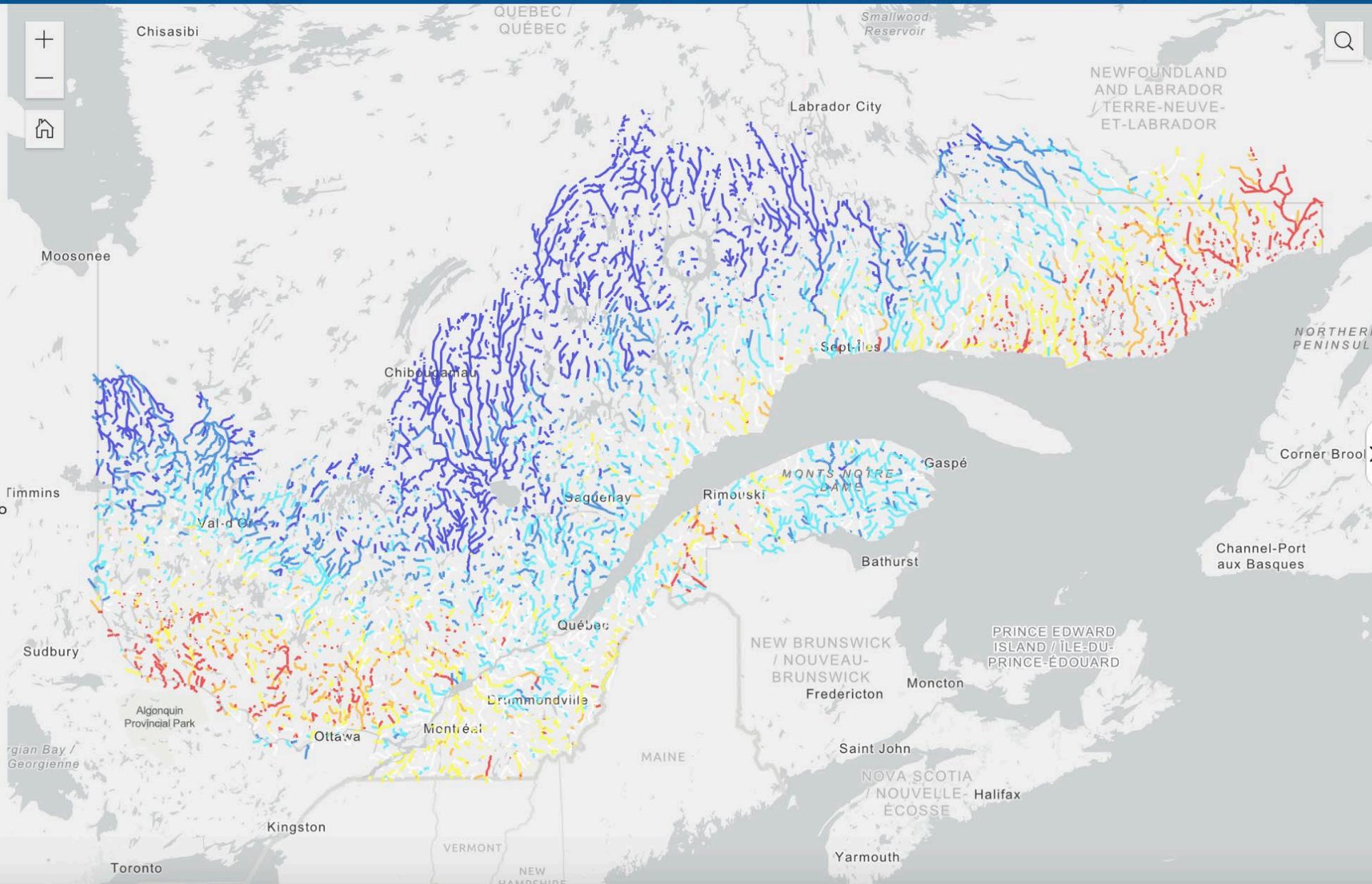
Crues estivales et auto

Étiages annuels

Étiages estivaux

Étiages hivernaux

Hydraulicité

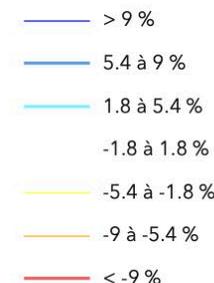


### Q1MAX2AN

Débit journalier maximal  
annuel de récurrence de 2 ans

#### Légende

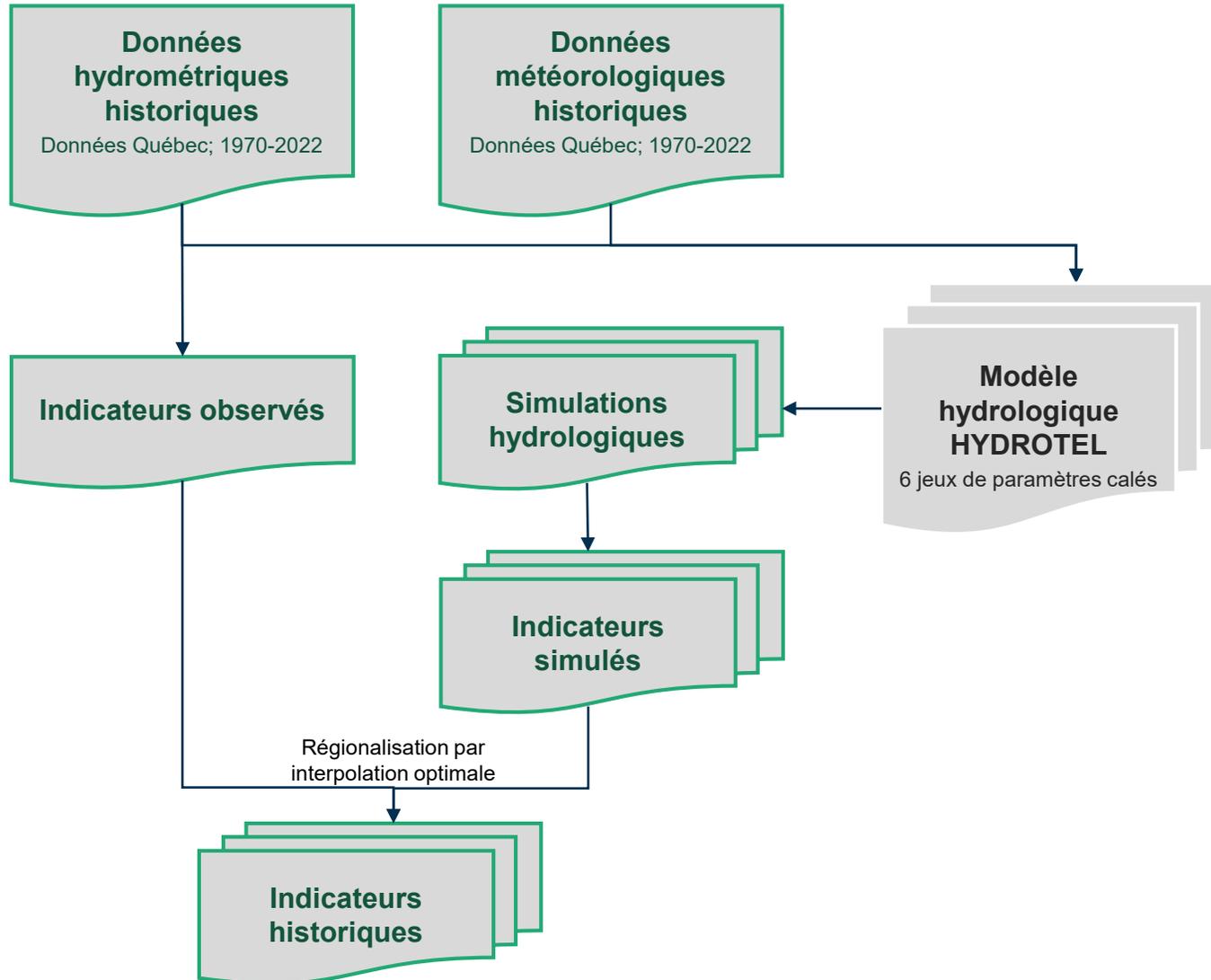
##### Ampleur - RCP 8.5



#### Liste de couches

- Direction - RCP 4.5
- Direction - RCP 8.5
- Ampleur - RCP 4.5
- Ampleur - RCP 8.5
- Dispersion - RCP 4.5
- Dispersion - RCP 8.5

# Simulations historiques

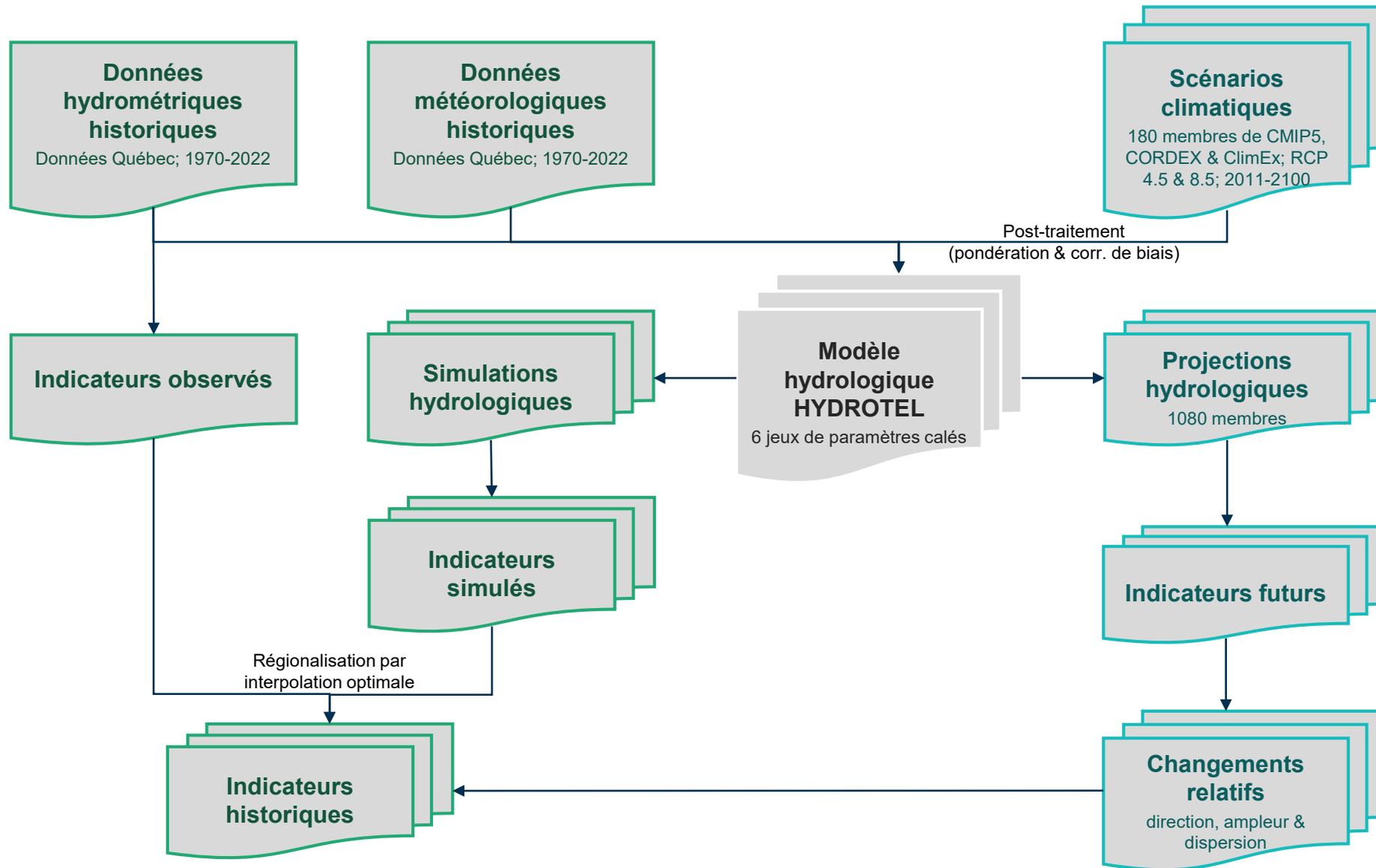


Guide de l'Atlas hydroclimatique



## Simulations historiques

## Projections futures



Guide de l'Atlas hydroclimatique



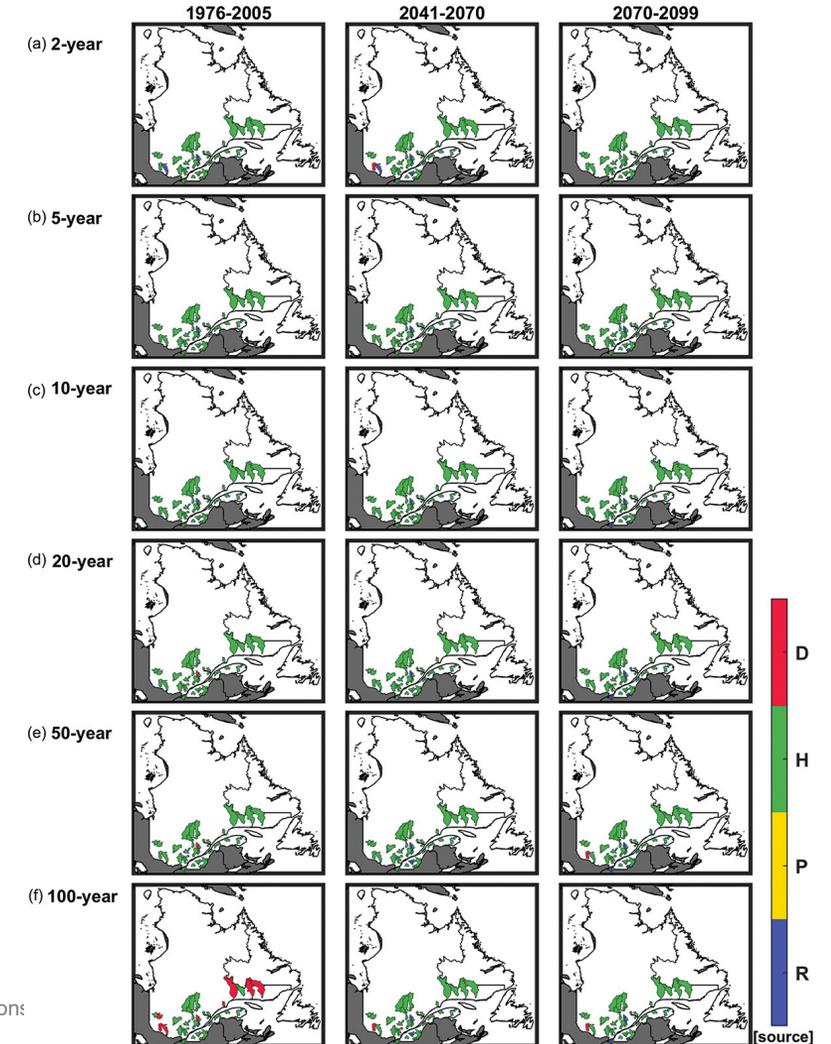
# Vers des projections hydroclimatiques plus robustes

Les scénarios de l'Atlas hydroclimatique sont basés sur des simulations produites par **un seul modèle hydrologique**, HYDROTEL, avec 6 jeux de paramètres.

Plusieurs études ont montré l'intérêt d'utiliser un **ensemble de modèles** pour saisir la gamme possible de projections hydroclimatiques et fournir un **signal robuste**, en particulier dans les bassins dominés par la neige<sup>1</sup>.

Dans le cadre du projet **INPACT**, nous ajoutons d'autres modèles hydrologiques dans la construction de l'Atlas hydroclimatique afin d'aller plus loin dans l'approche ensembliste :

- Plateforme de modélisation hydrologique **Raven**<sup>2</sup> (modèle HBV-EC).
- Modèles **LSTMs**<sup>3</sup>.



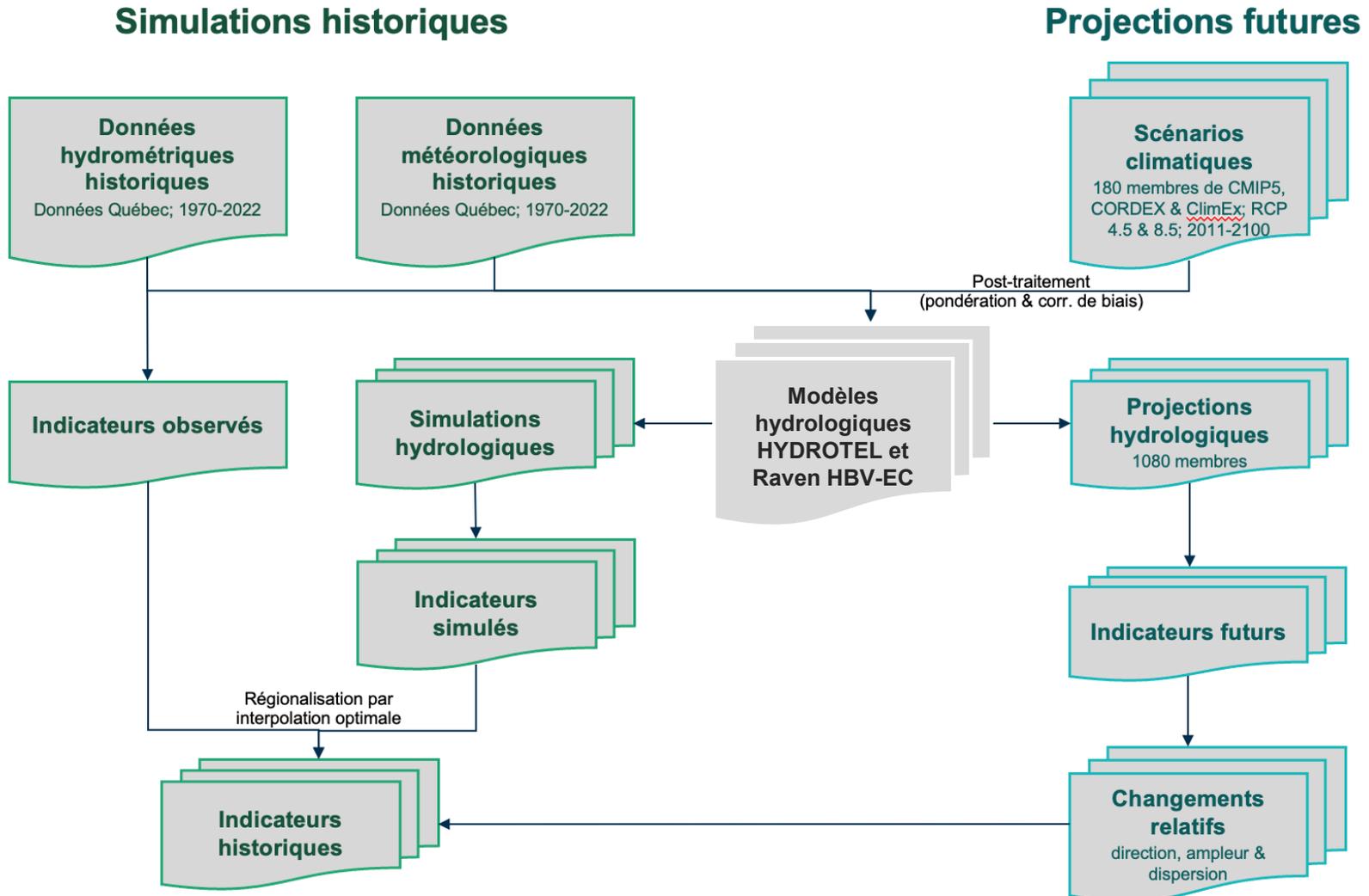
Source: <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Castaneda-Gonzalez, M., Poulin, A., Romero-Lopez, R., Turcotte, R. & Chaumont, D. (2022). Uncertainty sources in flood projections over contrasting hydrometeorological regimes. Hydrological Sciences Journal.

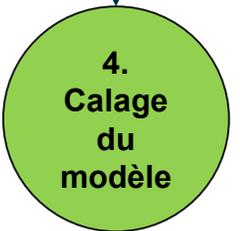
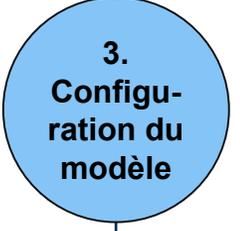
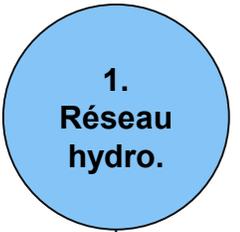
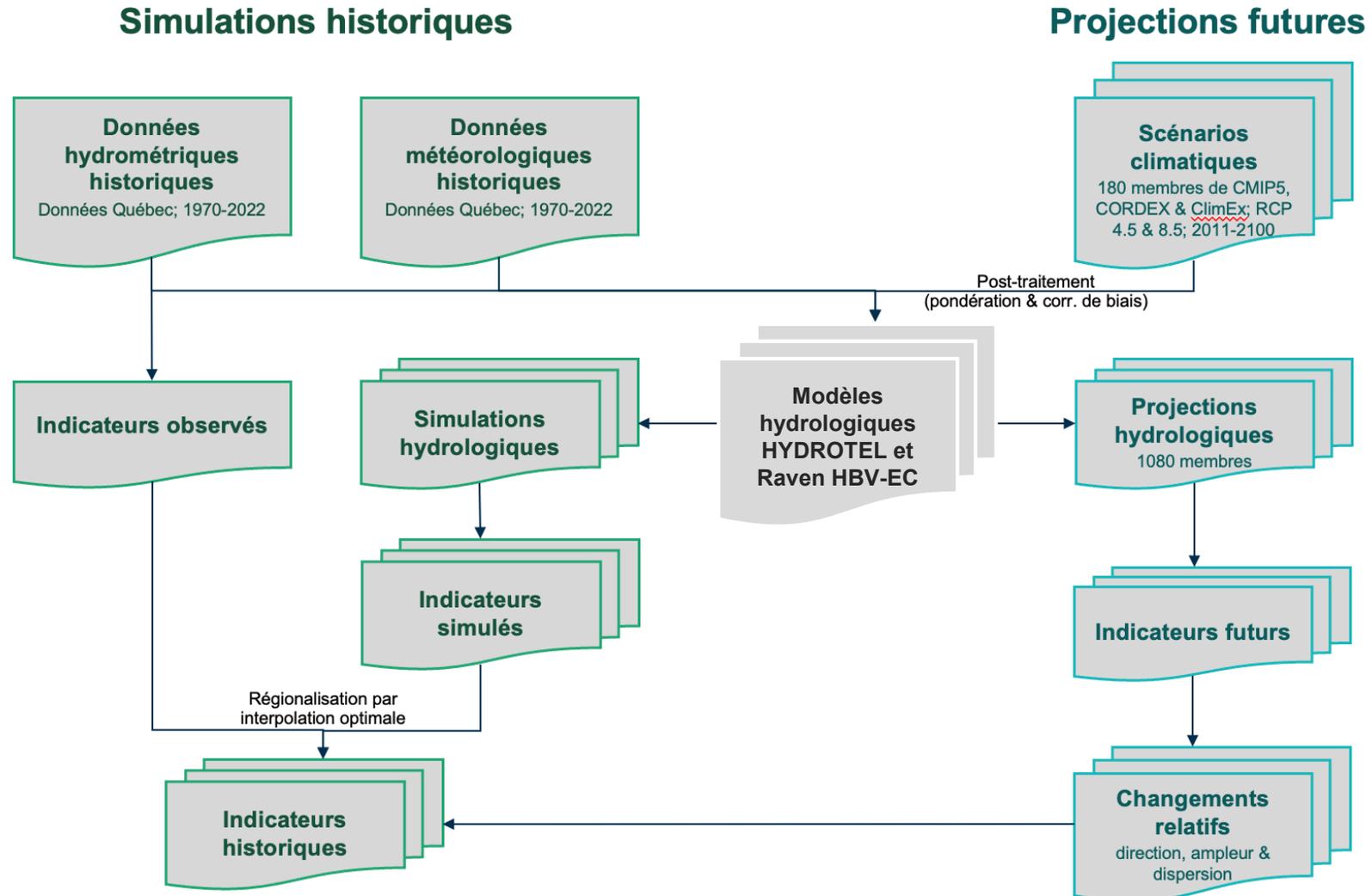
<sup>2</sup>Raven: <https://raven.uwaterloo.ca>; <https://ravenpy.readthedocs.io>

<sup>3</sup>Martel, J.-L., Brissette, F., Arsenault, R., Turcotte, R., Castañeda-Gonzalez, M., Armstrong, W., Mailhot, E., Pelletier-Dumont, J., Rondeau-Genesse, G. & Caron, L.-P. Assessing the adequacy of traditional hydrological models for climate change impact studies: A case for long-short-term memory (LSTM) neural networks. EGU sphere [preprint].

# Intégration de Raven dans l'Atlas hydroclimatique 2027



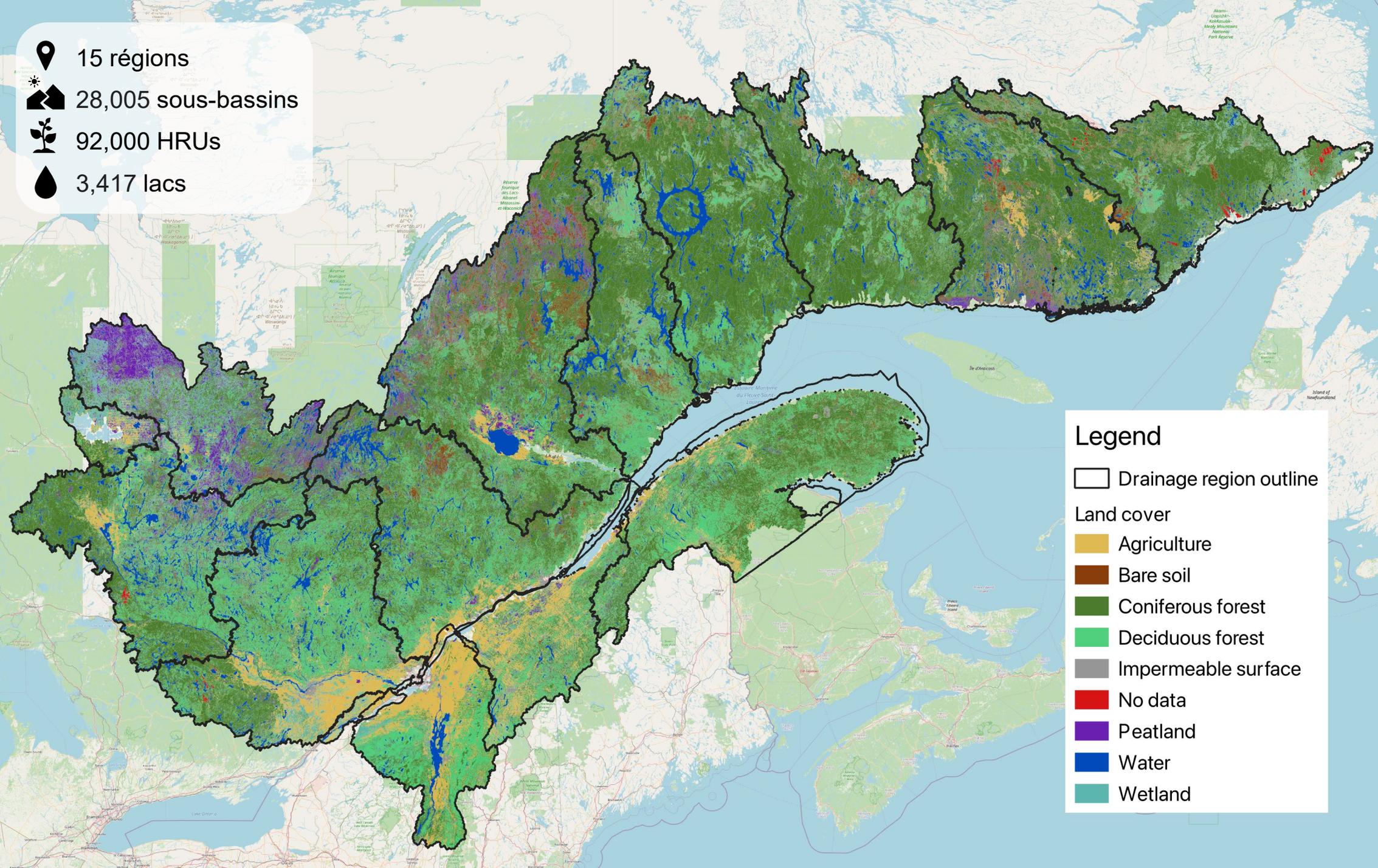
# Intégration de Raven dans l'Atlas hydroclimatique 2027



Institution responsable

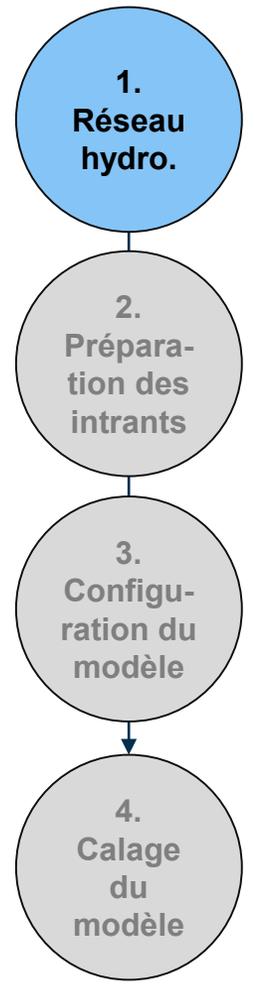


-  15 régions
-  28,005 sous-bassins
-  92,000 HRUs
-  3,417 lacs



**Legend**

-  Drainage region outline
- Land cover**
-  Agriculture
-  Bare soil
-  Coniferous forest
-  Deciduous forest
-  Impermeable surface
-  No data
-  Peatland
-  Water
-  Wetland



- Institution responsable**
-  Ouranos
  -  ETS
  -  MELCCFP

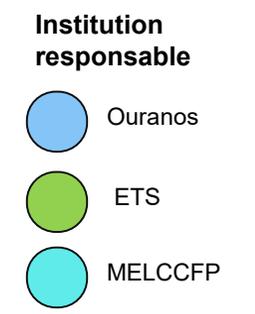
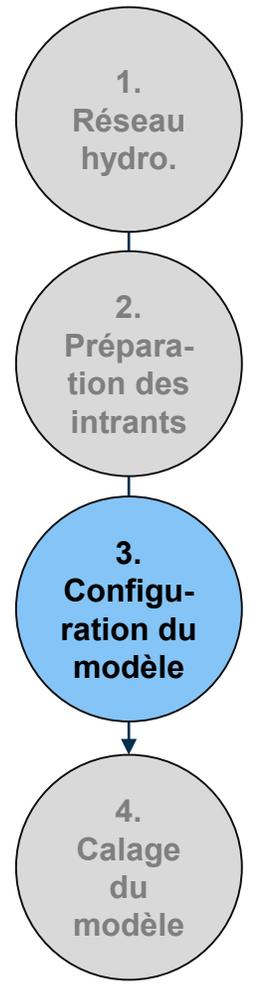
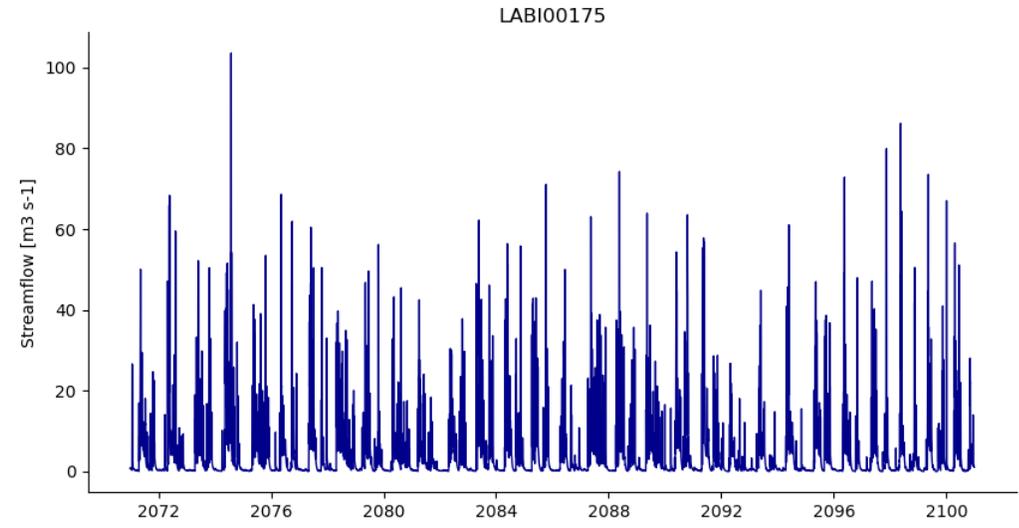
```

209
210 ##### Configure the model
211
212 # Create an instance of class to run the RavenPy HBVEC Atlas configuration for the region of interest
213 RavenPy_HBVEC_Atlas_local_test = RavenPy_HBVEC_Atlas(
214     # Model mode
215     mode=simulation_mode,
216
217     # Run name and working directory
218     run_name=run_name,
219     workdir=raven_config_dir,
220
221     # Simulation start and end dates
222     start_date=start_date,
223     end_date=end_date,
224
225     # Model parameterization
226     parameters=model_parameters,
227     global_parameters={'AVG_ANNUAL_RUNOFF':avg_annual_runoff[subregion_ID]},
228     minimum_lake_area=minimum_lake_area,
229
230     # Input basins and HRUs
231     hru_file=hru_shp,
232
233     # Observed streamflow for calibration
234     qobs_file=qobs_region_nc,
235     alt_name_flow=flow_variable_name,
236
237     # Meteorological inputs
238     meteo_file=meteo_region_nc,
239     data_type=meteo_variables,
240     alt_names_meteo=meteo_variables_names,
241     meteo_station_properties=None,
242
243     # Initial hydrological conditions
244     initial_lake_storage=initial_lake_storage,
245     uniform_initial_conditions=soil_initial_conditions,
246
247     # Process configuration
248     rain_snow_fraction=rain_snow_fraction_algorithm,
249     evaporation=evaporation_algorithm,
250     ow_evaporation=ow_evaporation_algorithm,
251     potential_melt_method=potential_melt_algorithm,
252     snow_balance=snow_balance_algorithm,
253 )
254
255 # Create the model configuration .rvx files
256 RavenPy_HBVEC_Atlas_local_test.create_model_config()
257

```



<https://github.com/CSHS-CWRA/RavenPy>

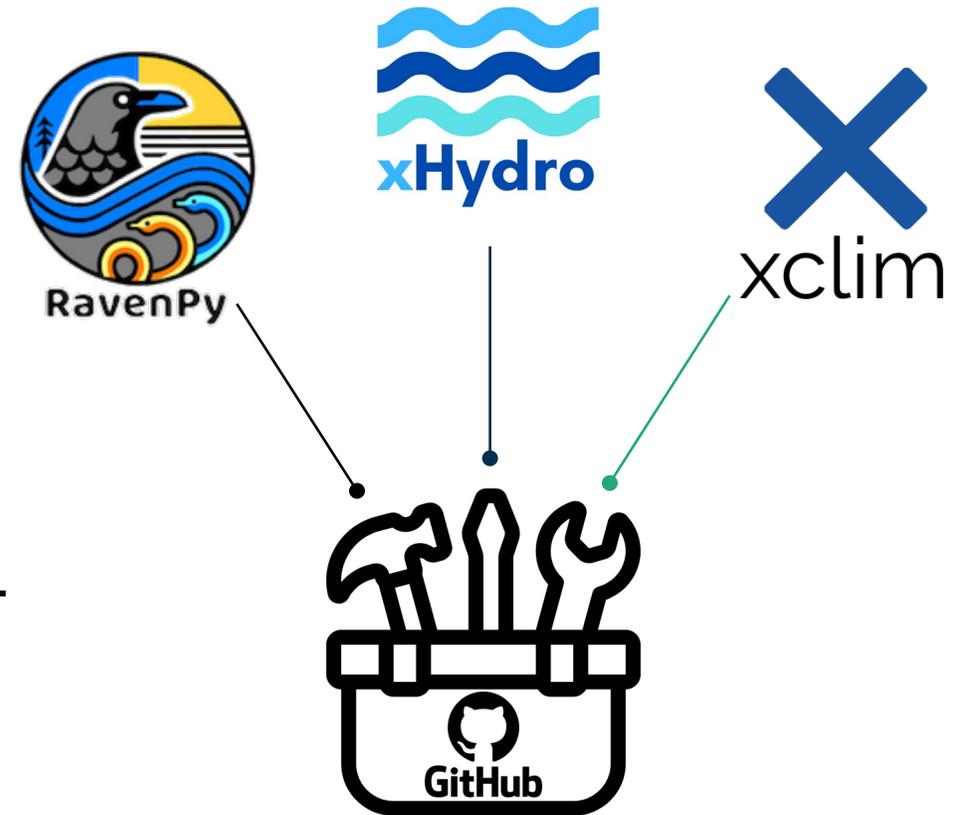


# Travaux en cours et futurs

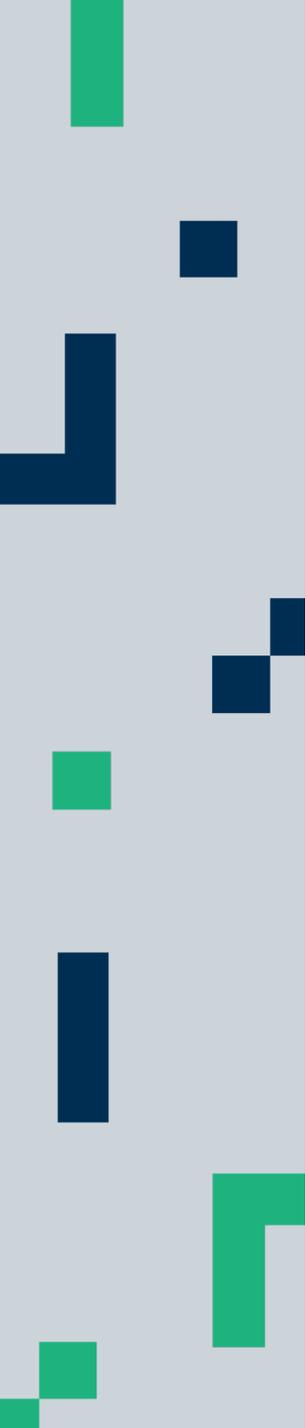
## 2027 :

- Approche multi-modèles : HYDROTEL, Raven HBV-EC, LSTMs.
- Migration du code vers GitHub pour répondre au besoin de transparence et faciliter les collaborations, l'intégration des développements et la reproductibilité.
- Implémentation du système de gestion de flux de travail SnakeMake.
- Utilisation de nouveaux scénarios climatiques (CMIP6+SSP).
- Mise à jour de la plateforme en ligne.

**>2027 :** Le programme QClim'Eau (2024-2027) soutiendra les développements de l'Atlas hydroclimatique sur la température de l'eau, les eaux souterraines (recharge) et les étiages.



Created by Hilmy Abiyyu Asad  
from Noun Project



# Merci pour votre attention

---

 **SYMPOSIUM**  
**OURANOS 2025**

**Portraits climatiques et  
PAVICS : Les outils  
d'Ouranos**

*Travis Logan, Responsable  
Plateformes climatiques,  
données et opérations*

Kiosque à côté des affiches  
Mardi 28 janvier, 12h à 14h  
Mercredi 29 janvier, 11h30 à 13h

