Empreinte eau de l'hydroélectricité :
À la quête de l'évaporation nette du complexe de la Romaine

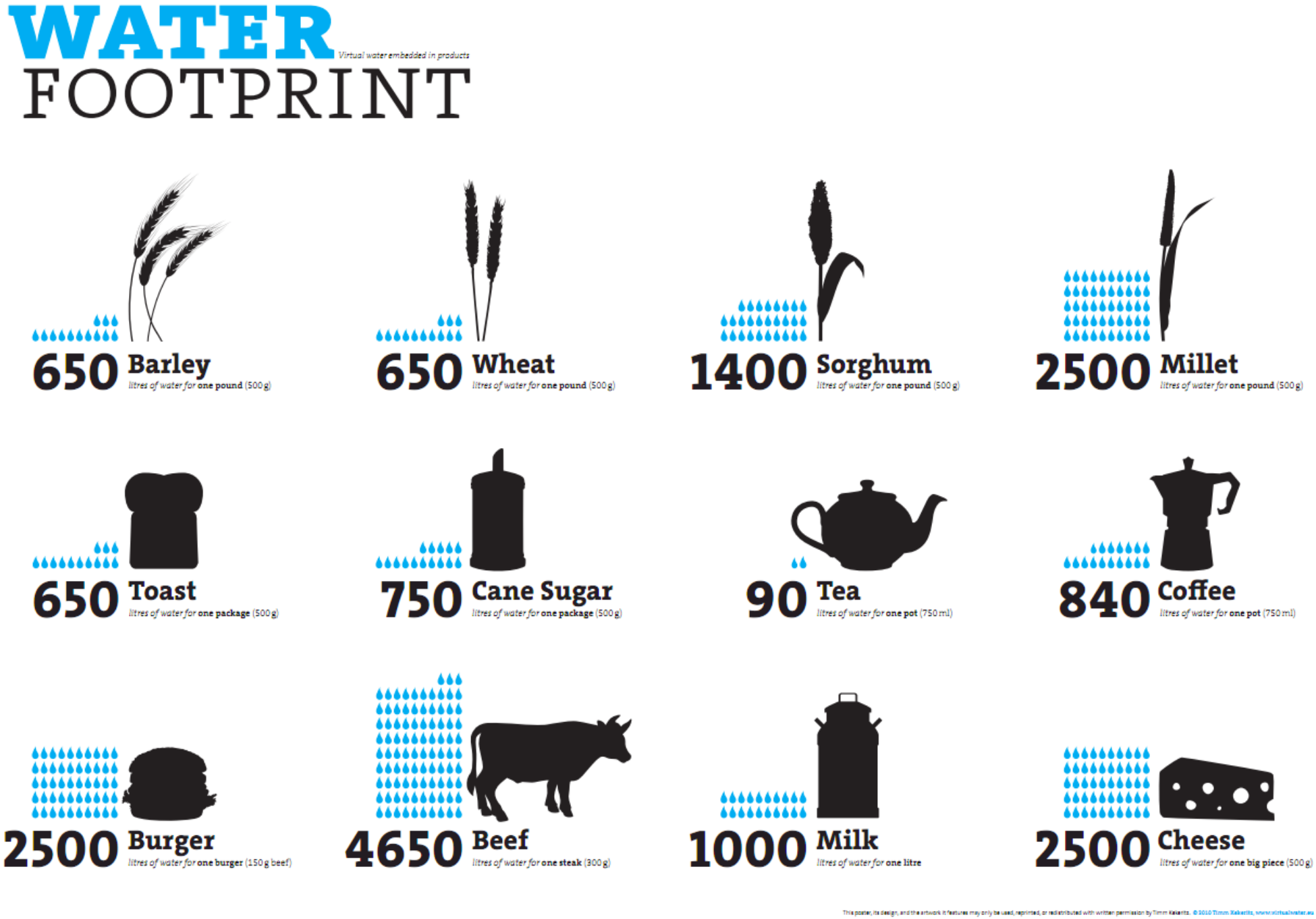
Daniel Nadeau, ing., Ph.D.

A Thiboult, A Pierre, H Kallel, PE Isabelle,
M Mackay, J Fournier, A Rousseau,
A Tremblay, F Anctil

Webinaire Hebd'Eau
17.11.2022

Source: Hydro-Québec

Un indicateur environnemental émergent



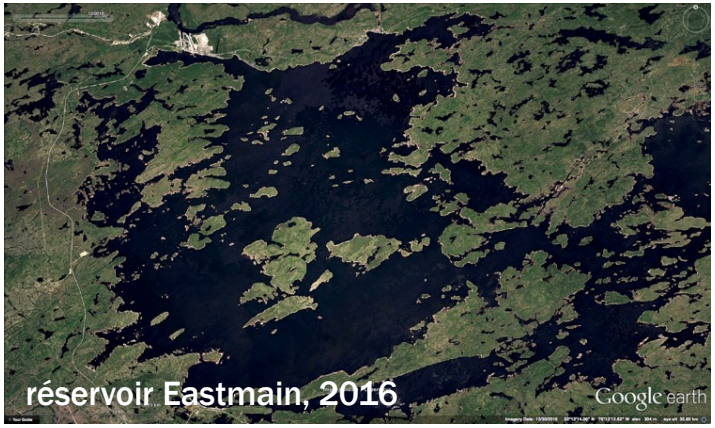
Pertes d'eau liées à l'hydroélectricité

Empreinte eau (EE)

$$EE = \frac{\text{pertes d'eau}}{\text{production énergétique}}$$

évaporation nette = $E_{\text{réservoir}} - E_{\text{pré-ennoiement}}$

réservoir



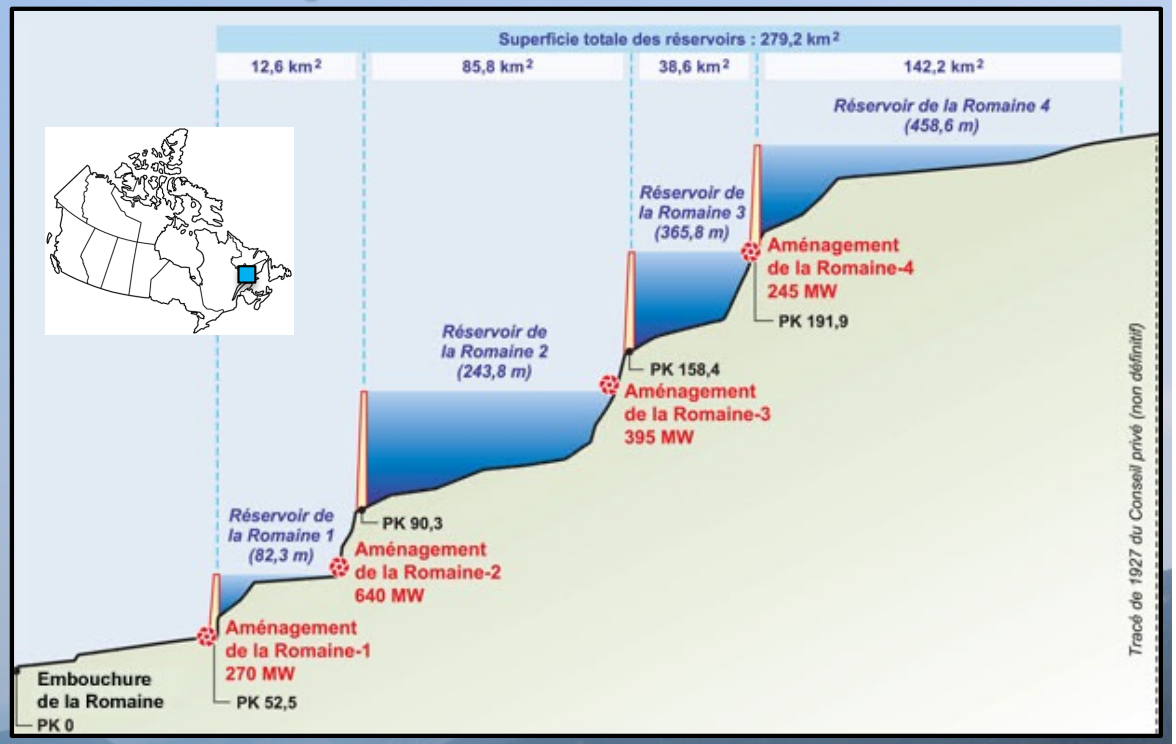
pré-ennoiement

Objectif du projet

Estimer l'évaporation nette du complexe hydroélectrique de La Romaine

Le complexe hydroélectrique de la Romaine

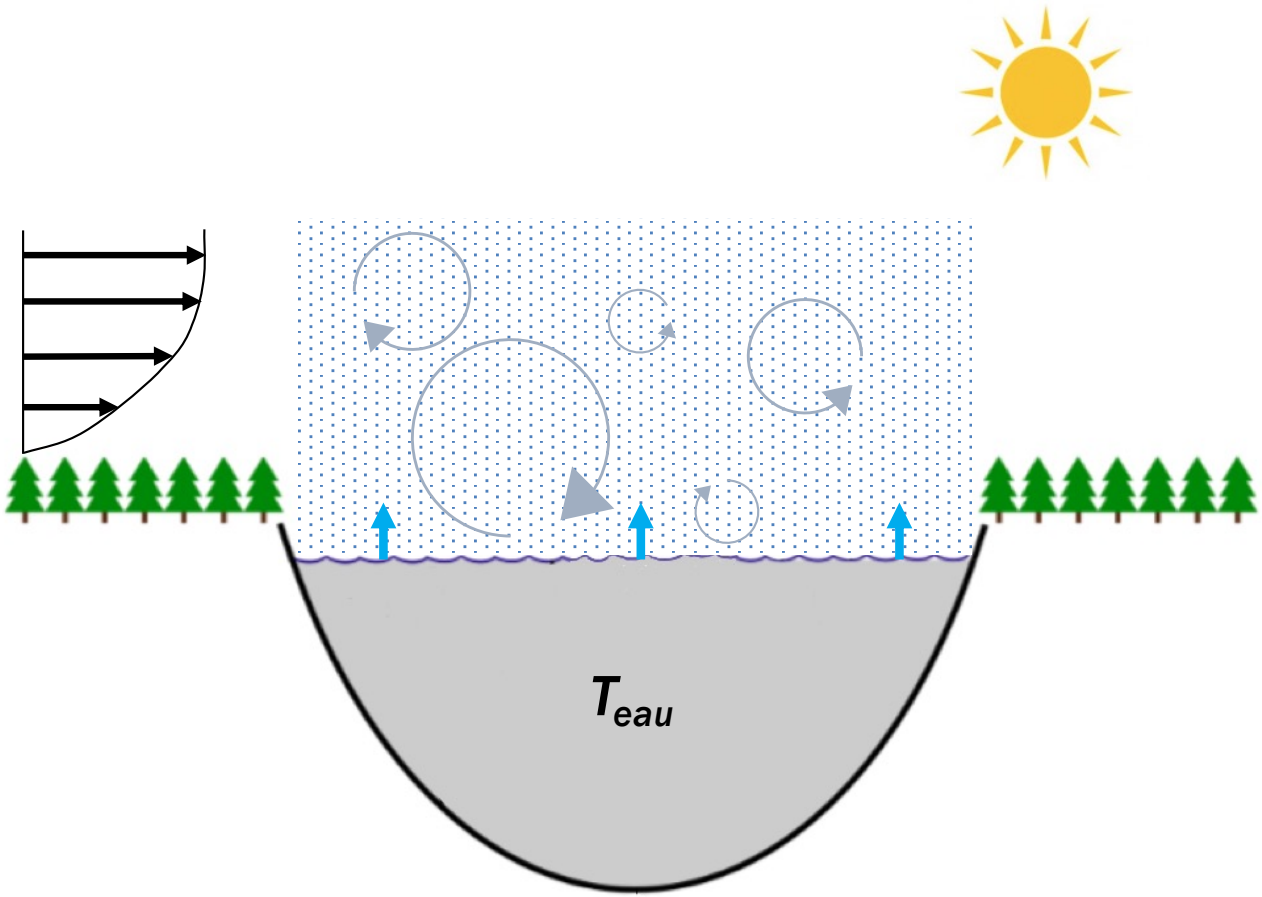
- 4 réservoirs
- 1550 MW
- En chantier de 2009 à 2022



Évaporation des réservoirs

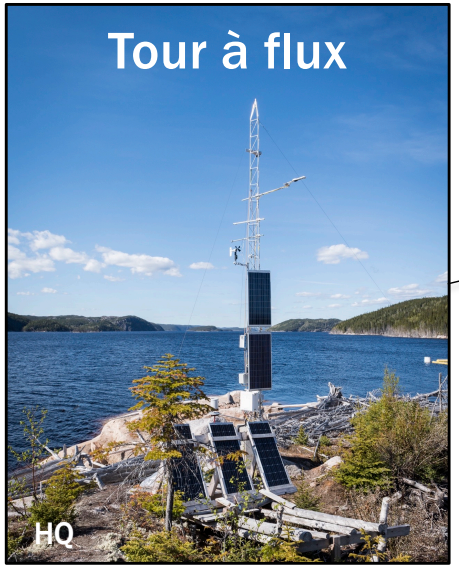
Facteurs de contrôle

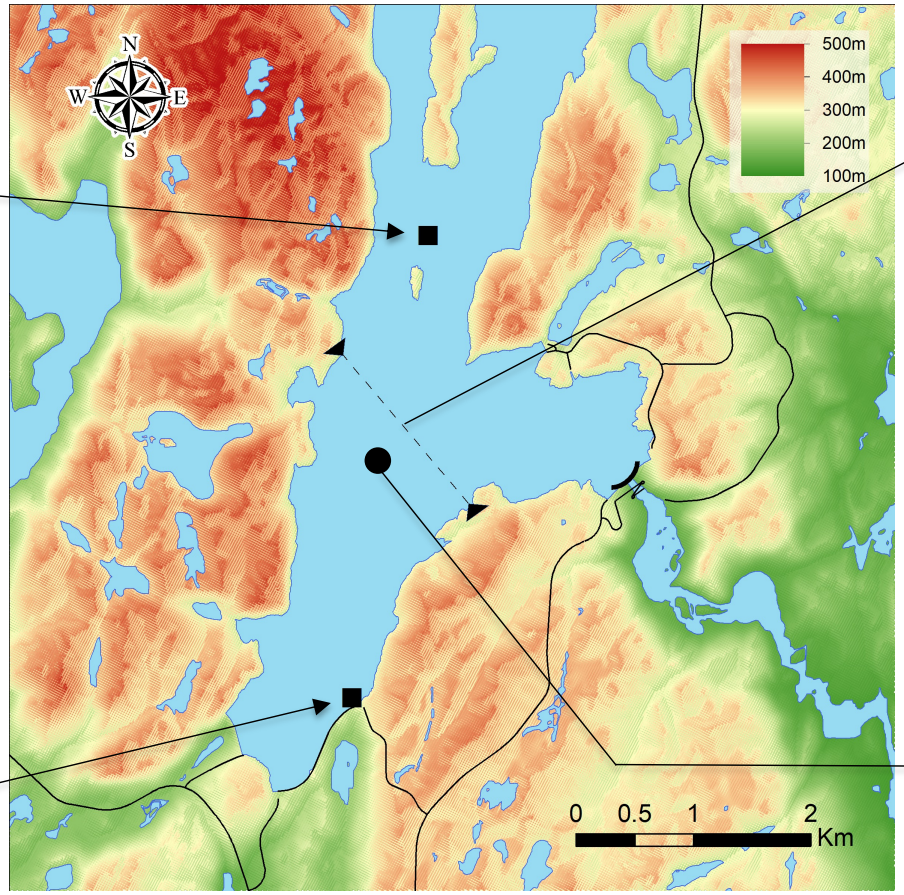
- énergie disponible
- vent
- turbulence atmosphérique
- humidité de l'air



Mesure de l'évaporation du réservoir

En cours sur le réservoir Romaine-2 depuis 2018





A. Thiboult

Travaux d'Antoine Thiboult

Mesure de l'évaporation en forêt

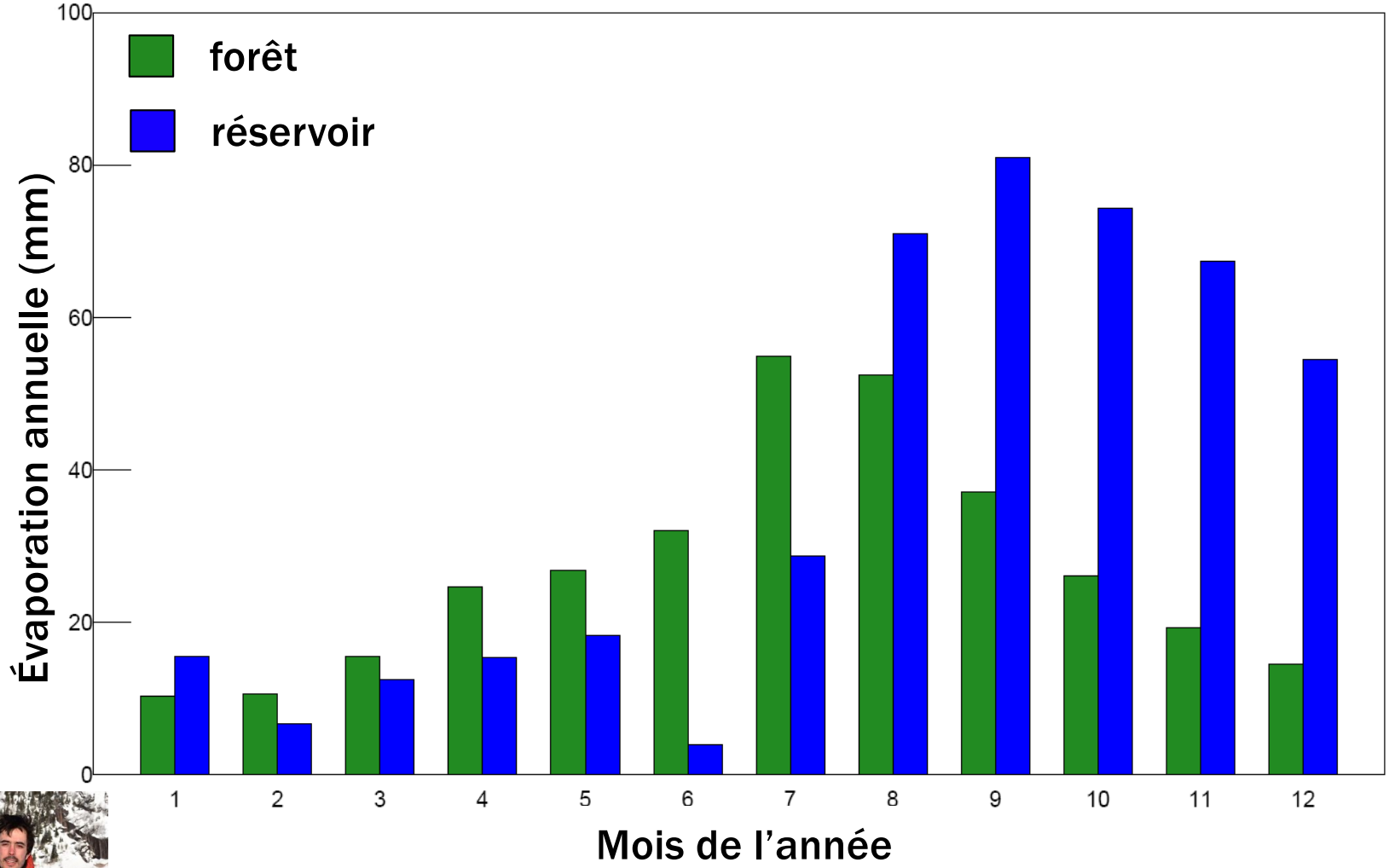
approche « eddy covariance »

En cours depuis 2018

Résultats

Évaporation

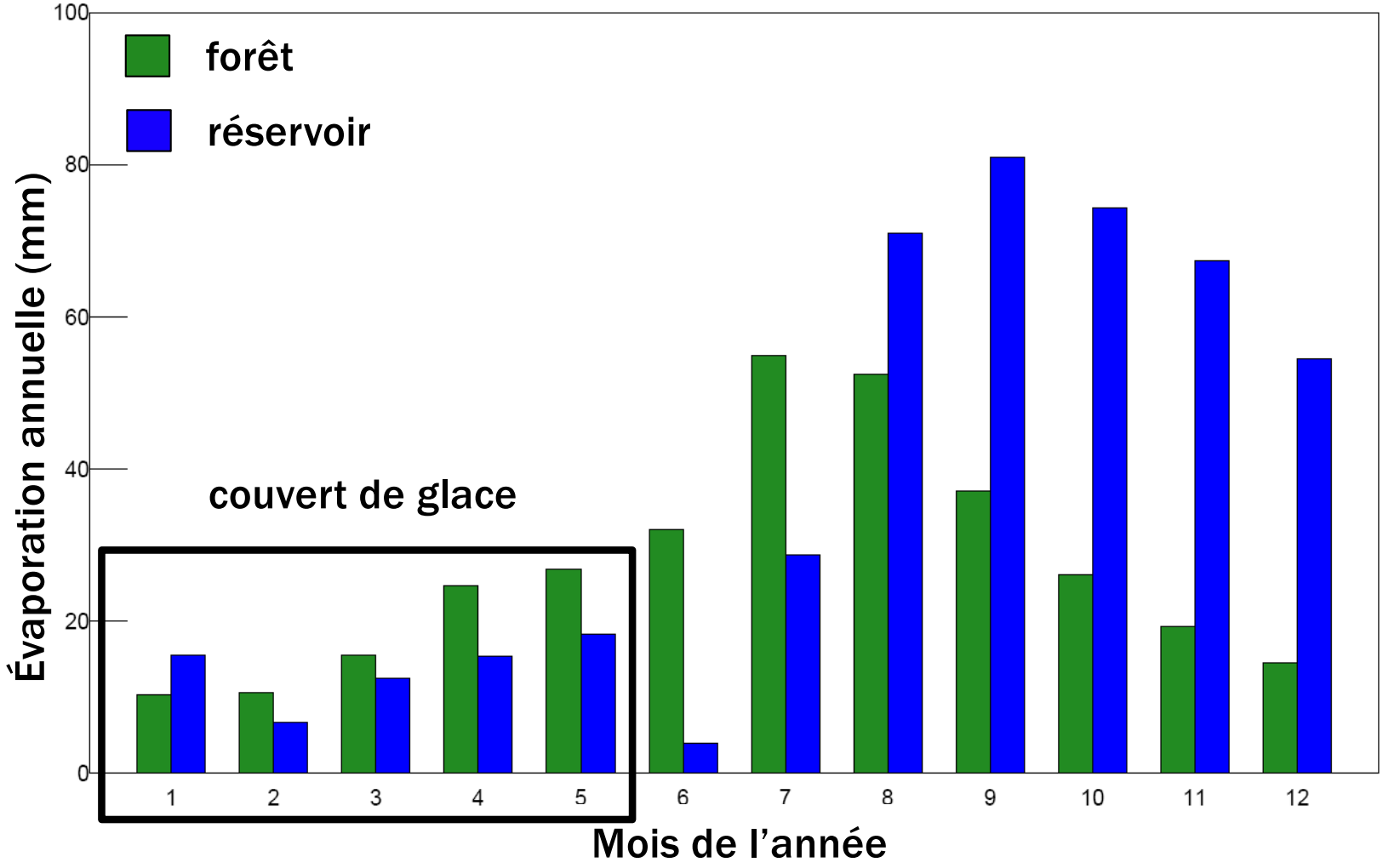
Évaporation mensuelle



Travaux d'Adrien Pierre

Évaporation

Évaporation mensuelle

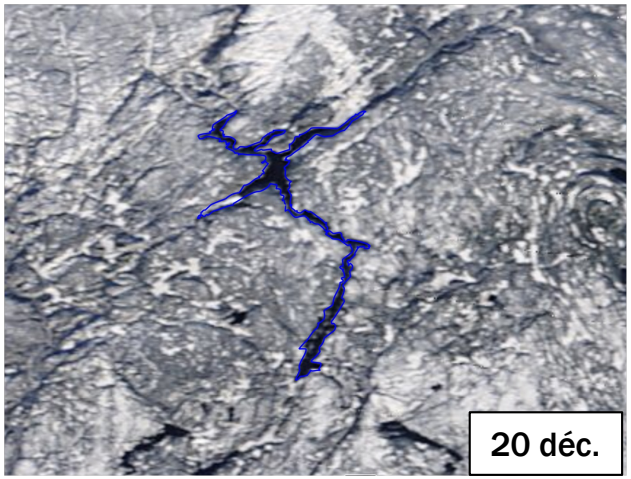


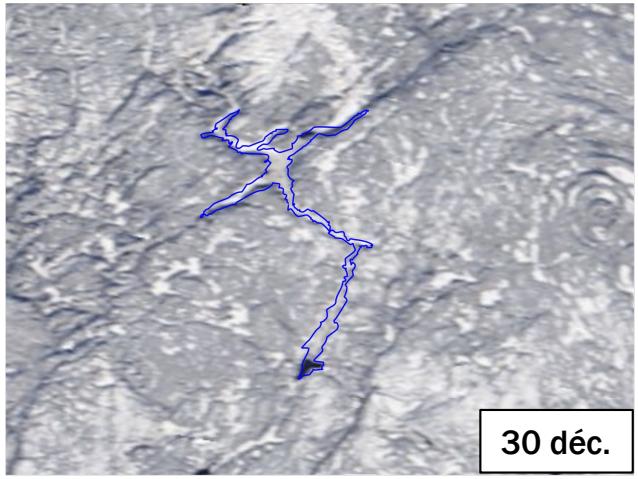
Couvert de glace

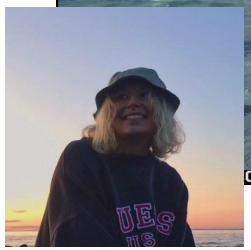
Le réservoir tarde à geler car il est très profond.

2018

2020



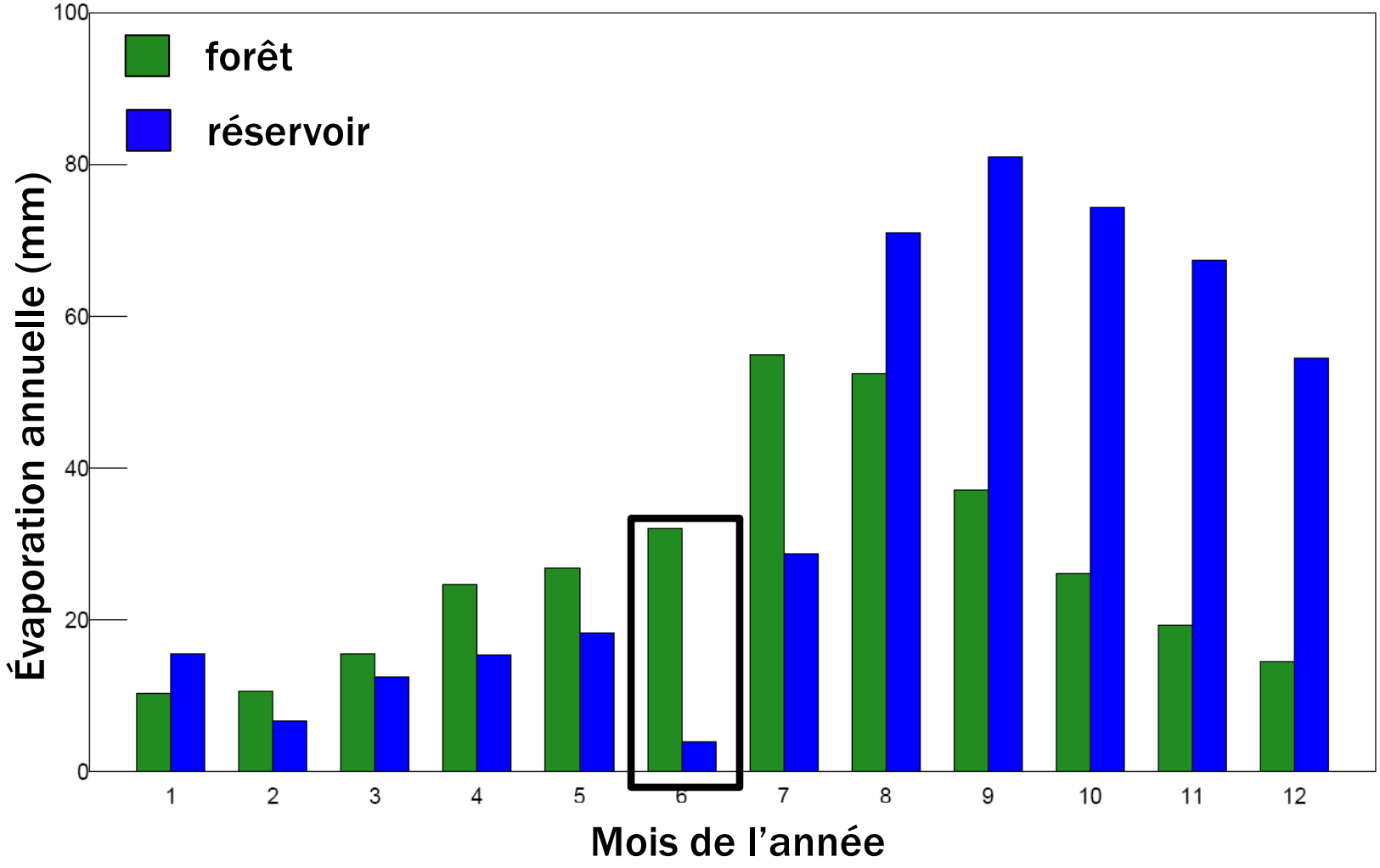




Travaux de Doris Domart

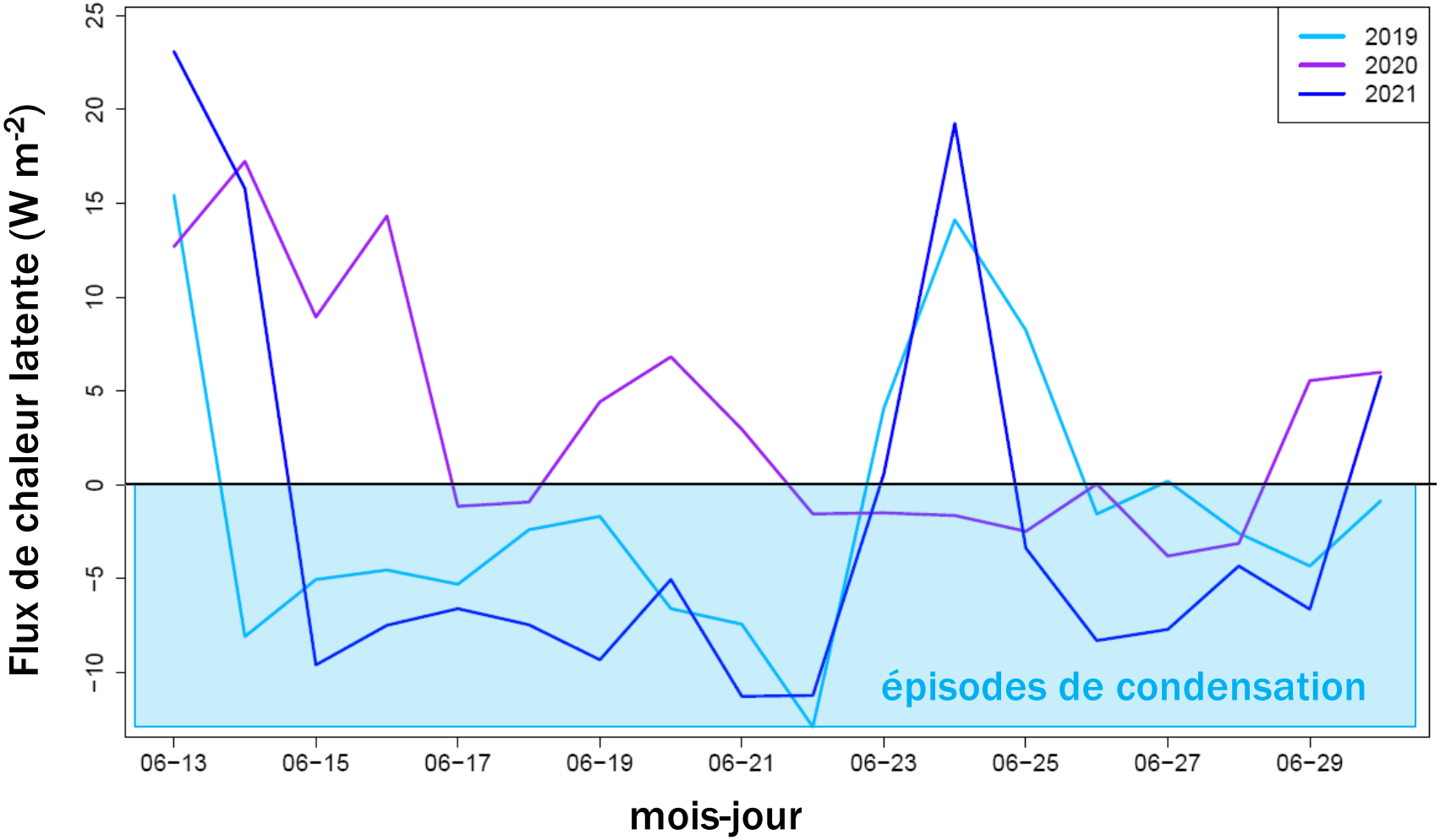
Évaporation

Évaporation mensuelle



Le mystère du mois de juin

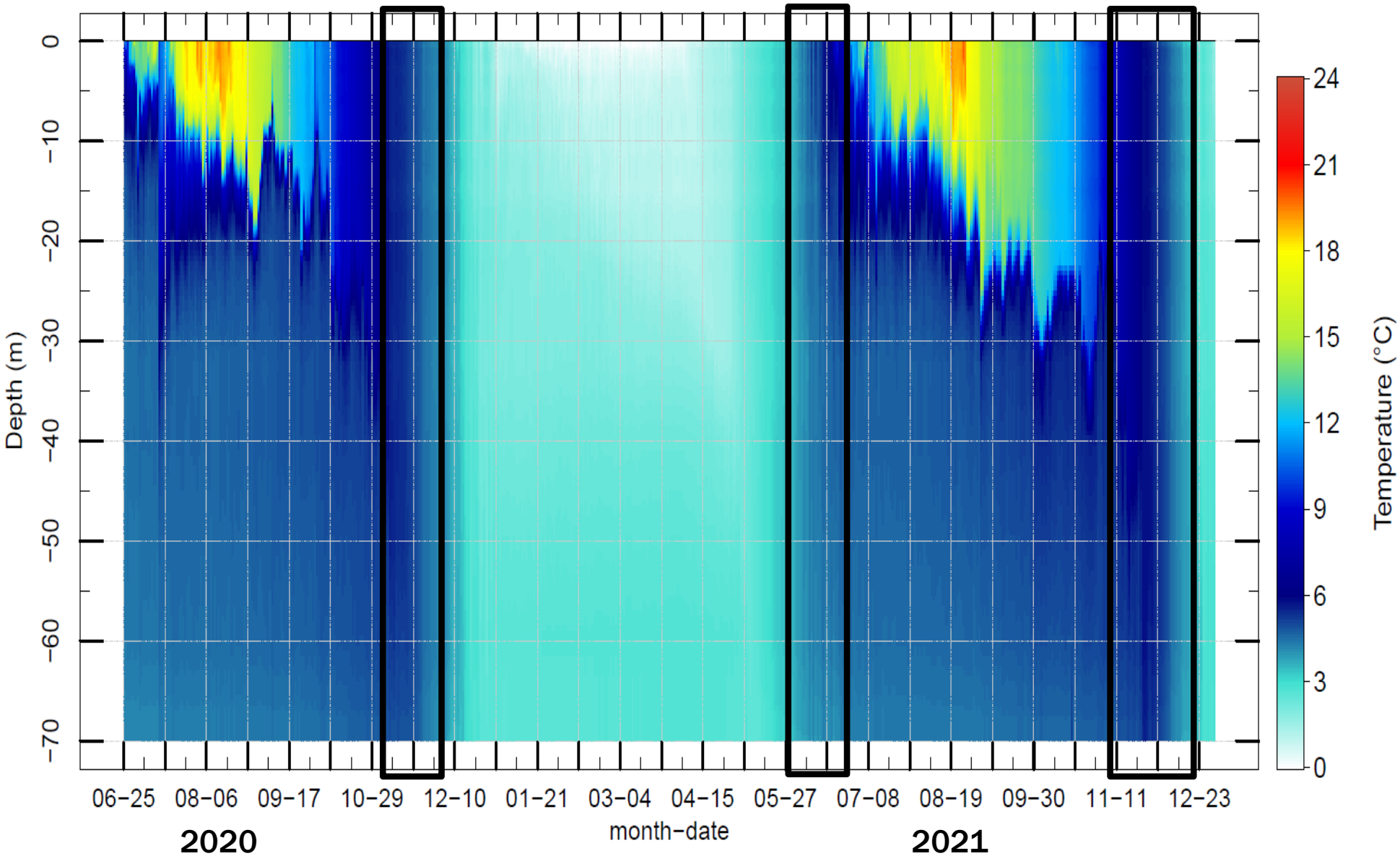
L'eau très froide déclenche des épisodes de condensation



Travaux d'Adrien Pierre

Régime thermique du réservoir

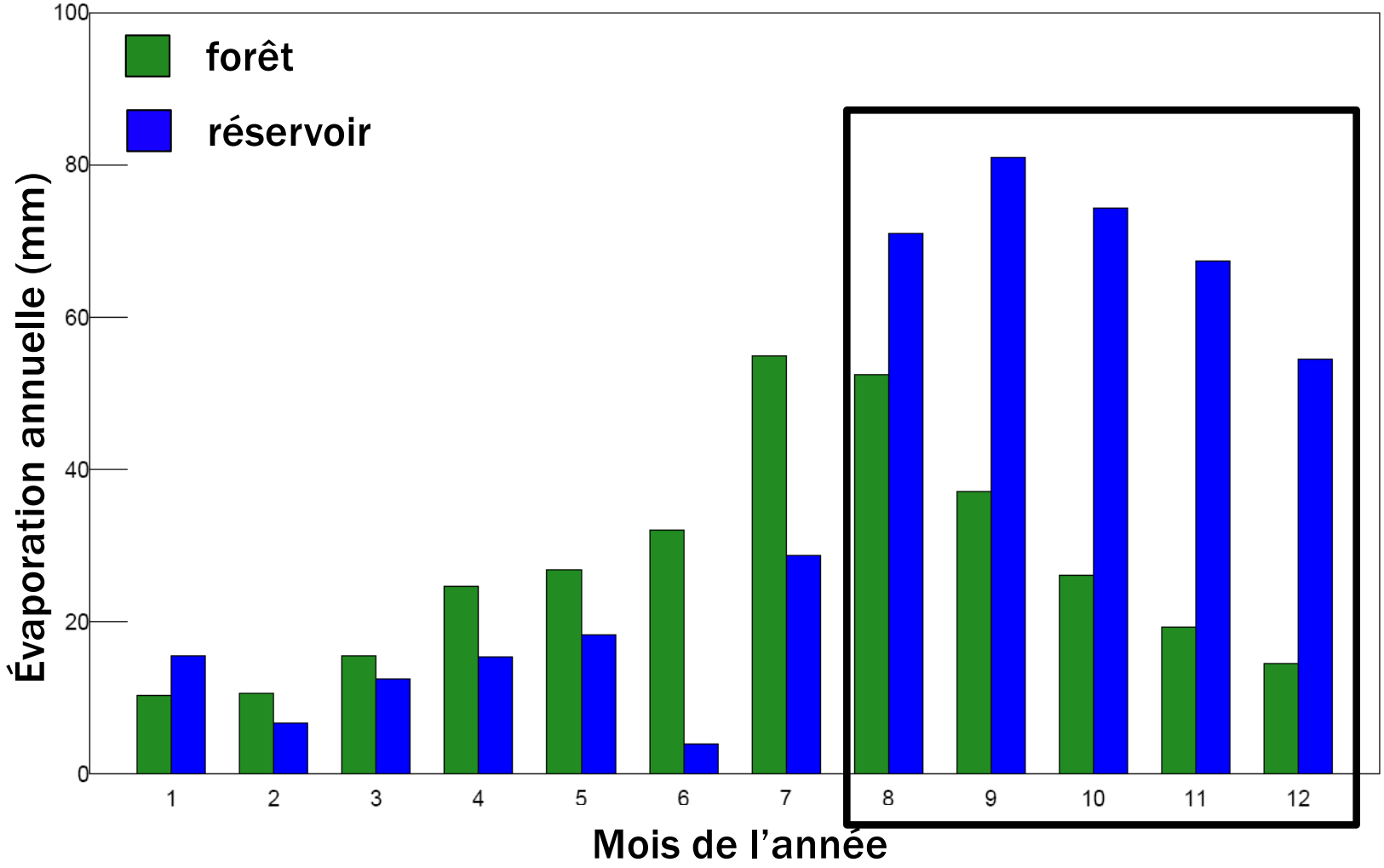
Le réservoir a deux périodes de mélange par année.



Travaux d'Adrien Pierre

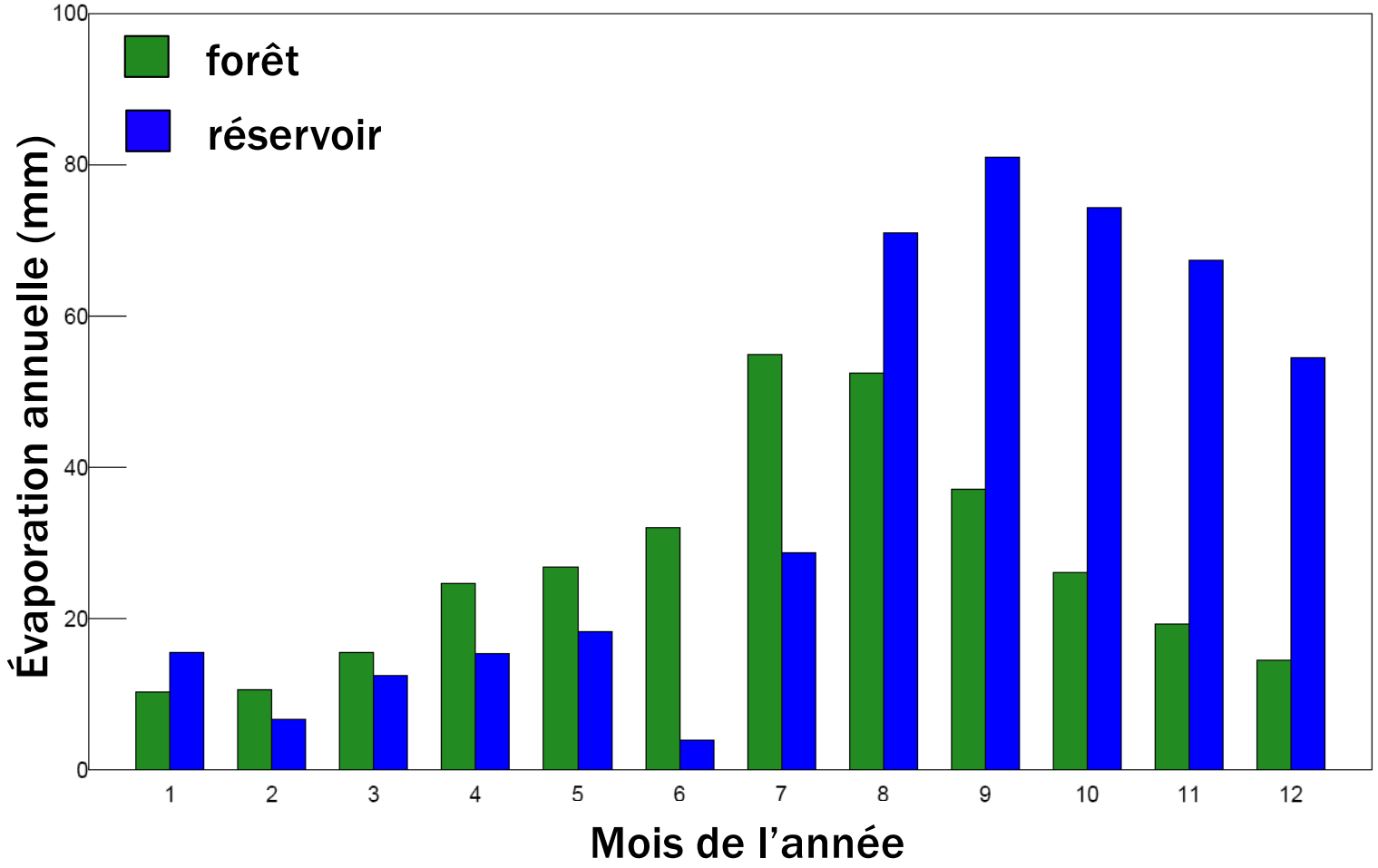
Évaporation

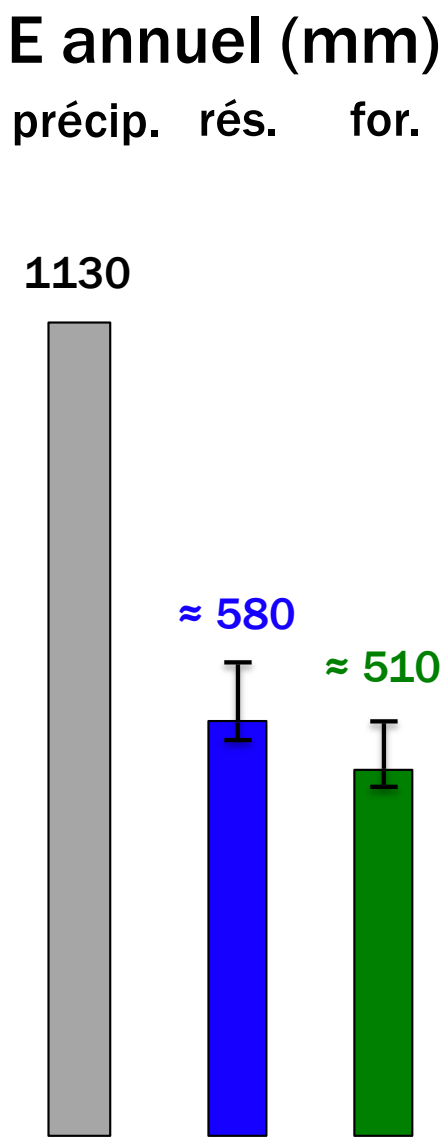
84% de l'évaporation du réservoir survient en 5 mois

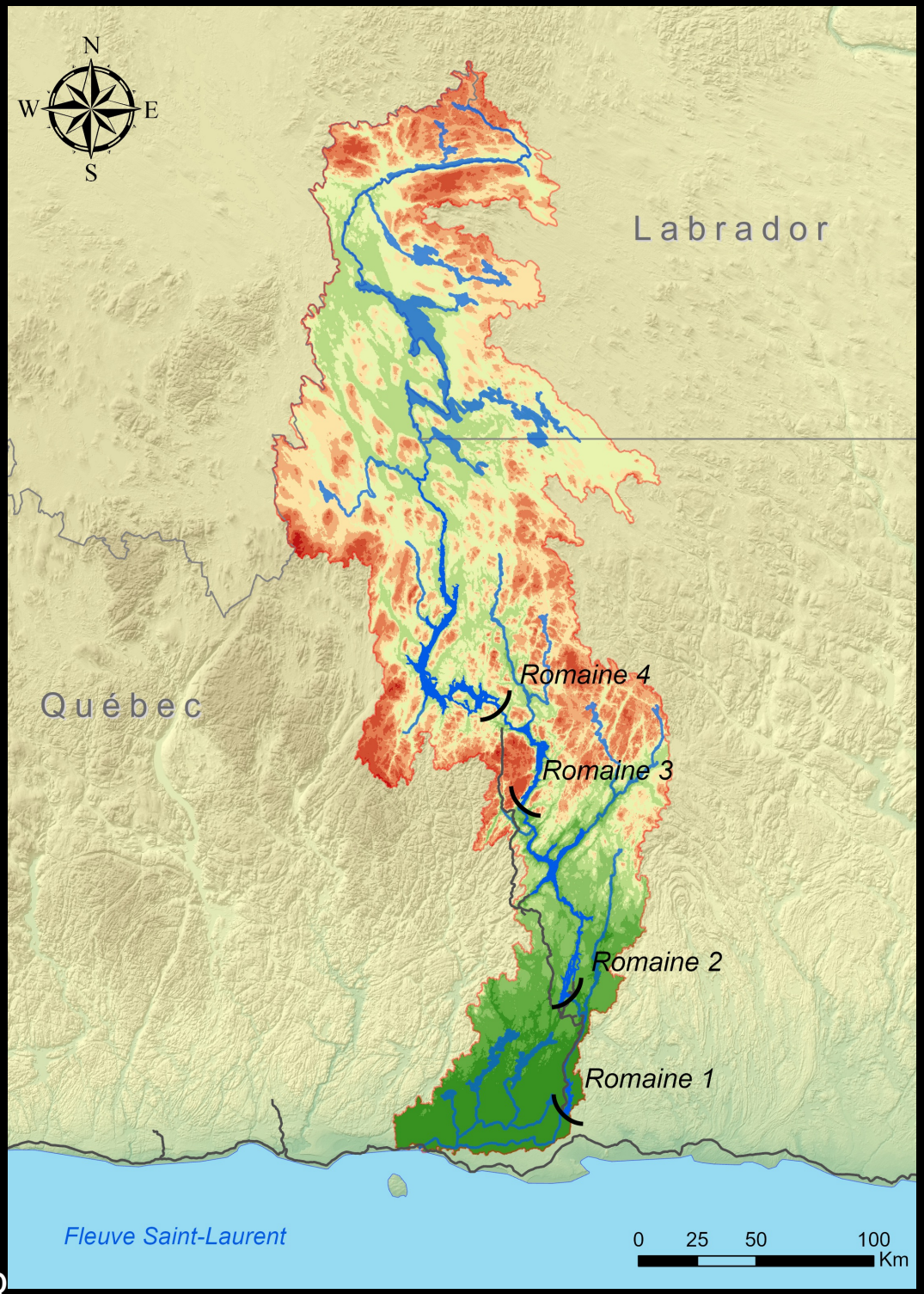


Évaporation nette observée

$E_{réservoir} - E_{forêt} \sim 100$ mm





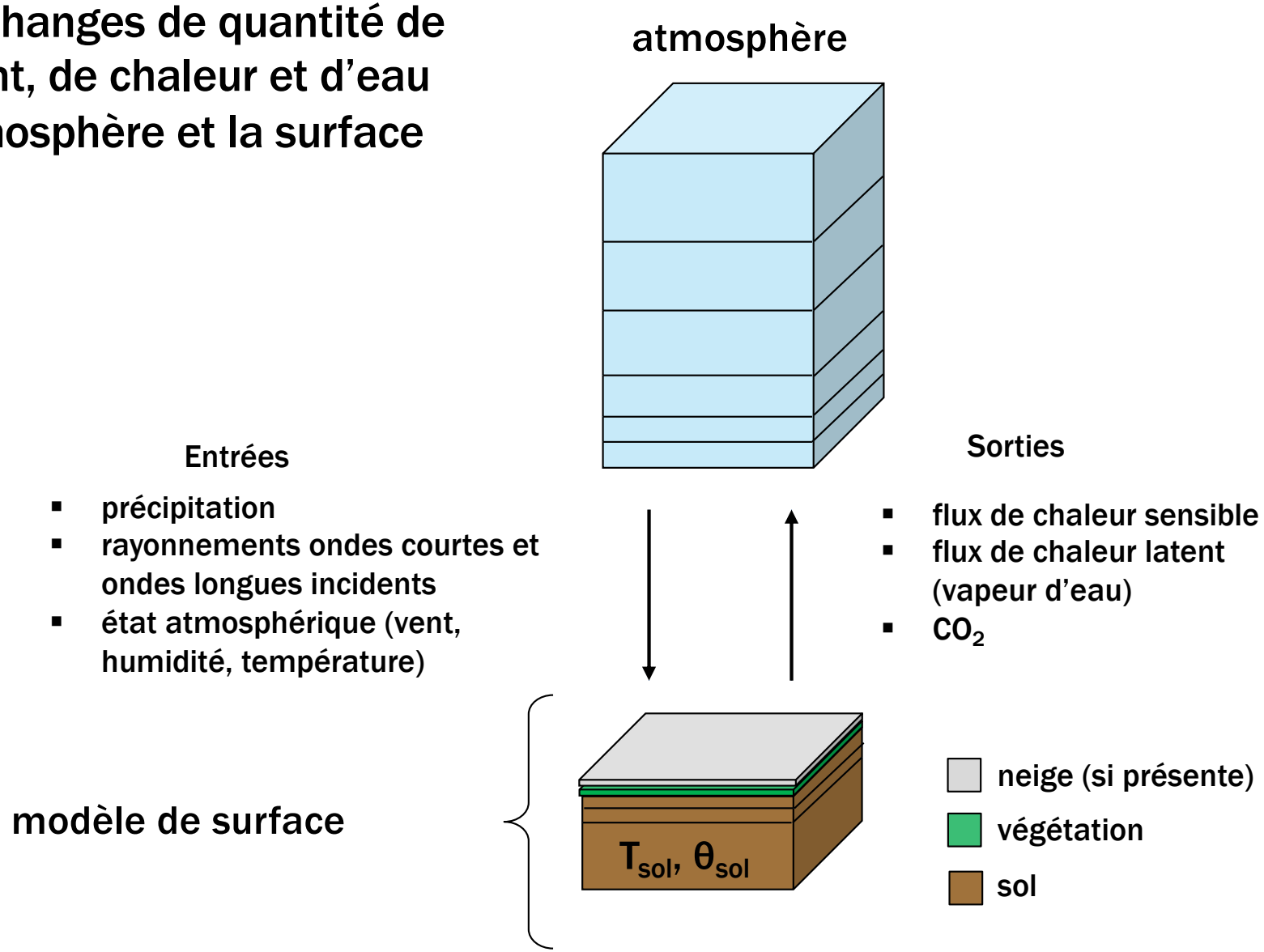


Comment estimer l'évaporation nette de l'ensemble du complexe?

Par la modélisation!

Modèles de surface

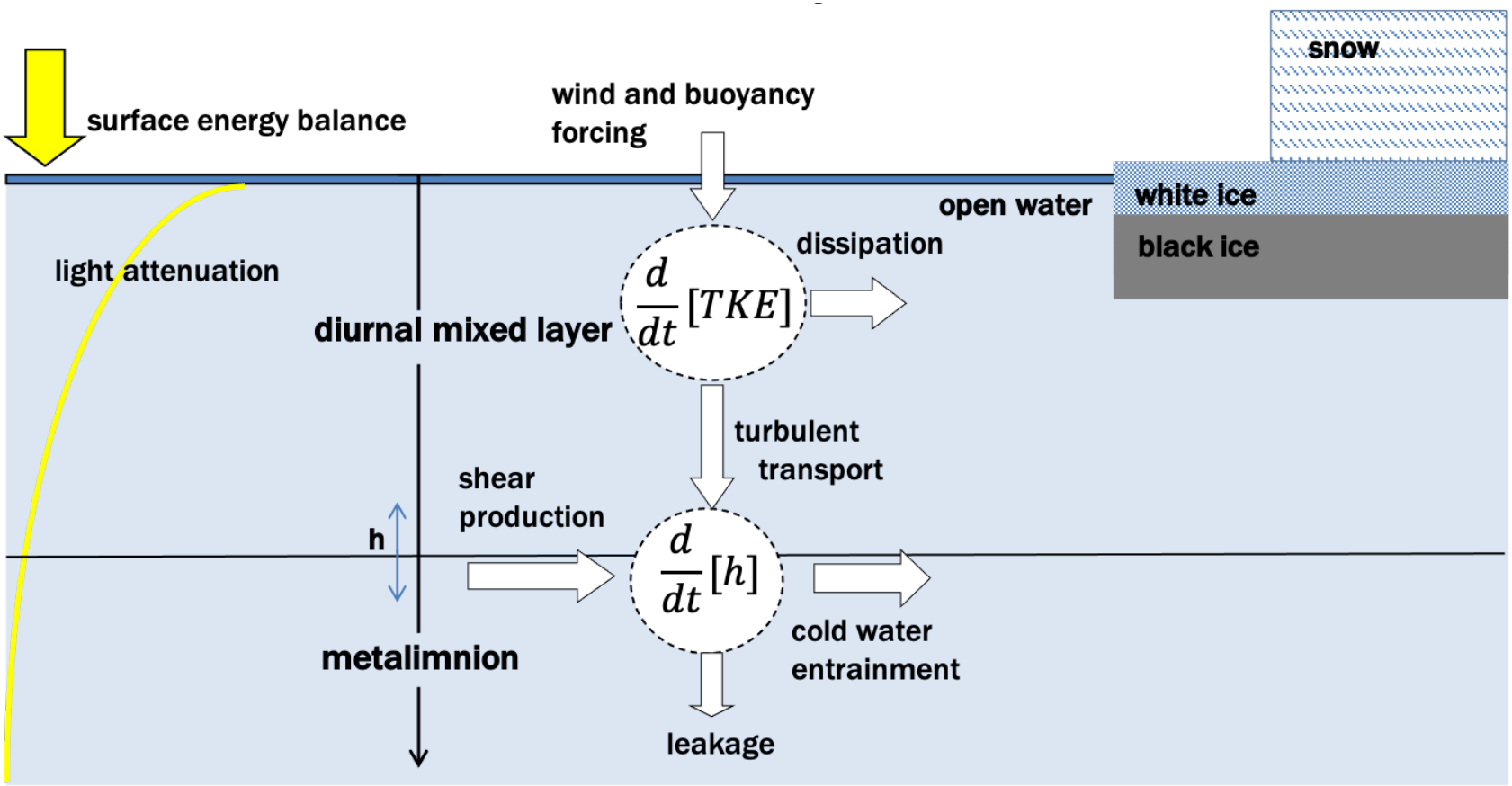
- gère les échanges de quantité de mouvement, de chaleur et d'eau entre l'atmosphère et la surface terrestre



Comment modéliser l'évaporation du réservoir?

Canadian Small Lake Model

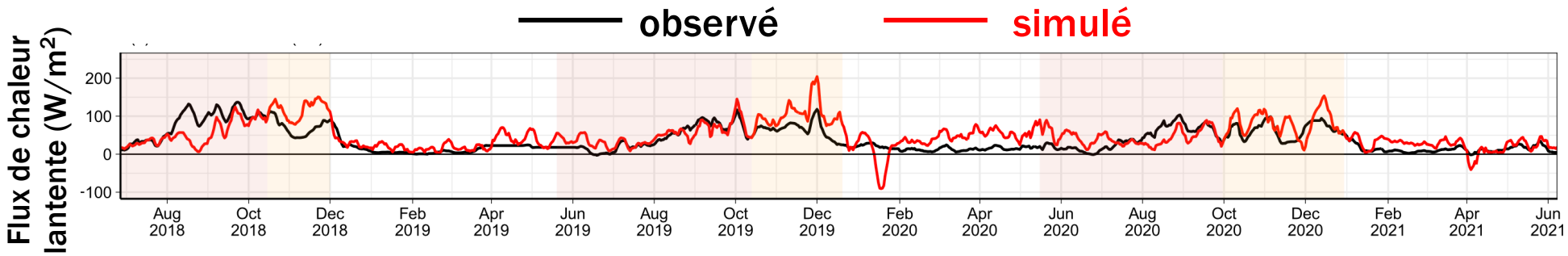
- Modèle de lac 1D
- Simule le régime thermique du réservoir en fonction des conditions météo



Murray MacKay

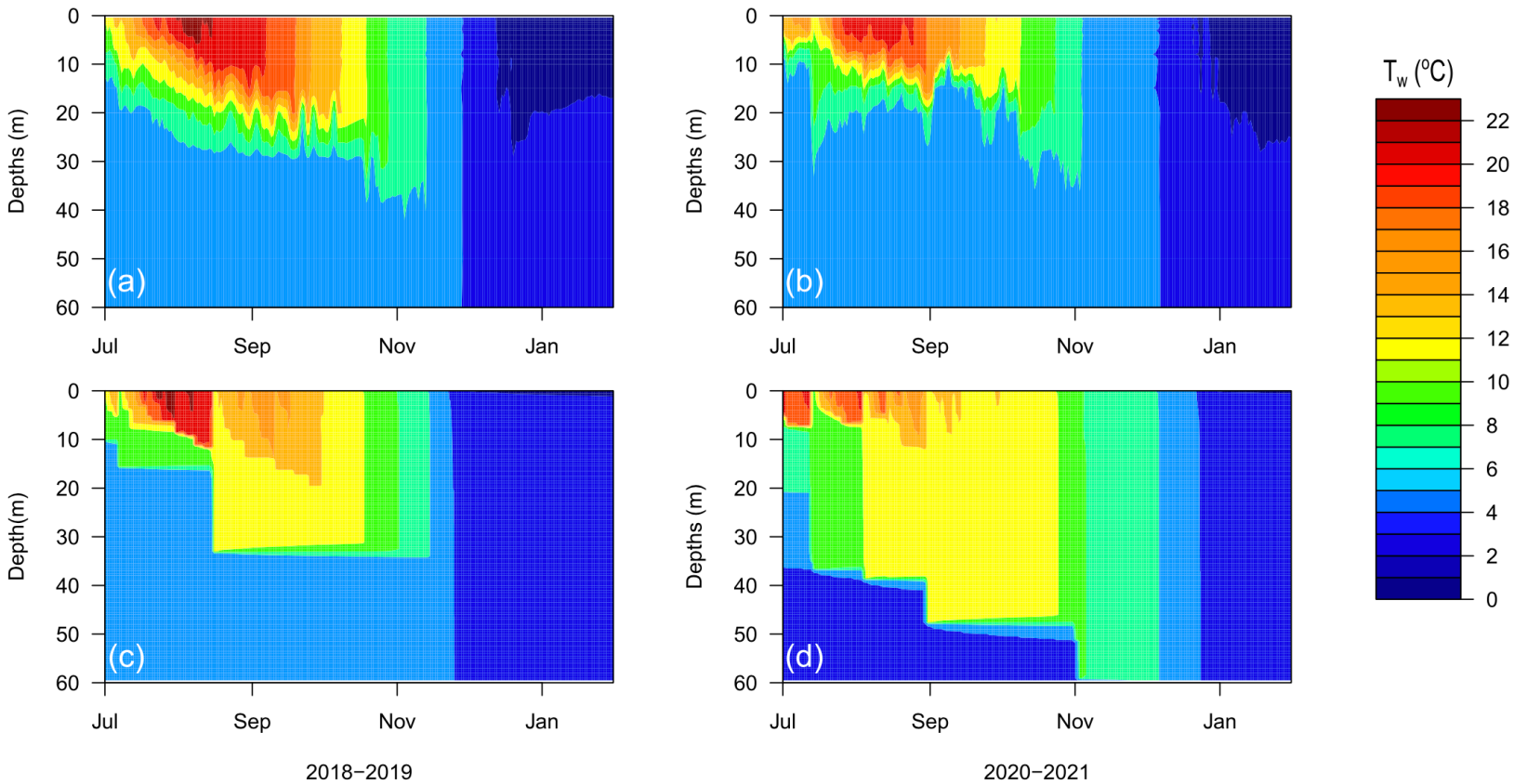
Comment modéliser l'évaporation du réservoir?

Canadian Small Lake Model – validation au réservoir Romaine-2



observé

simulé

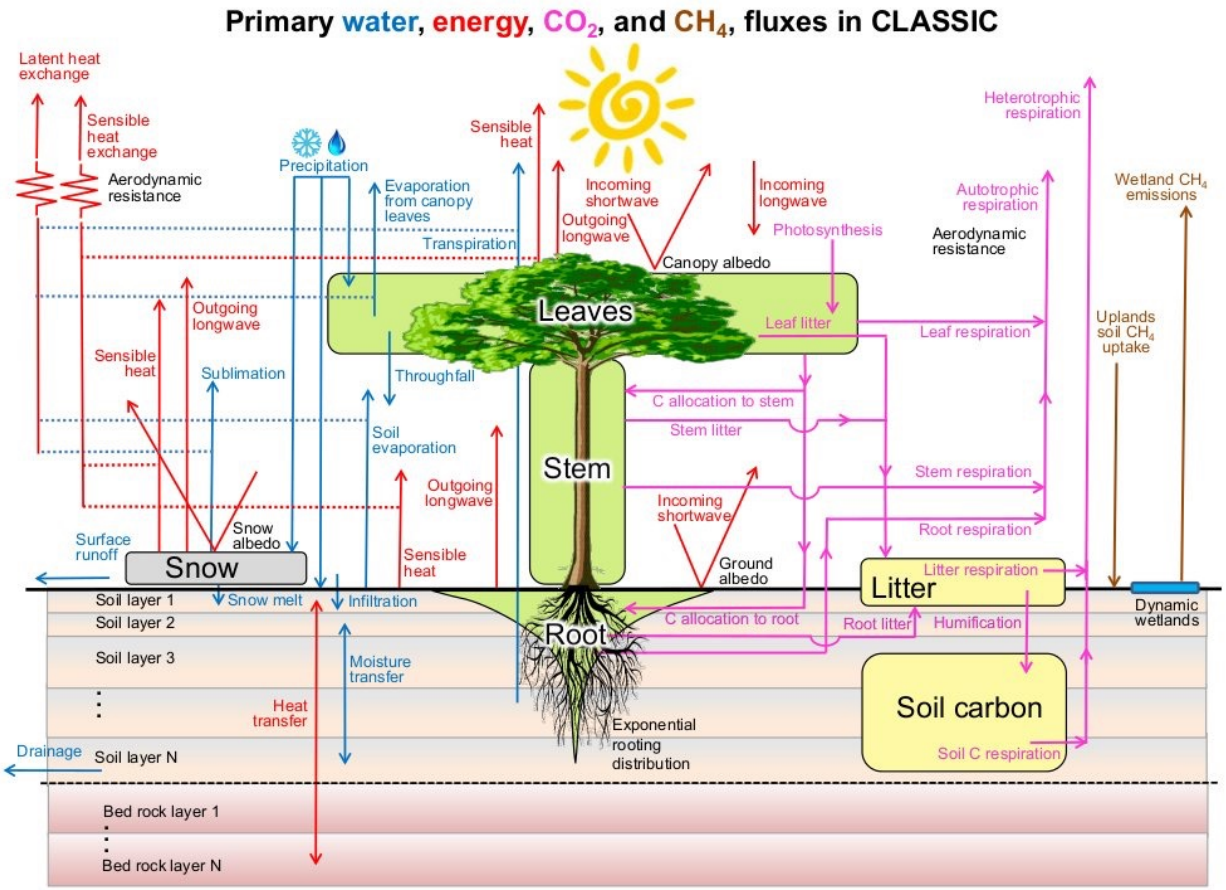


Travaux d'Habiba Kallel

Et l'évaporation des milieux terrestres?

Canadian Land Surface Scheme Including biogeochemical Cycles

- **modèle de surface déployé sur une grille**

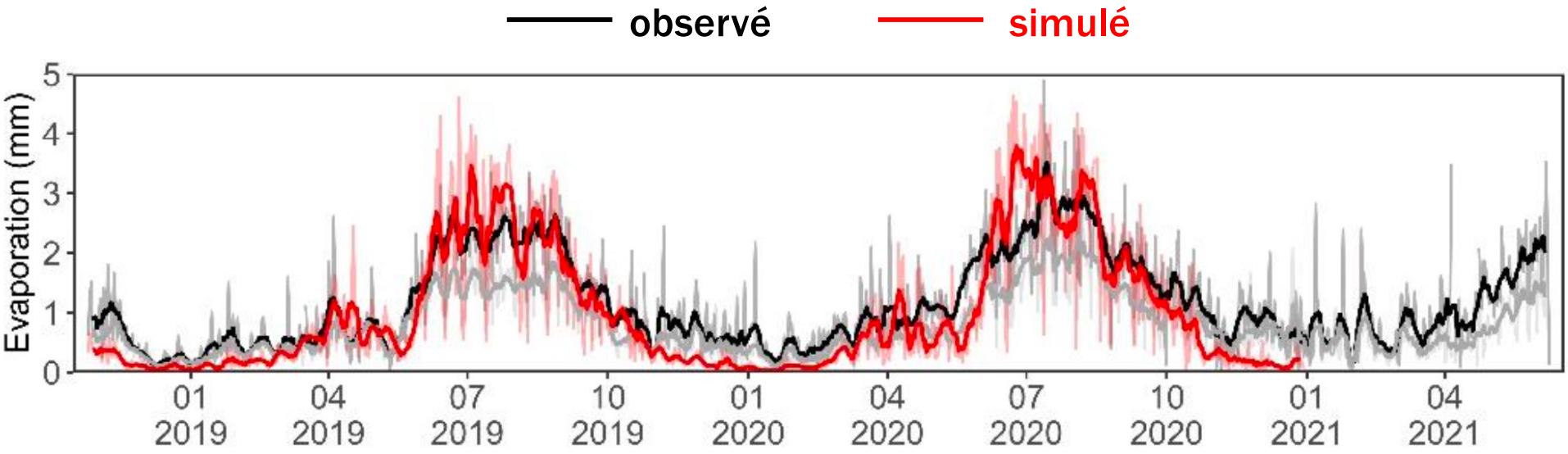


https://cccma.gitlab.io/classic_pages/model/, consulté le 11 nov. 2022

Travaux de Marco Alves

Et l'évaporation des milieux terrestres?

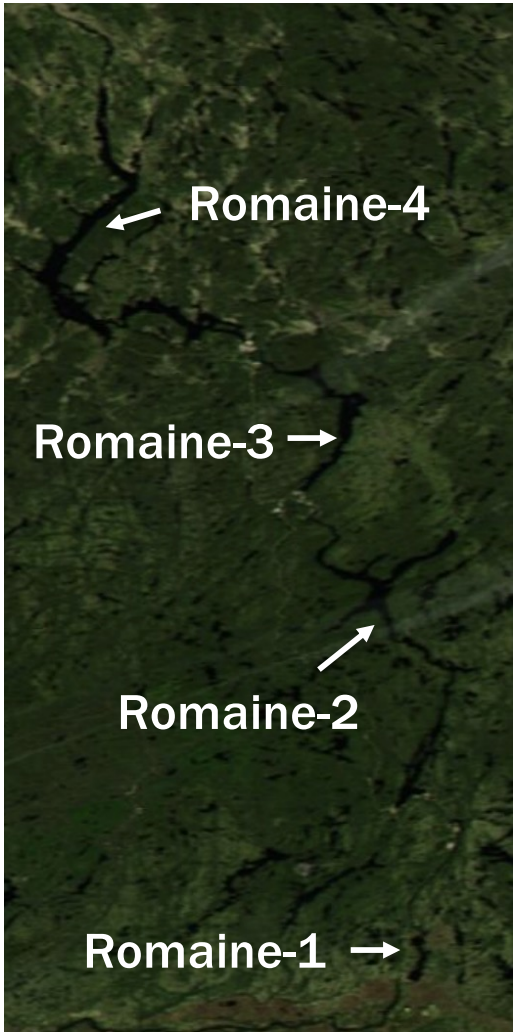
CLASSIC – validation au site forestier

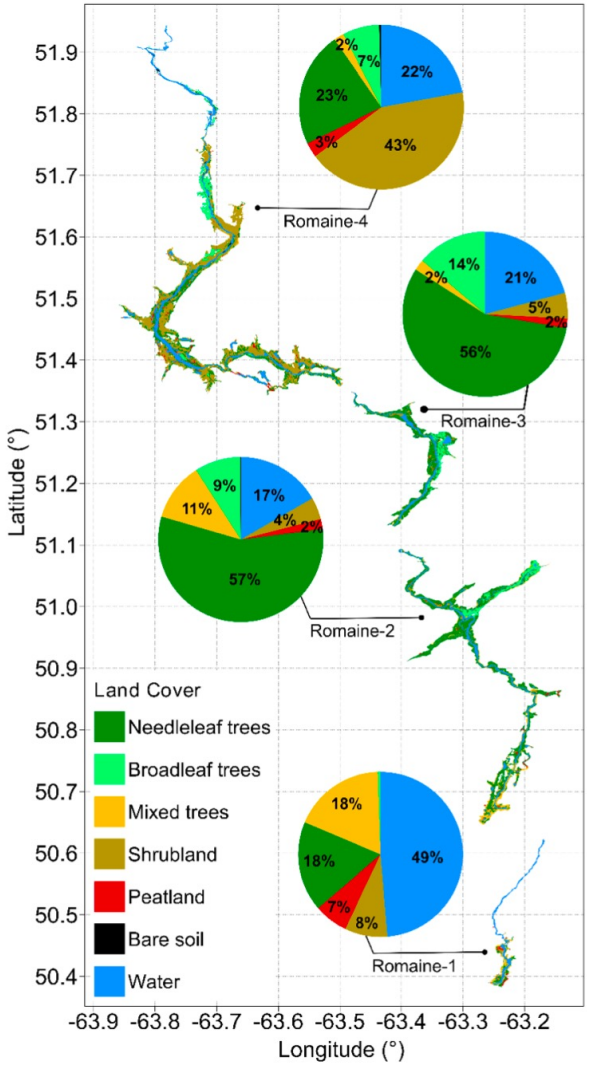


Déploiement sur l'ensemble du complexe

évaporation nette =

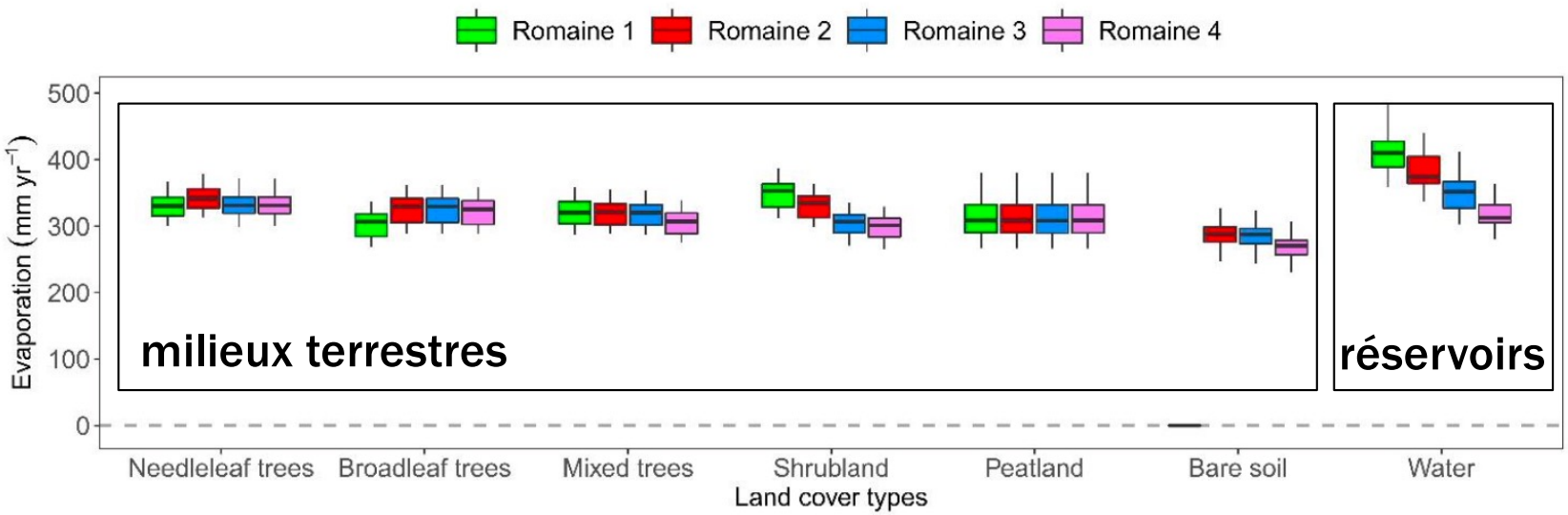
$E_{\text{réservoir}}$ – $E_{\text{pré-ennoiement}}$

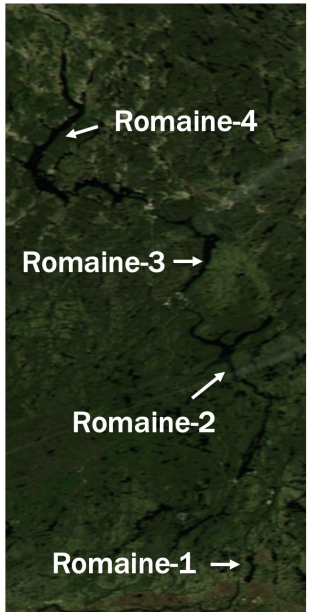




Résultats préliminaires

Pour la période 2000 à 2019

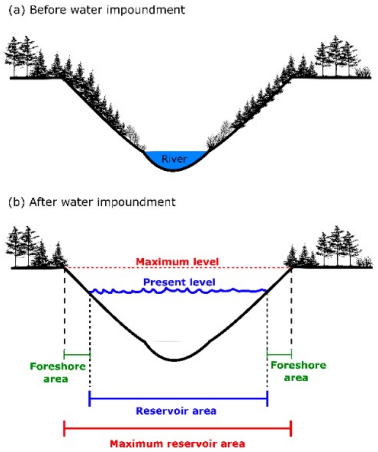




- gradient nord-sud
- évaporation nette ~ 100 mm

Travaux futurs

- contribution des zones exondées
- quantification de l'incertitude
- impact des changements climatiques



Conclusions

- Évaporation nette: compare l'évaporation des réservoirs à celle des conditions pré-ennoiement
- Mesures locales et modélisation sur l'ensemble du complexe
- Trois phases: couvert de glace, stockage de chaleur et relâchement
- $E_{réservoir}$ (≈0,5P) > $E_{forêt}$
- Évaporation nette semble modeste (~100 mm)
- D'autres travaux sont nécessaires pour le confirmer

Merci!