CARTOGRAPHIE DES SERVICES ÉCOLOGIQUES PROCURÉS PAR LES EAUX SOUTERRAINES DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT D'OCCUPATION DE TERRITOIRE ET DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

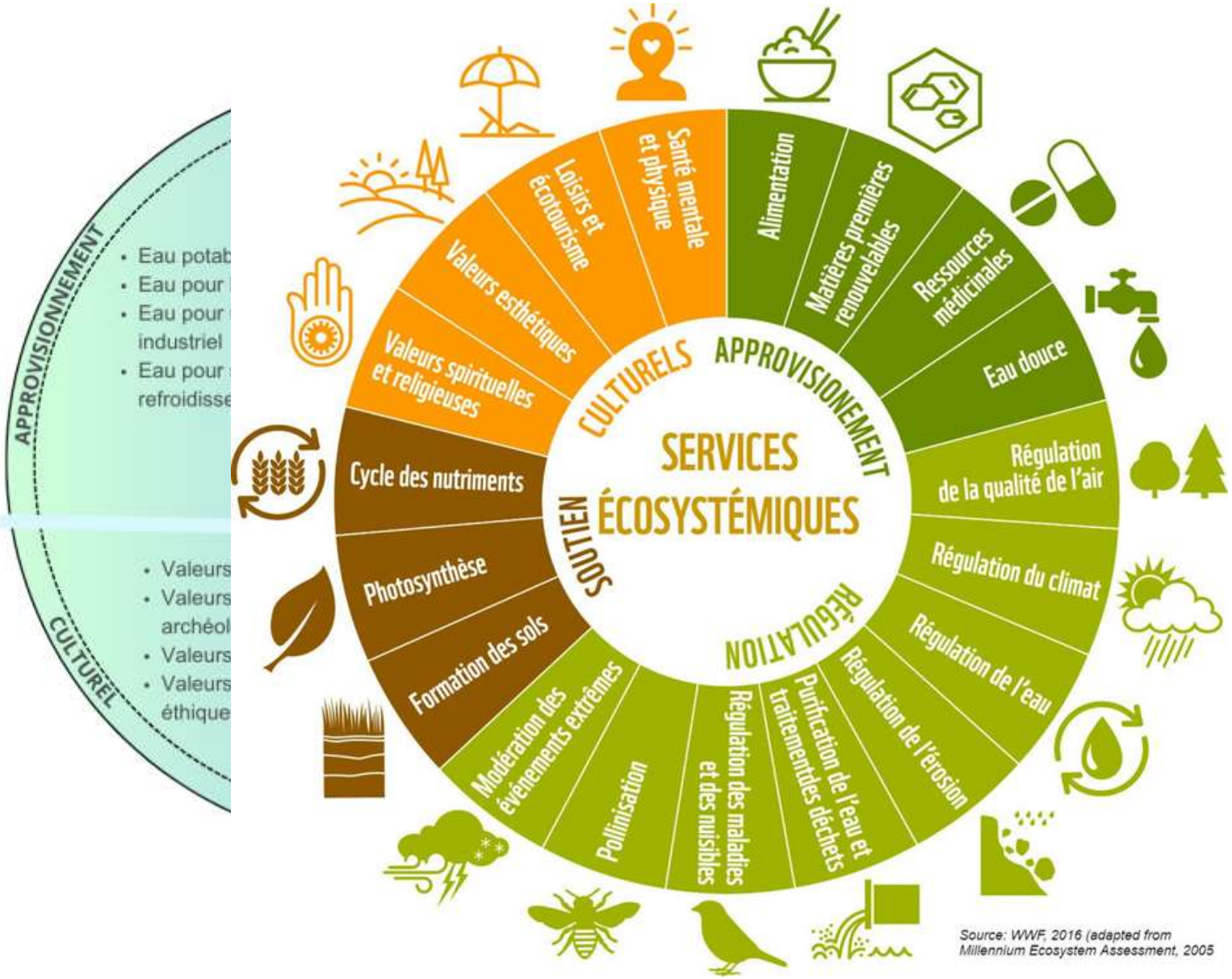
par Safidy Randrianiaina

Directeur : Prof. Richard Fournier, Co-directeur : Prof. Jérôme Théau

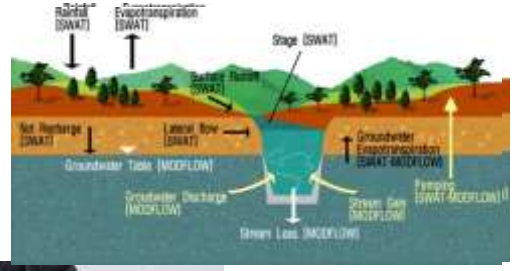
Mai 2024

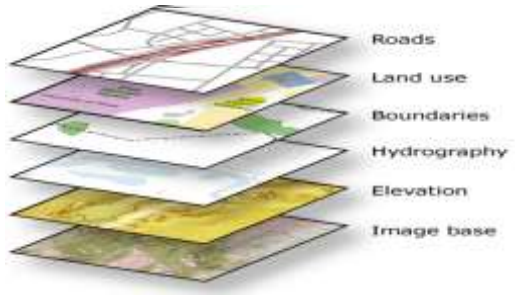
Les services écologiques ou écosystémiques (SÉs)

Selon la définition dar
l'Évaluation des écosy
pour le millénaire (ME
les bénéfices que les l
retirent des écosystèn



La cartographie des SÉs procurés par les eaux souterraines





Les approches existantes :

- Opinions des **experts**
- Utilisation des **proxies** (métriques)
- Utilisation des **modèles hydrologiques**

Les défis :

- Données sur les eaux souterraines couteuses et dispersées
- **Complexité** des processus souterrains
- Temps de traitement **souvent long et couteux**
- Difficulté de **valider (1/3** des études présentent des validations)(Boerema et al., 2017; Frizzle et al. 2021)

Objectif principal :

Développer une méthode de c**artographie multitemporelle** des **SÉs** procurés par **les eaux souterraines** prioritaires pour la MRC de Vaudreuil Soulanges.

1) Le SÉ d'approvisionnement en eaux souterraines (SÉ1)

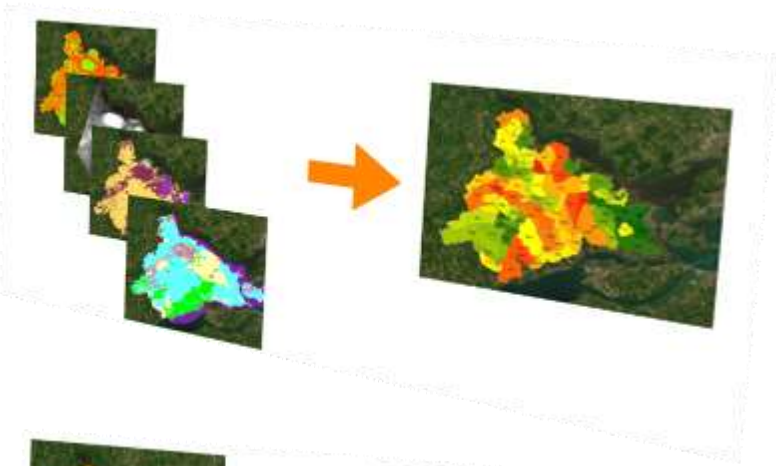
2) Le SÉ de régulation d'eau pour les milieux aquatiques (SÉ2)

3) Le SÉ de soutien des milieux humides (SÉ3)

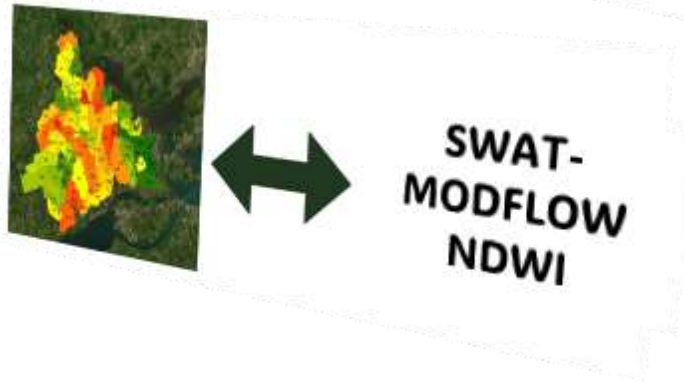
Source : Sylvain Gagné et William Tanguay

Objectifs spécifiques :

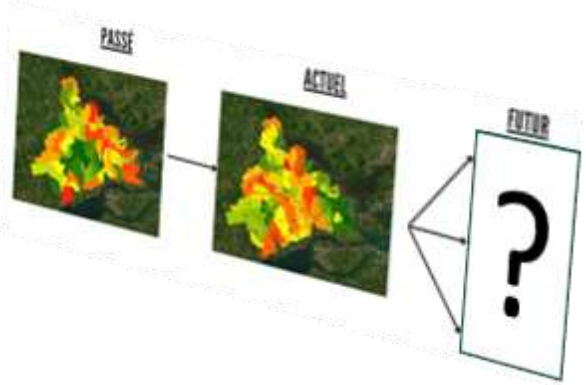
- **Construire** des indices composites des SÉs procurés par les eaux souterraines avec les **données disponibles**



- **Comparer** les cartes de SÉs avec un **modèle hydrologique** et des données de **télédétection**

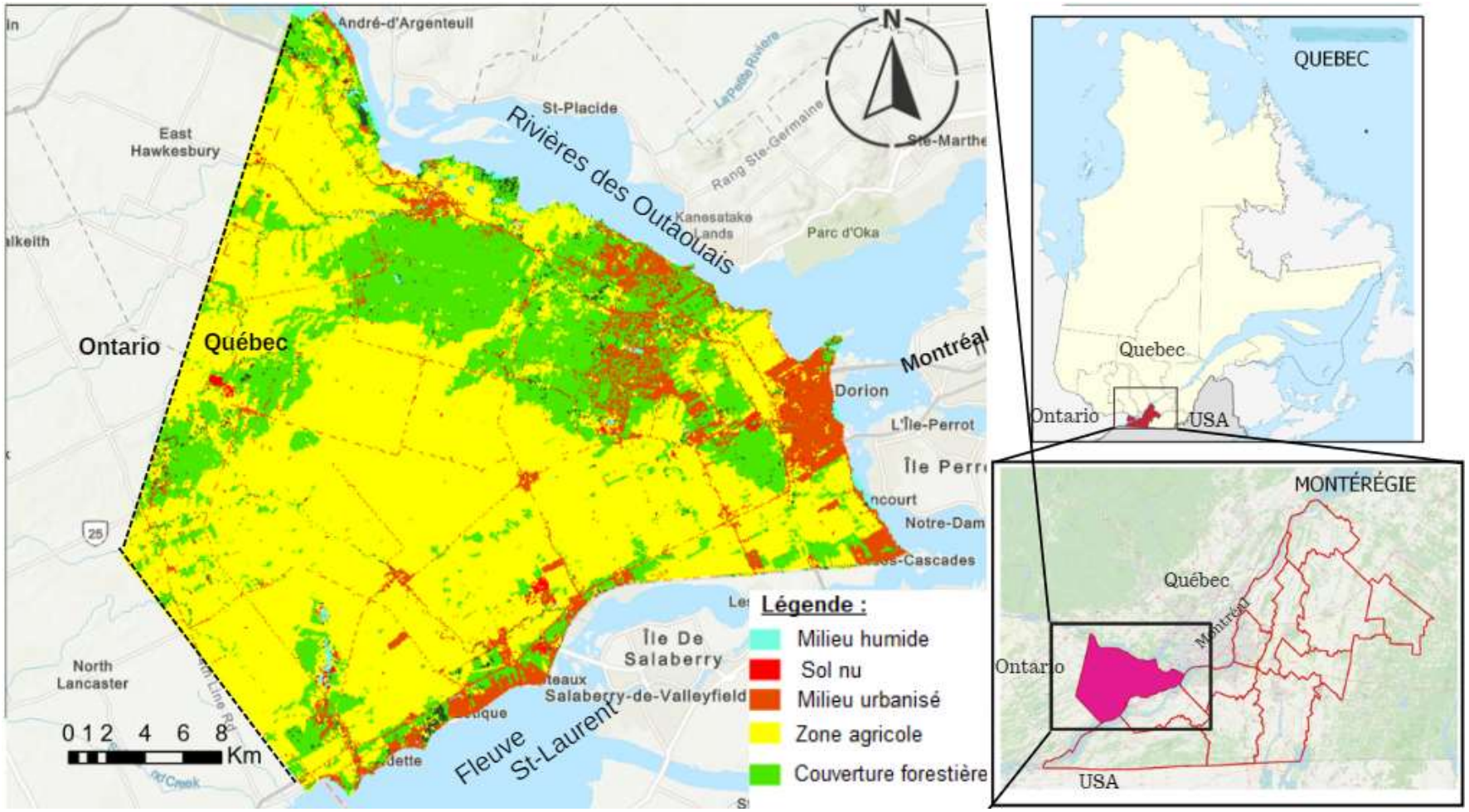


- Faire des **scénarios** de disponibilités **futures** des **SÉs** à l'aide des **scénarios d'occupation du territoire** et des tendances hydrologiques futures.



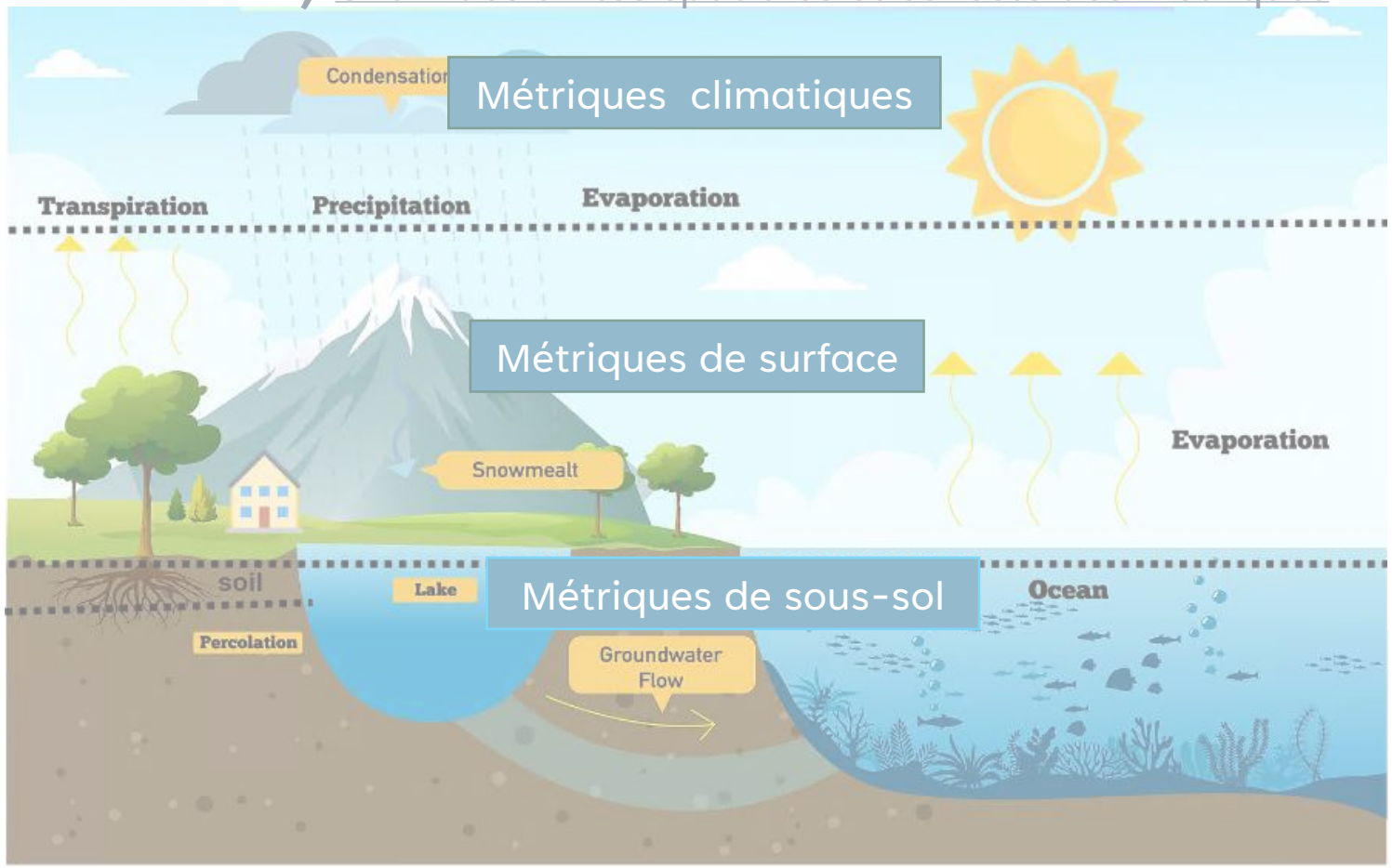
Site d'étude

MRC de Vaudreuil-Soulanges,
Région Montérégie,
Province Québec,
Superficie de **855 km²**



Partie 1 : Construction de l'indice composite des SÉs

1) Choix des unités spatiales et collecte des métriques



2) Sélection des métriques

Analyses statistiques : Corrélation, Sensibilité, ACP.

3) Agrégation des métriques

Poids **X** Mclimatiques + Poids **X** Msurfaces + Poids **X** Msous-sol = Indice composite des SÉs

Partie 2 : Validation de l'indice composite des SÉs

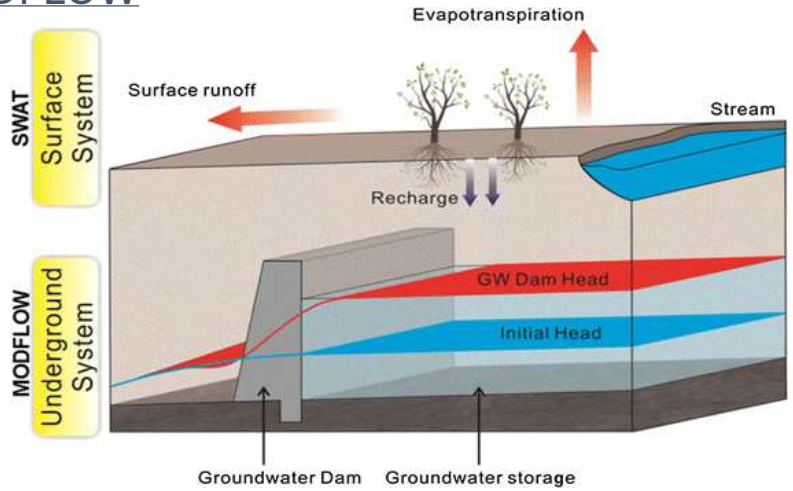
Comparaison avec le modèle hydrologique SWAT-MODFLOW

Indice composite des SÉs d'approvisionnement (SÉ1)

Indice composite des SÉs de régulation (SÉ2)

Coefficient de Spearman

Modèle couplé SWAT-MODFLOW

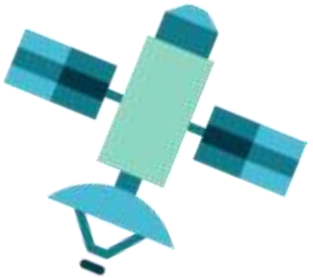


Comparaison avec les données de télédétection

Indice composite des SÉs de soutien des milieux humides (SÉ3)

Coefficient de Spearman

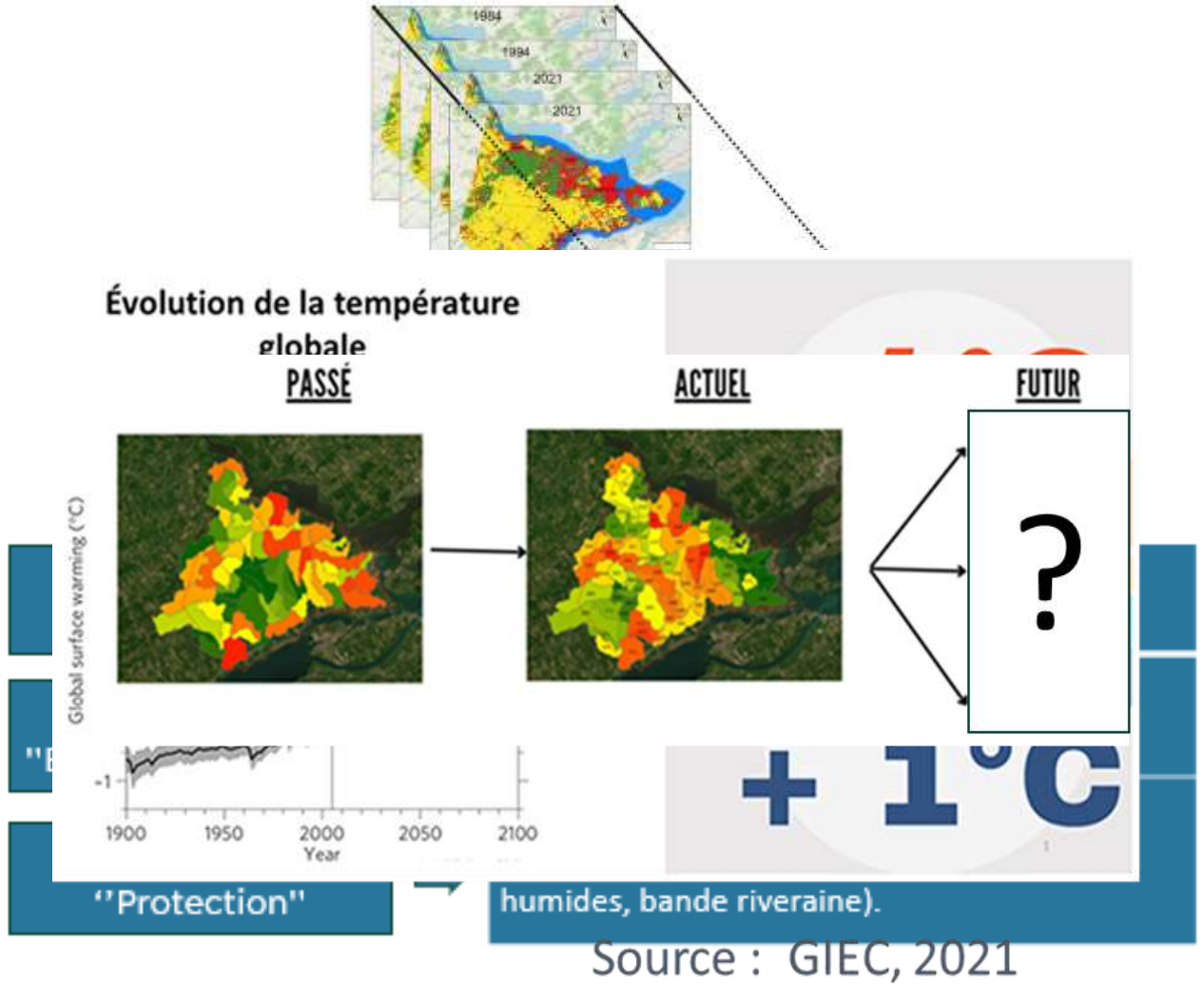
Anomalie NDWI en saison sèche (Landsat/sentinel-2)



$$NDWI_{GAO} = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR1}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR1}}.$$

Partie 3 : Scénarisation future de la disponibilité des SÉs

1. Classification d'image Landsat et scénarisation de l'occupation du territoire de 2050
2. Choix des scénarios climatiques de 2050
3. Scénarisations des SÉs 2050

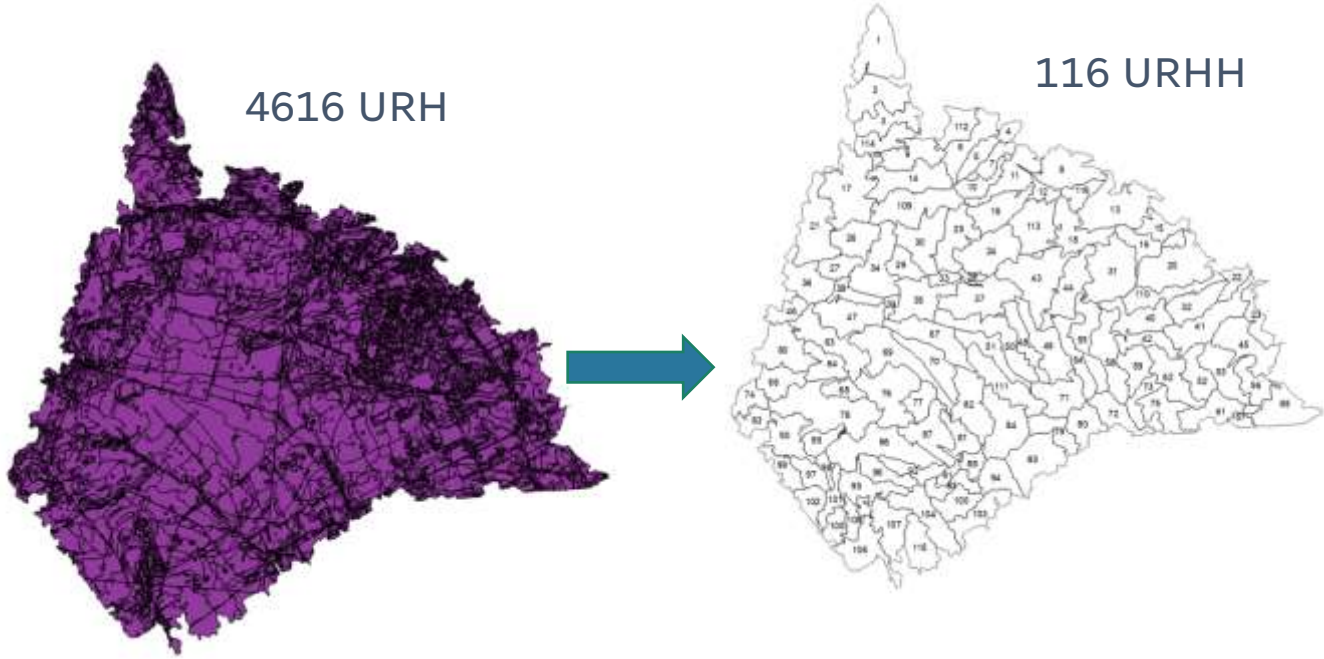


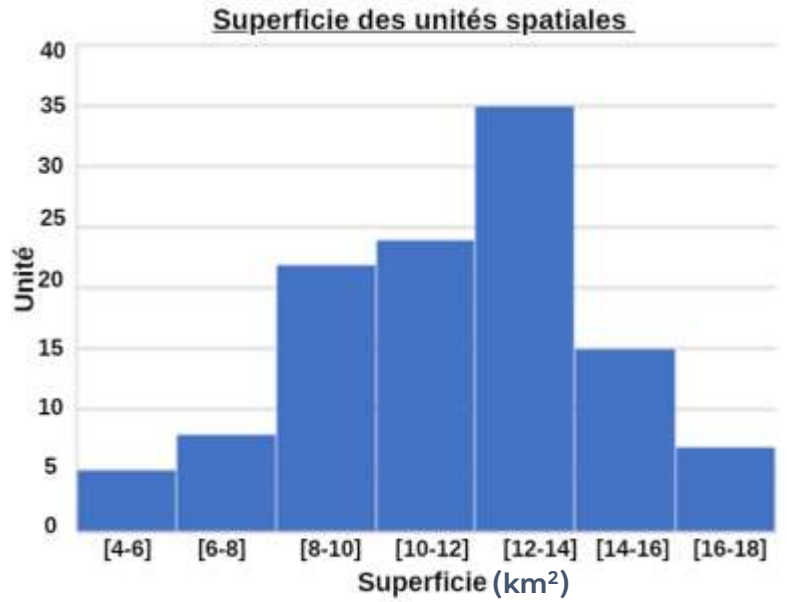
Source : GIEC, 2021

Associer les scénarios d'occupation du territoire aux hypothèses de construction des scénarios climatiques

Unités spatiales hydrologiques

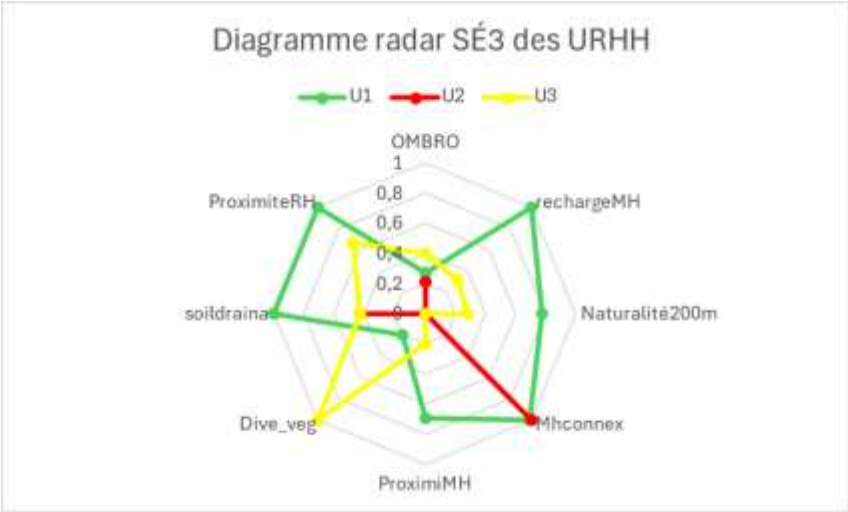
URHH : Unité de réponse hydrologique homogène qui sont des **agrégations** des subdivisions selon leur **similarité** de **type d'occupation du territoire, la pente et le type de sol en unité d'intervention** de superficie moyenne de **10-12 km².**



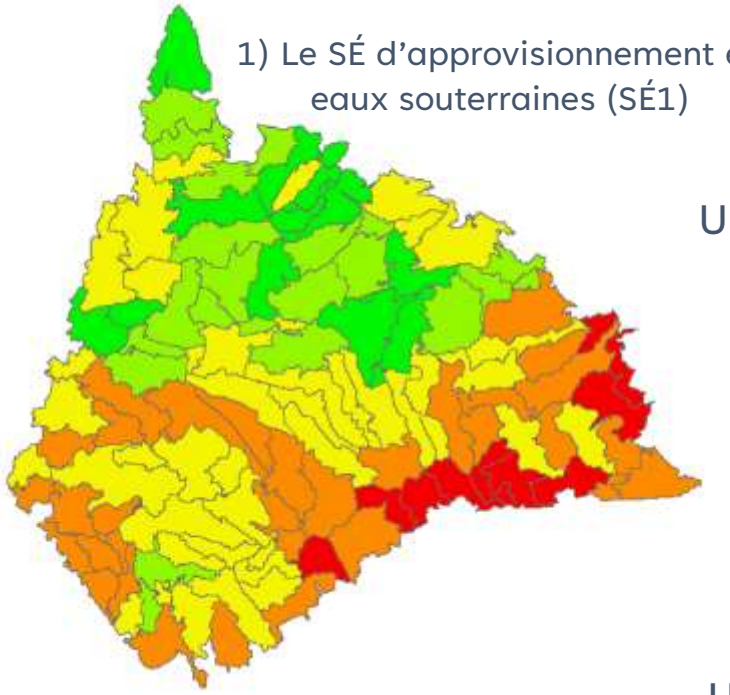


Cartes actuelles des SÉs

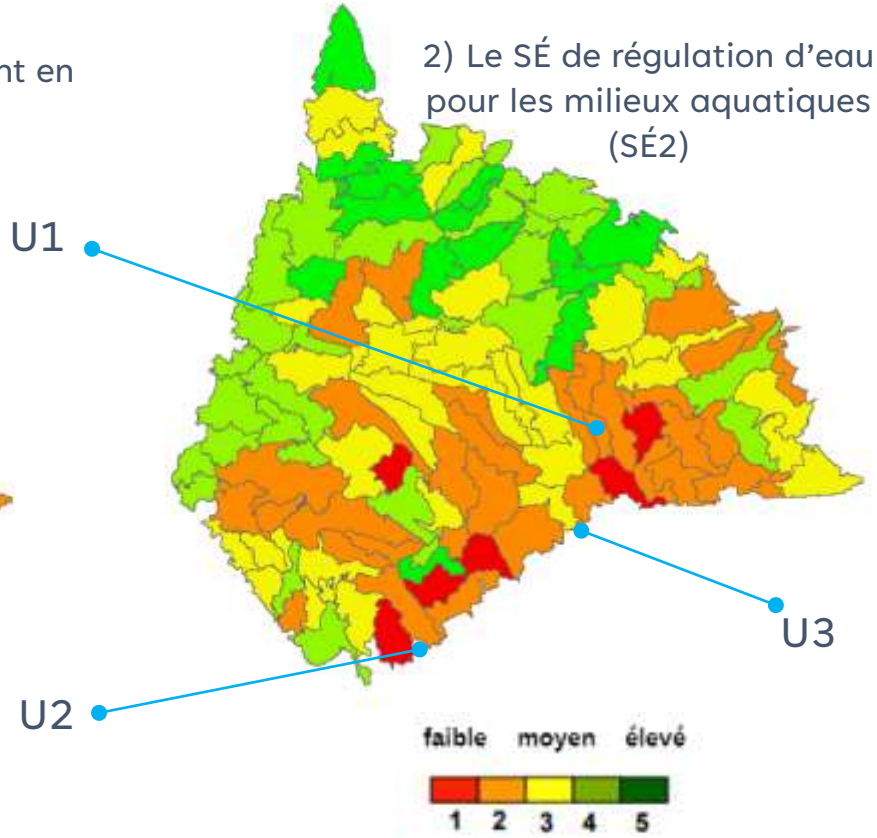
	Nb métriques initiales	Nb métriques finales
SÉ d'approvisionnement (SÉ1)	10	8
SÉ de régulation d'eau dans les cours d'eau (SÉ2)	12	11
SÉ de soutien des milieux humides (SÉ3)	11	8



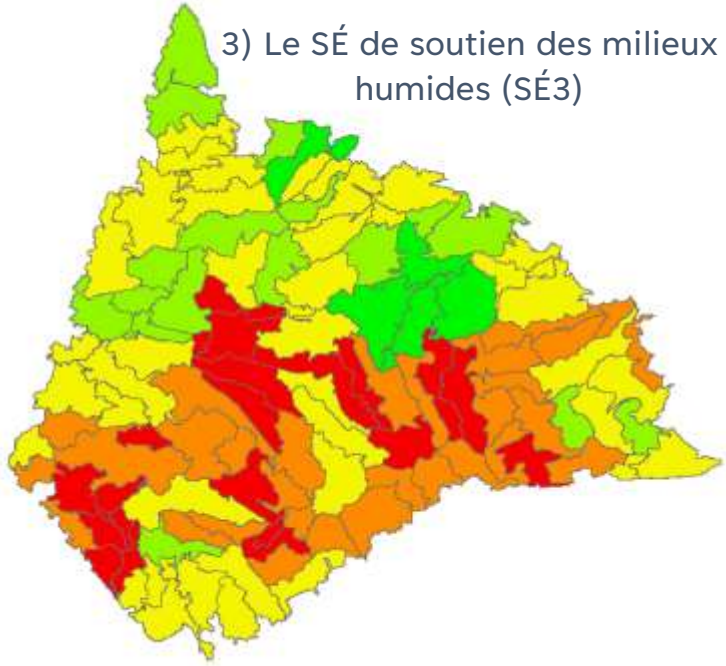
1) Le SÉ d'approvisionnement en eaux souterraines (SÉ1)



2) Le SÉ de régulation d'eau pour les milieux aquatiques (SÉ2)

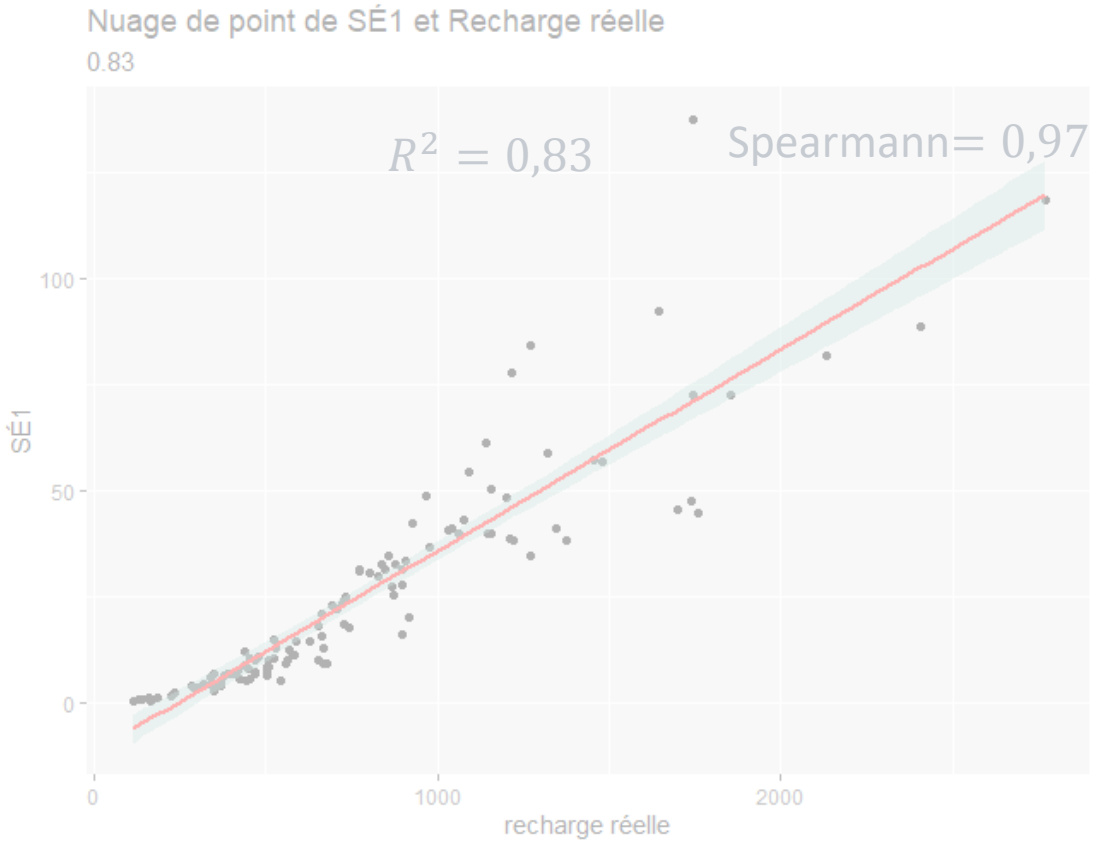


3) Le SÉ de soutien des milieux humides (SÉ3)



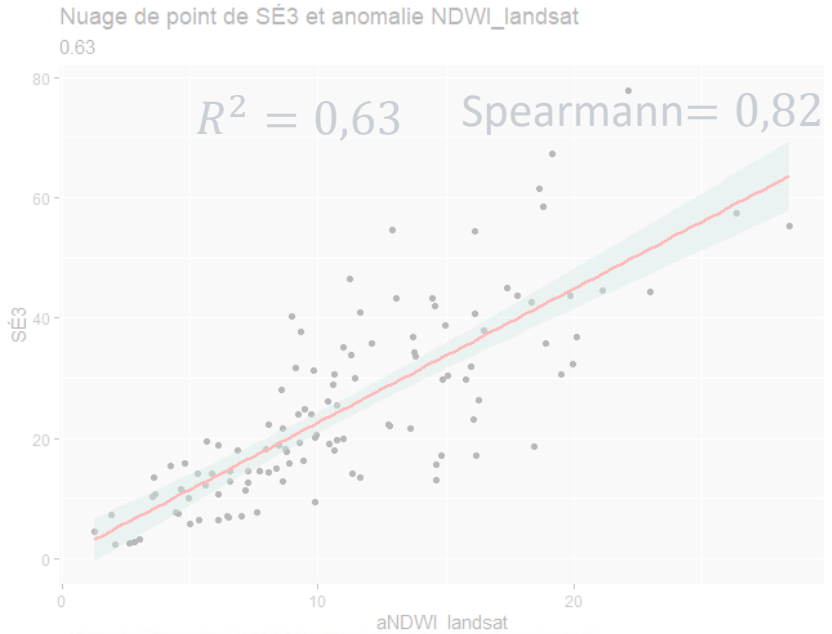
Validation des indices composites de SÉ

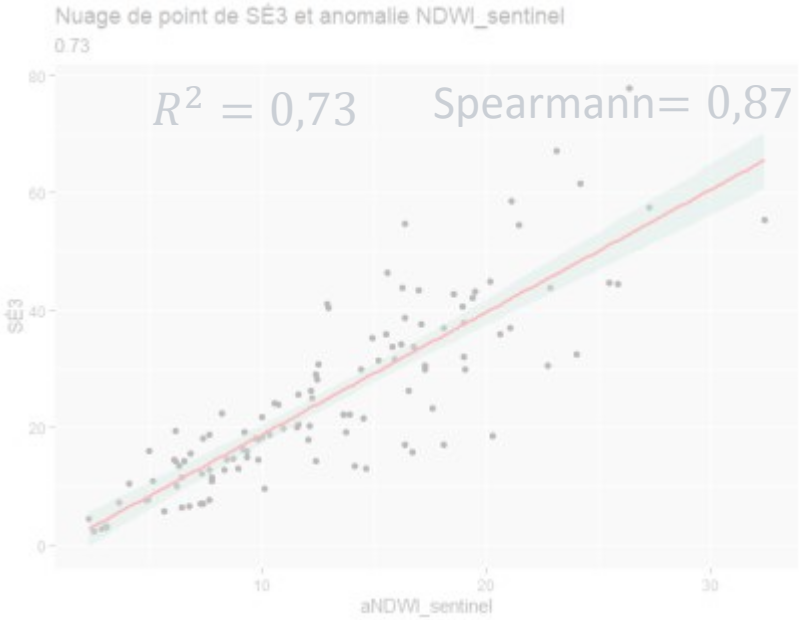
Comparaison de SÉ1 avec le modèle hydrologique



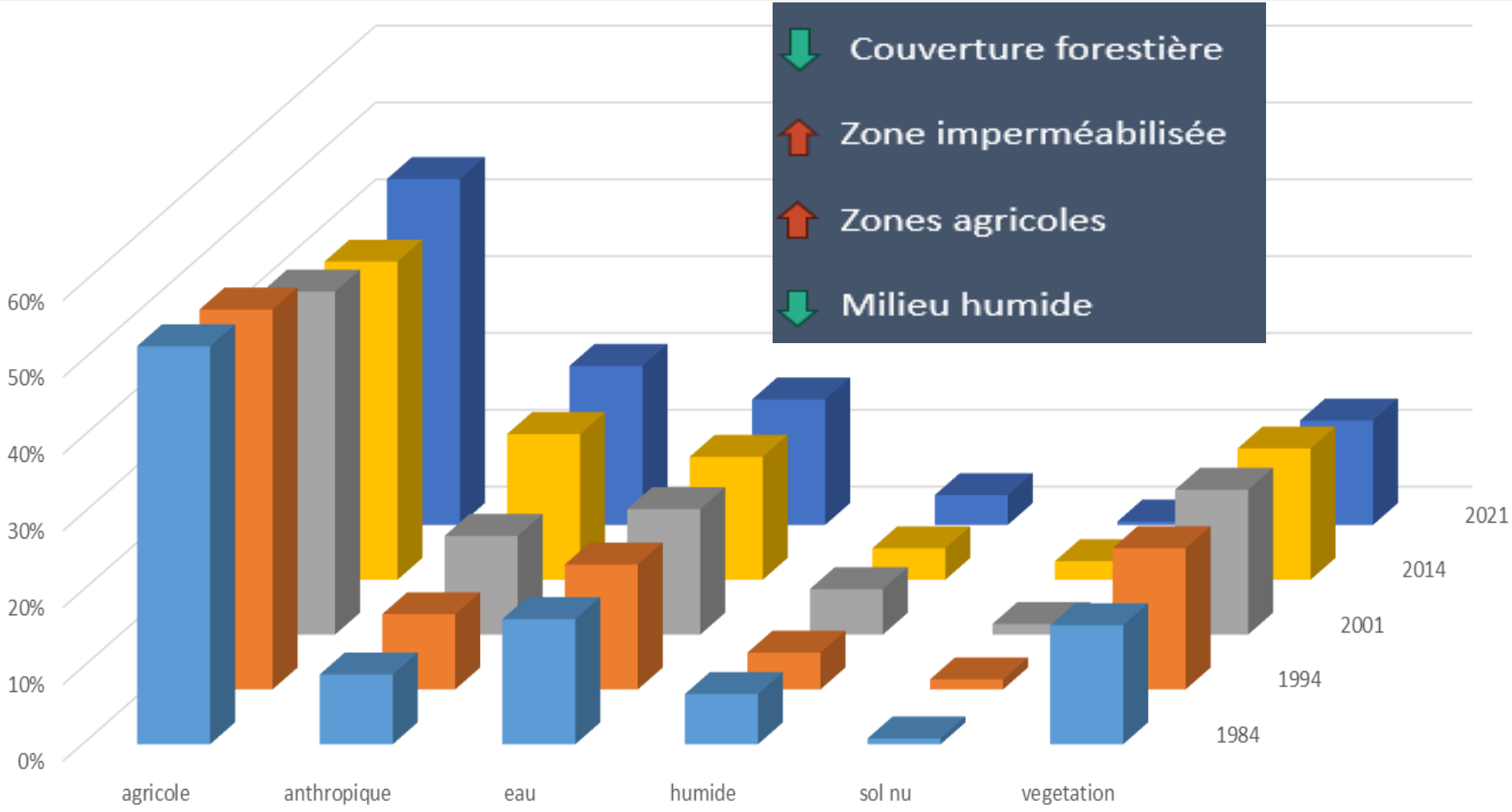
Le SÉ d'approvisionnement des eaux souterraines est maintenu par la recharge réelle sur ce territoire

Comparaison de SÉ3 avec le NDWI



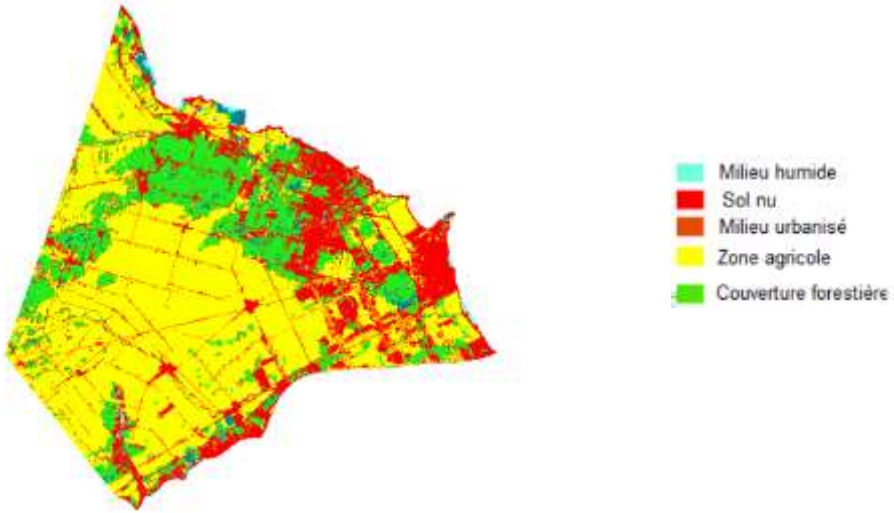


Carte d'occupation de territoire depuis 1984

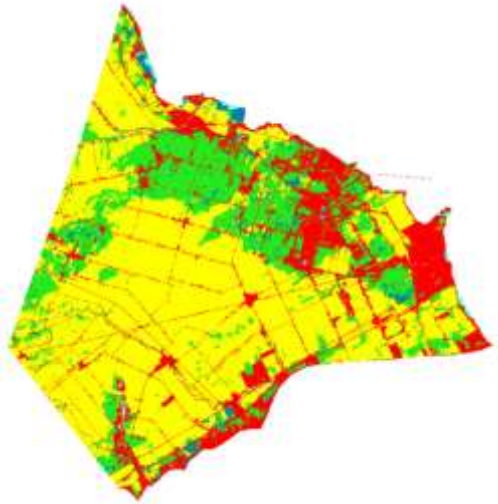


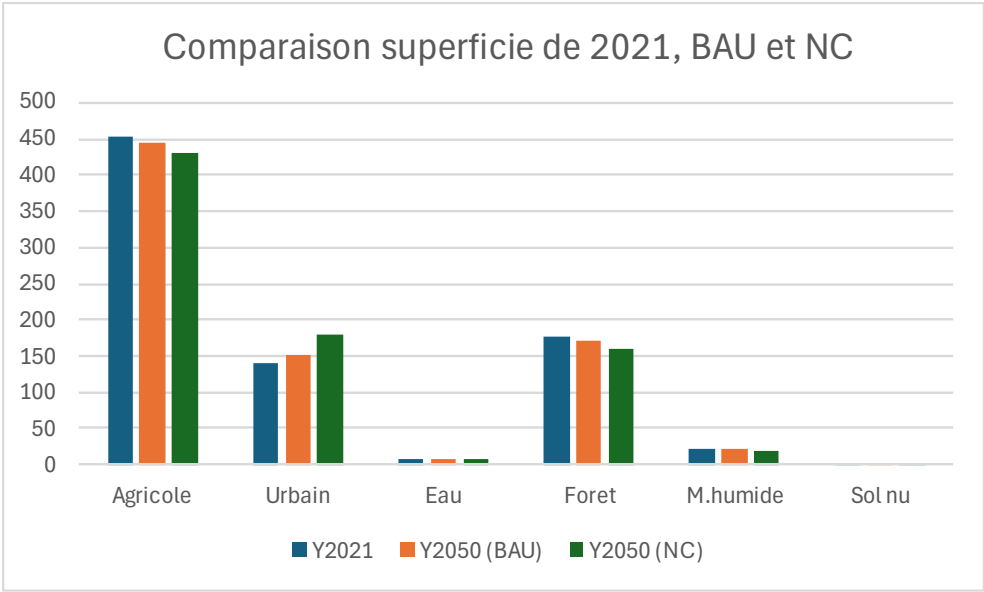
Scénario d'occupation du territoire

Scénario 2050 Non Contrôlé



Scénario 2050 Business as usual

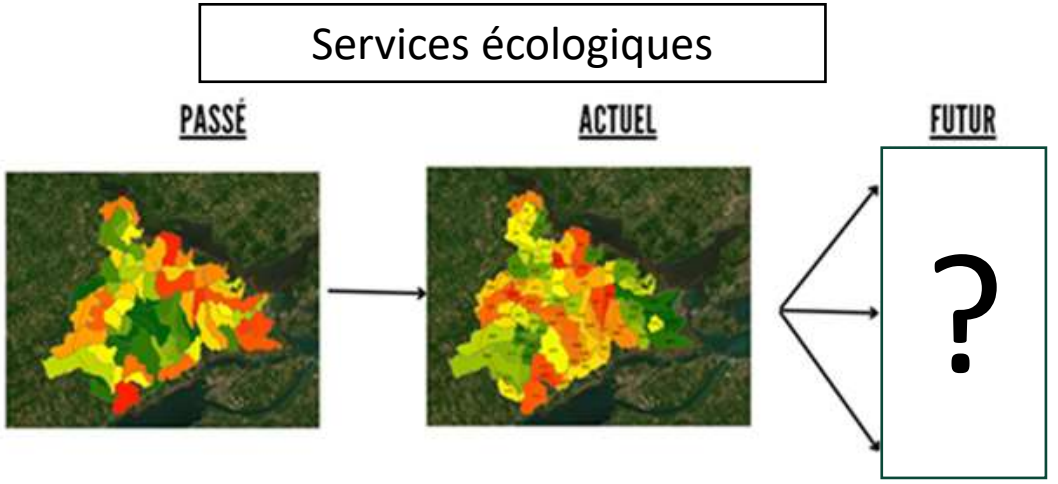




Augmentation de la superficie urbanisée (BAU= 10%, NC= 20%) réduisant la couverture forestière et la zone agricole

Travaux en cours :

- Validation du SÉ2 avec le modèle SWAT-MODFLOW
- Scénarisation de l'occupation du territoire future (protection)
- Choix des modèles climatiques
- Scénarisation de la disponibilité des SÉs futurs

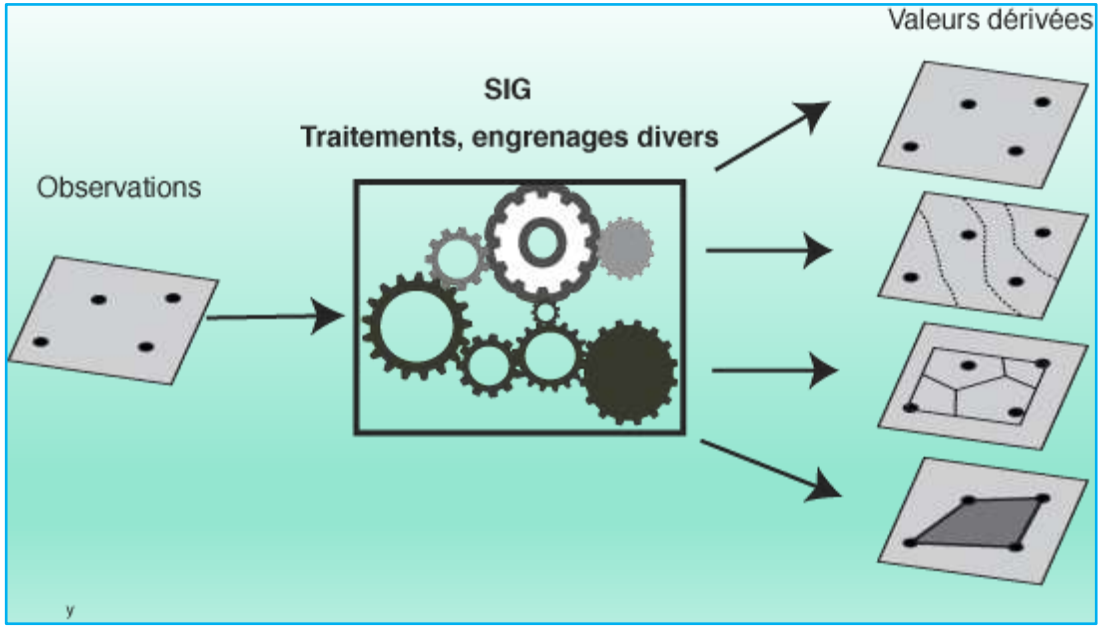


Limites et perspectives

- **Incertitude** des données et des modèles

- **Choix des métriques** à améliorer pour bien encadrer les processus hydrologiques (Ex. Insertion d'avis d'expert en hydrogéologie)

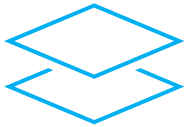
- **Incertitudes** sur les scénarisations (Ex. Ajouts de variables déterminants pour avoir des scénarios plus réalistes)



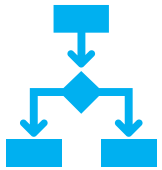
Conclusion

La cartographie et la scénarisation des SÉs à l'aide des indices composites sont des outils pratiques et puissants dans la géstion du territoire.

prendre en compte chaque fonction des écosystèmes via les métriques



intégrer différents types de données (Mesure terrain, Modèle, Télédétection, etc.)



explorer différentes voies possibles pour une gestion territoriale éclairée, équilibrée et durable

17

Merci pour votre attention!

Courriel : Safidy.Randrianiaina@usherbrooke.ca