

# Analyse coûts-avantages de l'adaptation aux risques fluviaux

Quantification des services écosystémiques : le cas d'InVEST



COMITÉ DE BASSIN DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



Ursule Boyer-Villemare, Annabelle Lamy, Caroline Simard, Raphaël Desjardins (Ouranos) Jérémie Roques, (ROBVQ), Sylvia Wood (Habitat).

1. Introduction
2. Cadre général sur les services écosystémiques
3. Cas d'InVEST issu du projet ACA inondation et risques fluviaux
4. Discussion et synthèse.

- Services écosystémiques (SE) : l'ensemble services fournis par les écosystèmes
  - « Les services écosystémiques sont les avantages nombreux et variés que l'homme retire de l'environnement naturel et d'écosystèmes sains» (MEA)
  - Services écologiques : aussi utilisé, synonyme, mais moins inclusif
- Quantification des SE :
  - Quantification biophysique : stock ou flux de SE
  - Quantification économique ou monétisation : évaluation économique des quantités biophysiques
  - Comptabilisation : bilan d'ensemble sur une période sur un territoire donné (suivi et reddition)



*Les services écosystémiques sont les avantages nombreux et variés que l'homme retire de l'environnement naturel et d'écosystèmes sains.*

### Approvisionnement



- Production agricole
- Production forestière/ligneuse
- Approvisionnement en eau

### Régulation et maintient



- Régulation du climat et séquestration du carbone
- Qualité de l'air
- Contrôle biologique
- Cycle des nutriments
- Habitats favorisant la biodiversité
- Pollinisation

### Culturel



- Récréotourisme
- Esthétisme du paysage



ARIES



MIMES



iTree



Costing  
Nature/Waterworld



InVEST

# natural capital PROJECT

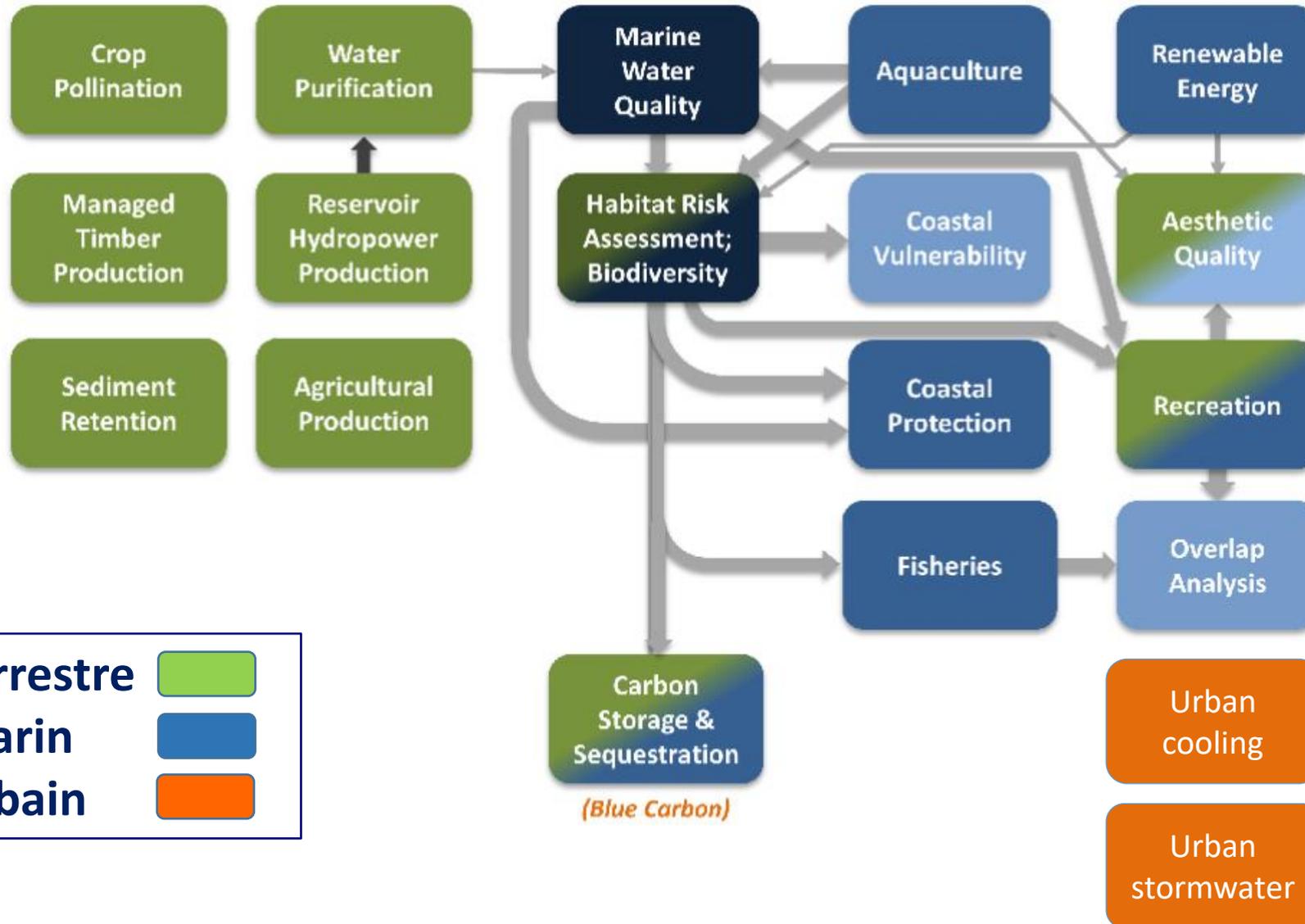
## Collaboration de 6 organizations académiques et ONGs

- Soutient la science du capital naturel
- Construction d'outils d'aide à la décision
- Partenaires avec les décideurs

# InVEST

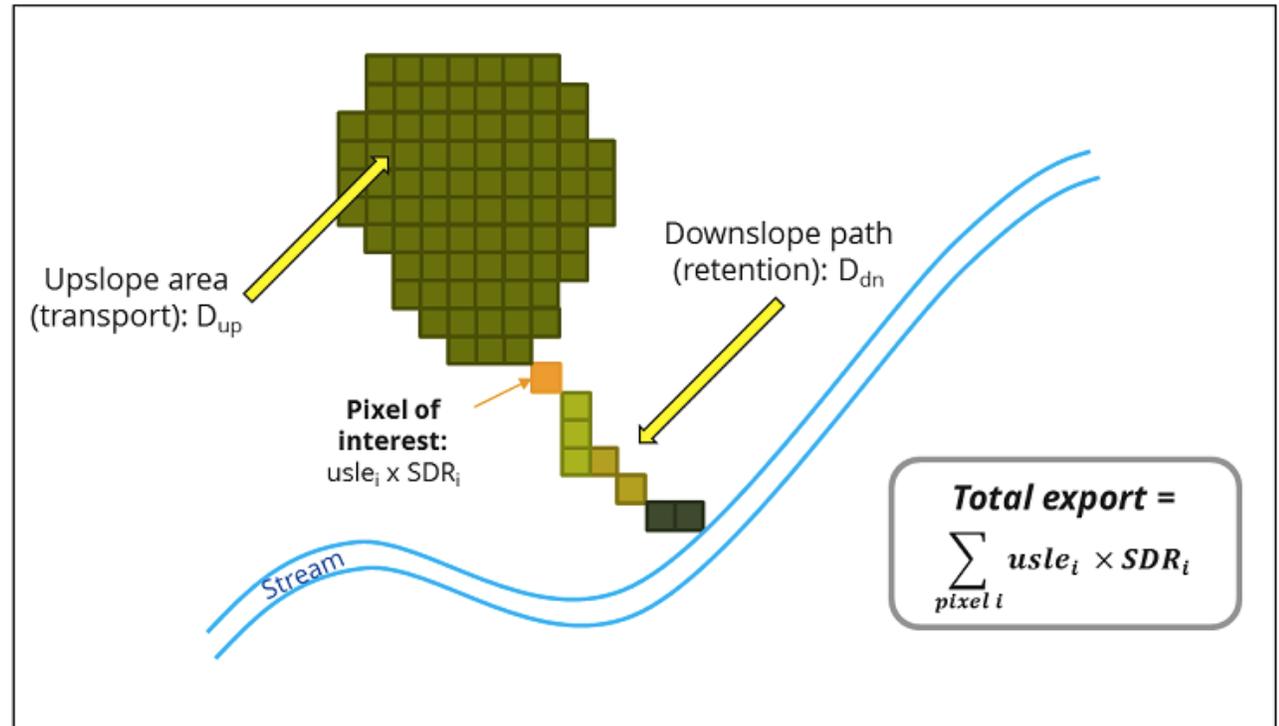
integrated valuation of  
ecosystem services  
and tradeoffs

- Boite d'outils ouverts et gratuits pour la quantification des services écosystémiques;
- Des modèles spatiaux basés sur les données biophysiques des écosystèmes et les connaissances scientifiques sur les fonctionnements écologiques;
- Plus de 22 services écosystémiques;
- Communauté de pratique soutenue

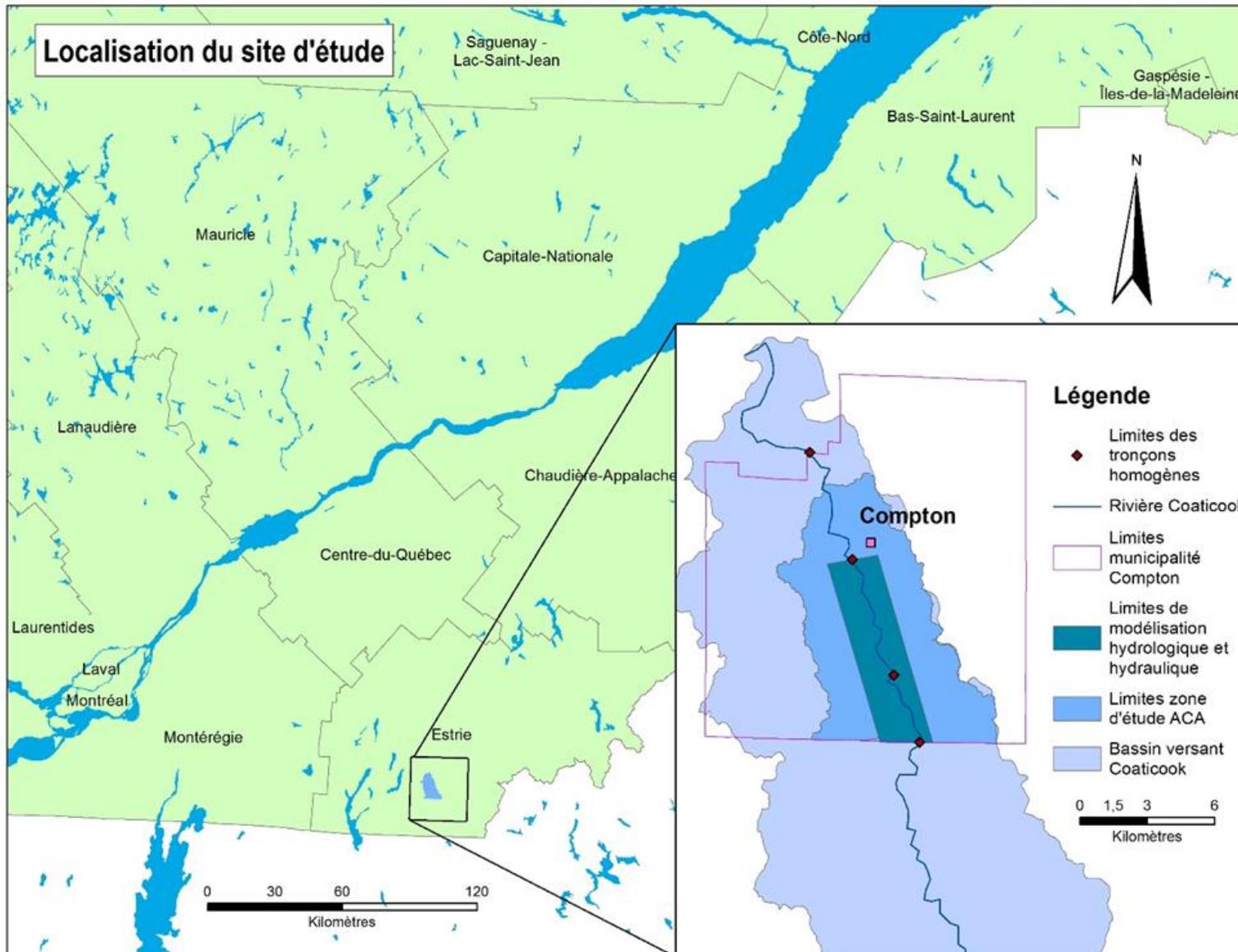


**Modèle terrestre** ■  
**Modèle marin** ■  
**Modèle urbain** ■

- La configuration spatiale des écosystèmes dans les paysages a un impact sur l'approvisionnement des services
- Certains services se réalisent a grande échelle
- Les calculs prennent en considération le contexte spatiale et les interrelations entre les occupation des sols



# Cas d'InVEST issu du projet ACA inondation et risques fluviaux



## Démarche de la quantification des services écosystémiques

État de référence de l'environnement



Scénarios



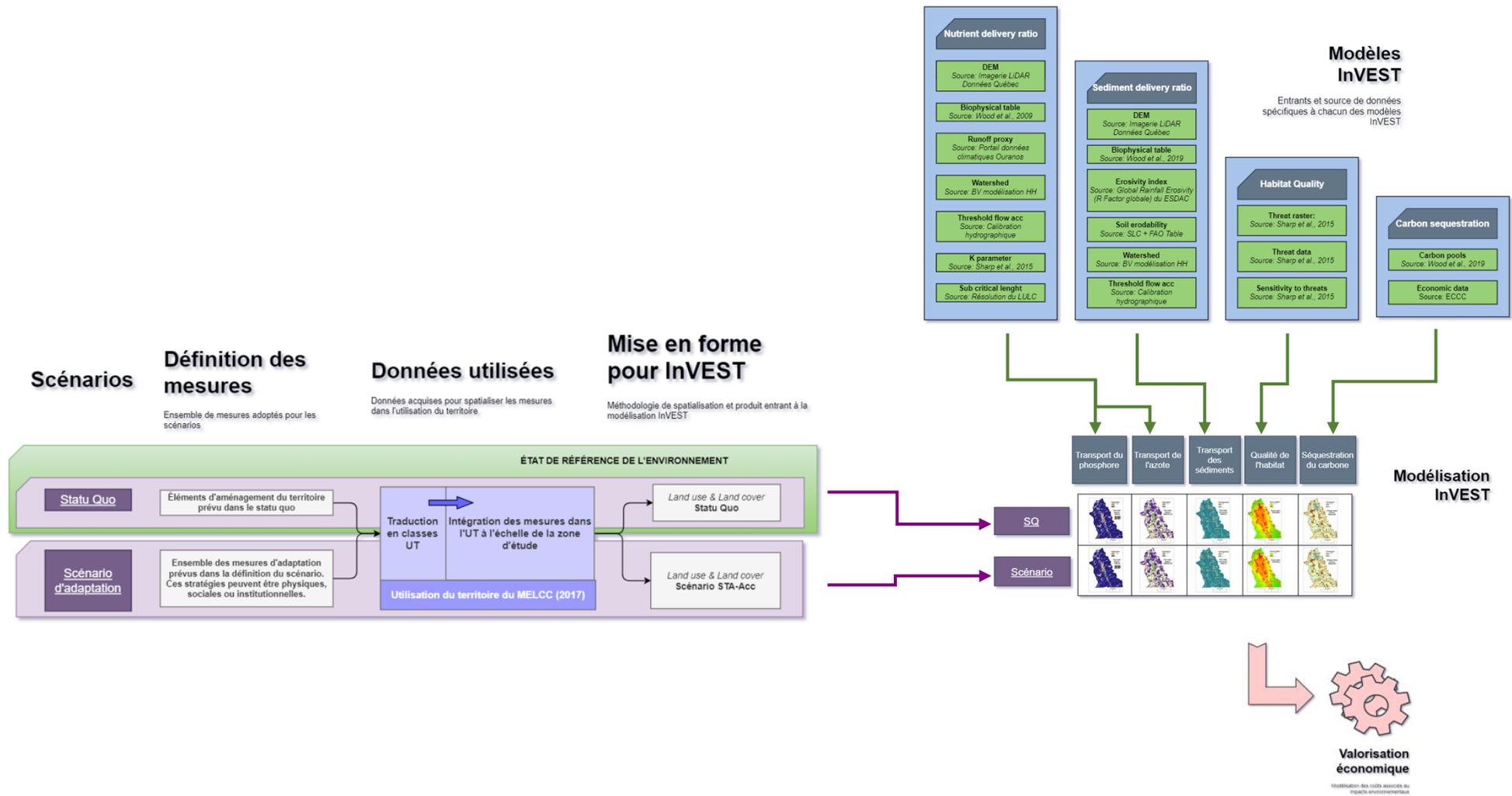
Valorisation économique



Coûts et avantage de chaque scénarios

### 4 modules calibrés pour le Québec\*

- Séquestration du carbone
- Transport des nutriments
- Transport des sédiments
- Qualité des habitats



## Scénarios

## Définition des mesures

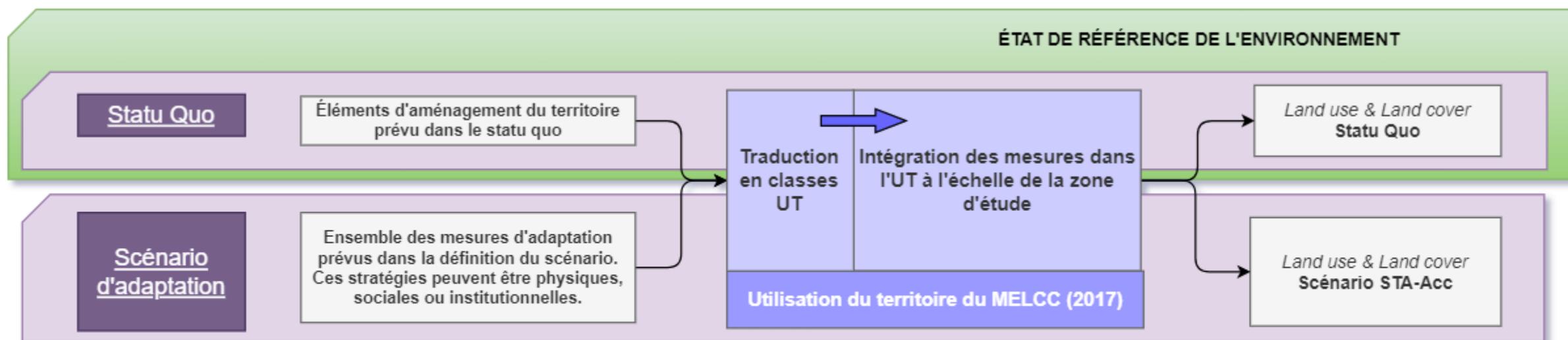
Ensemble de mesures adoptés pour les scénarios

## Données utilisées

Données acquises pour spatialiser les mesures dans l'utilisation du territoire

## Mise en forme pour InVEST

Méthodologie de spatialisation et produit entrant à la modélisation InVEST



# Scénario d'espace de mobilité hybride et adaptation des pratiques agricoles

## 1. Définition des mesures

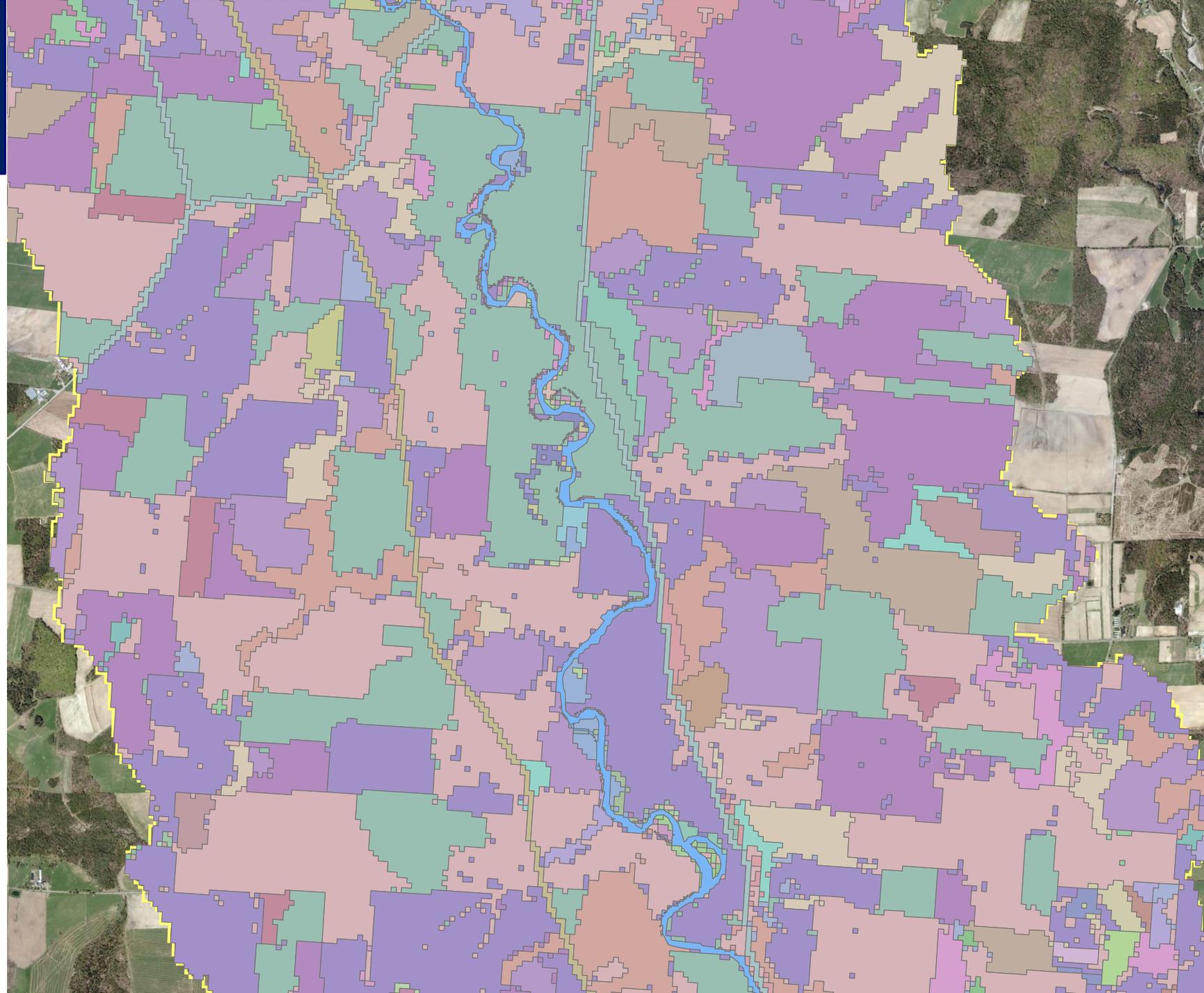
Modification des droits d'usage  
dans la zone de mobilité 50 ans

Restriction des types de  
cultures dans la zone inondable

Aménagements hydro-agricoles  
de rétention et réglementation  
des pratiques de culture sur  
résidus dans toute la zone

## 2. Traduction en utilisation du territoire

## 3. Intégration dans l'UT à l'échelle de la zone d'étude



Transport du phosphore

Transport de l'azote

Transport des sédiments

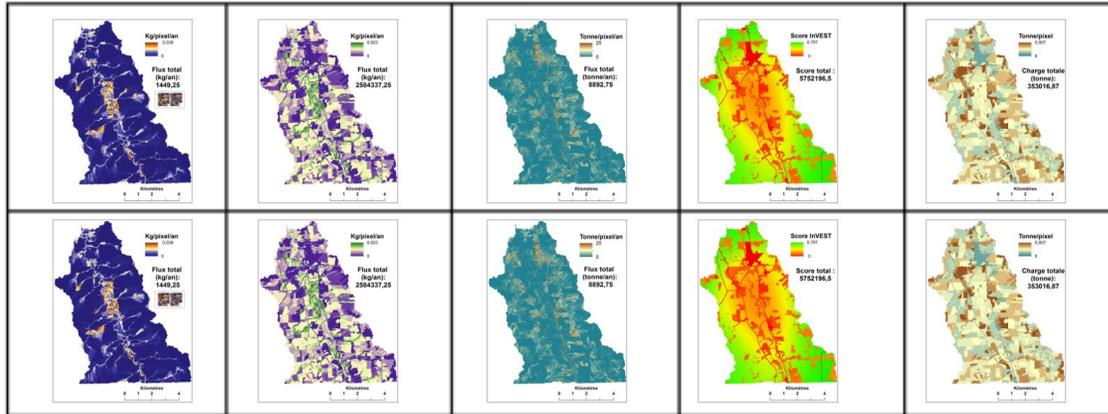
Qualité de l'habitat

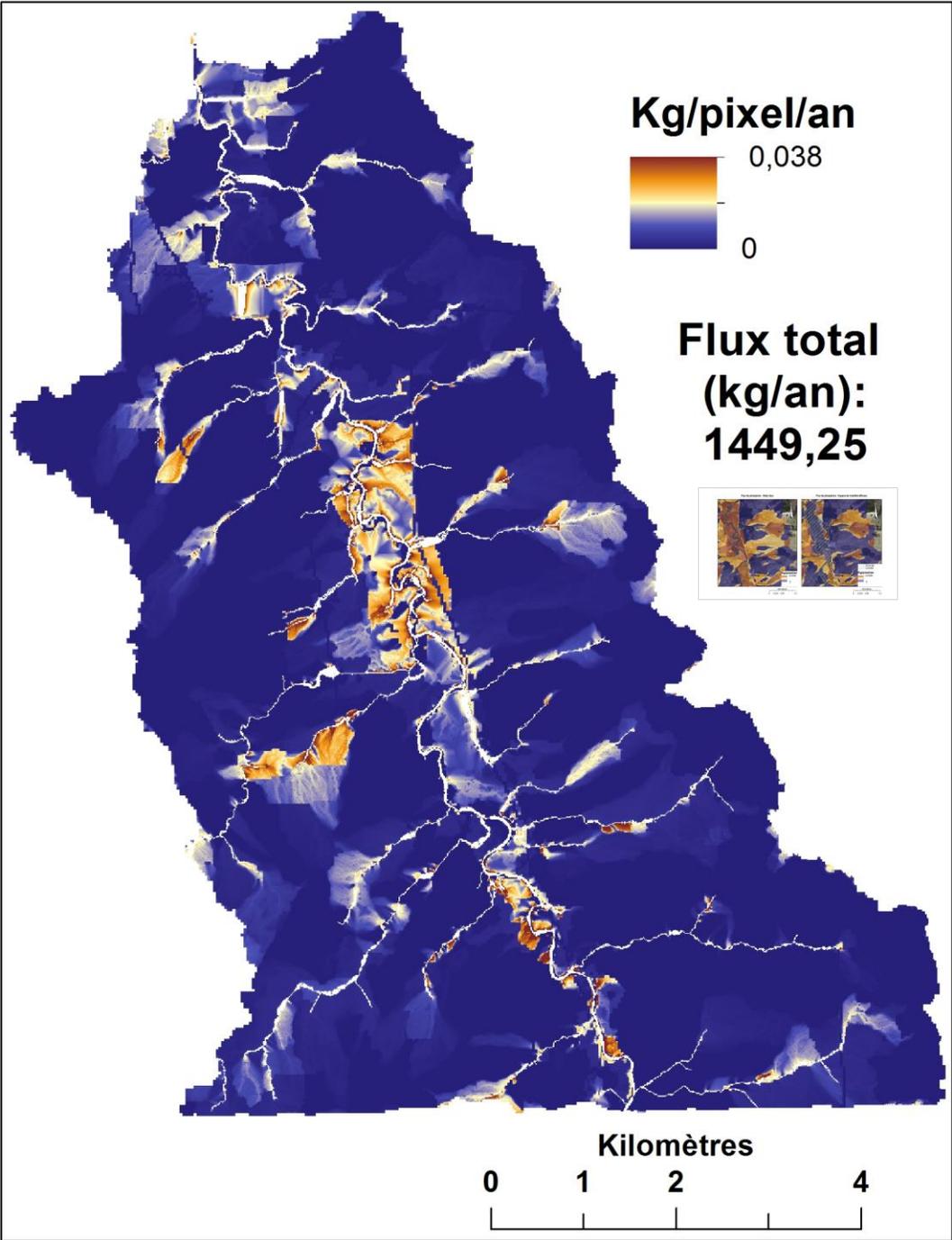
Séquestration du carbone

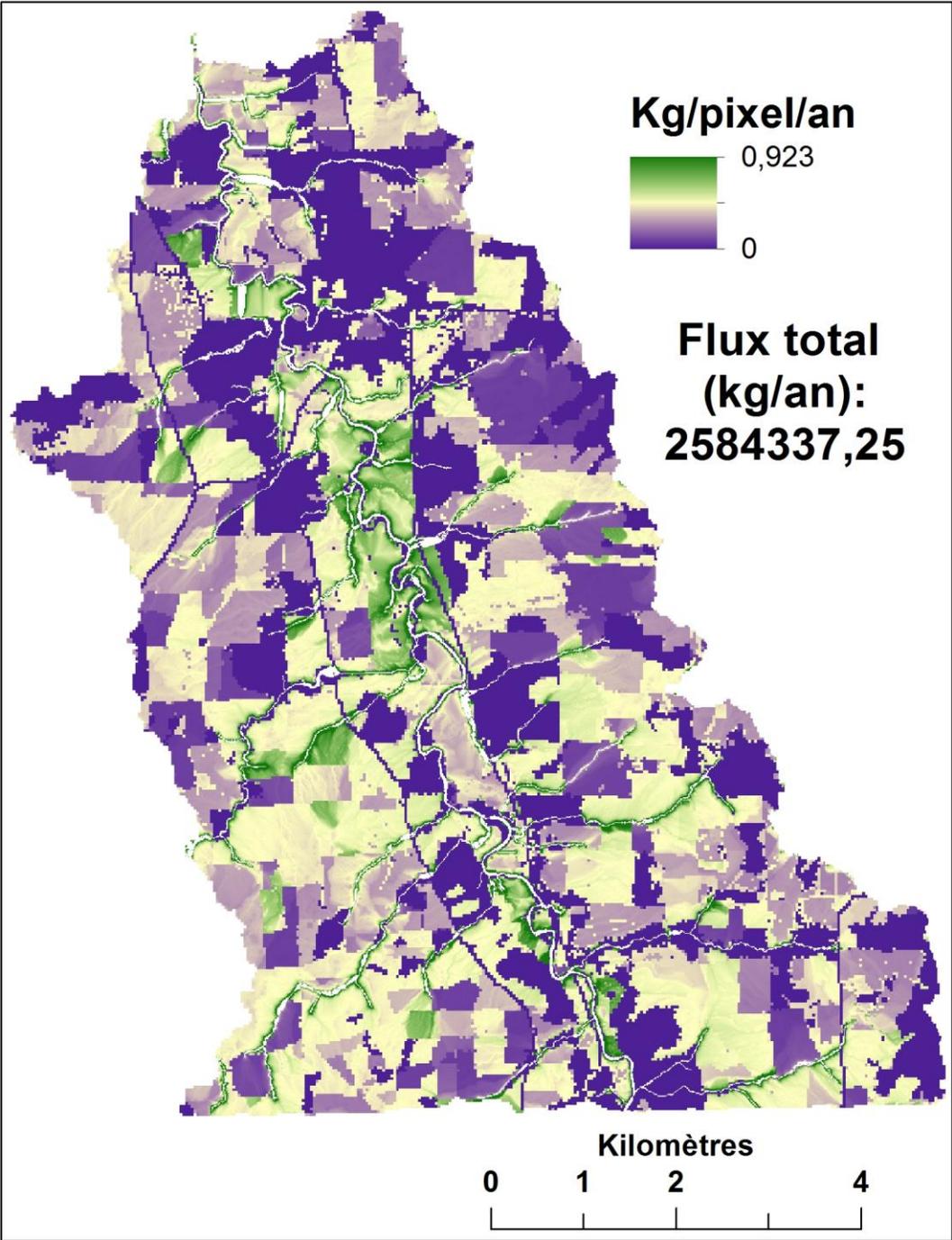
# Modélisation InVEST

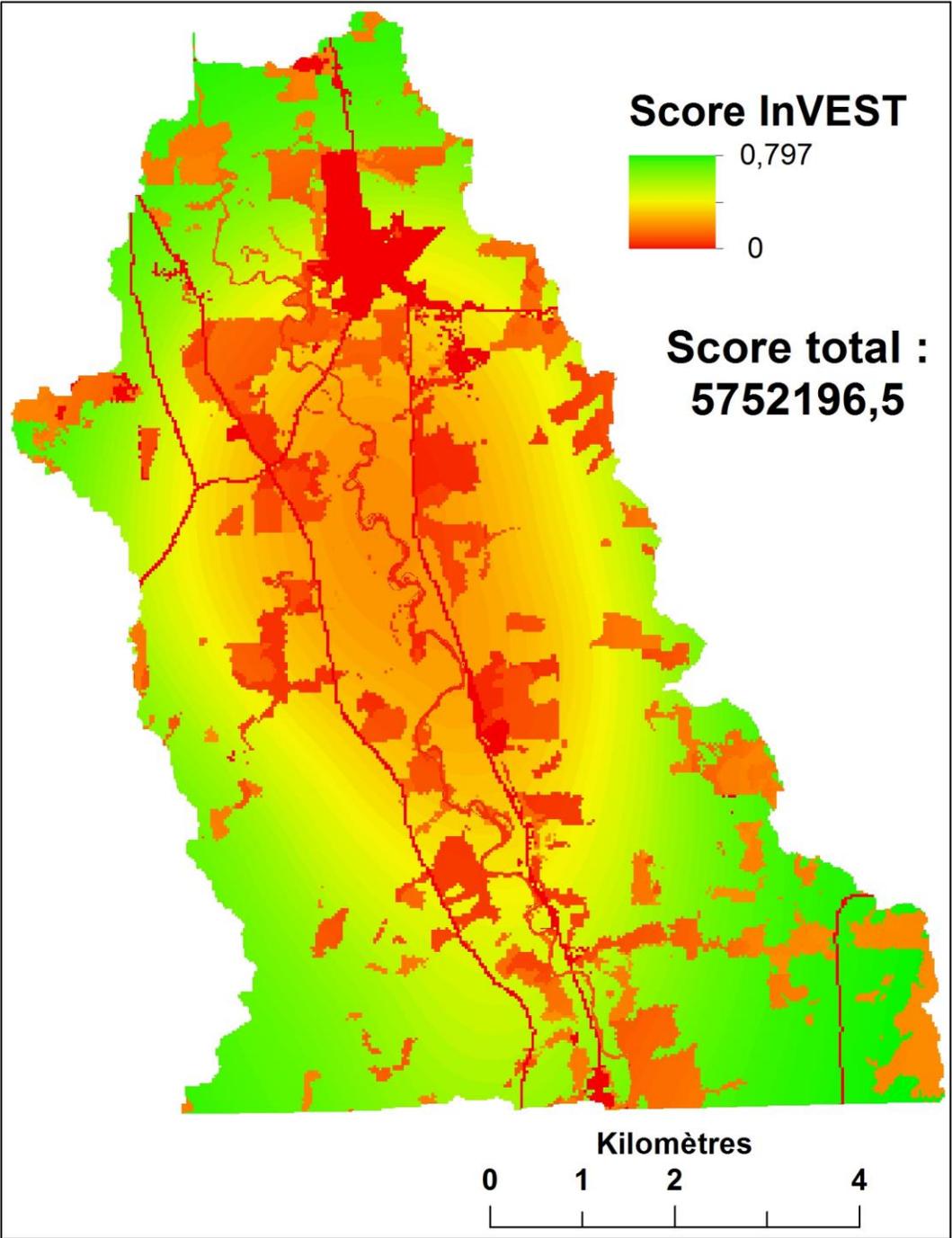
SQ

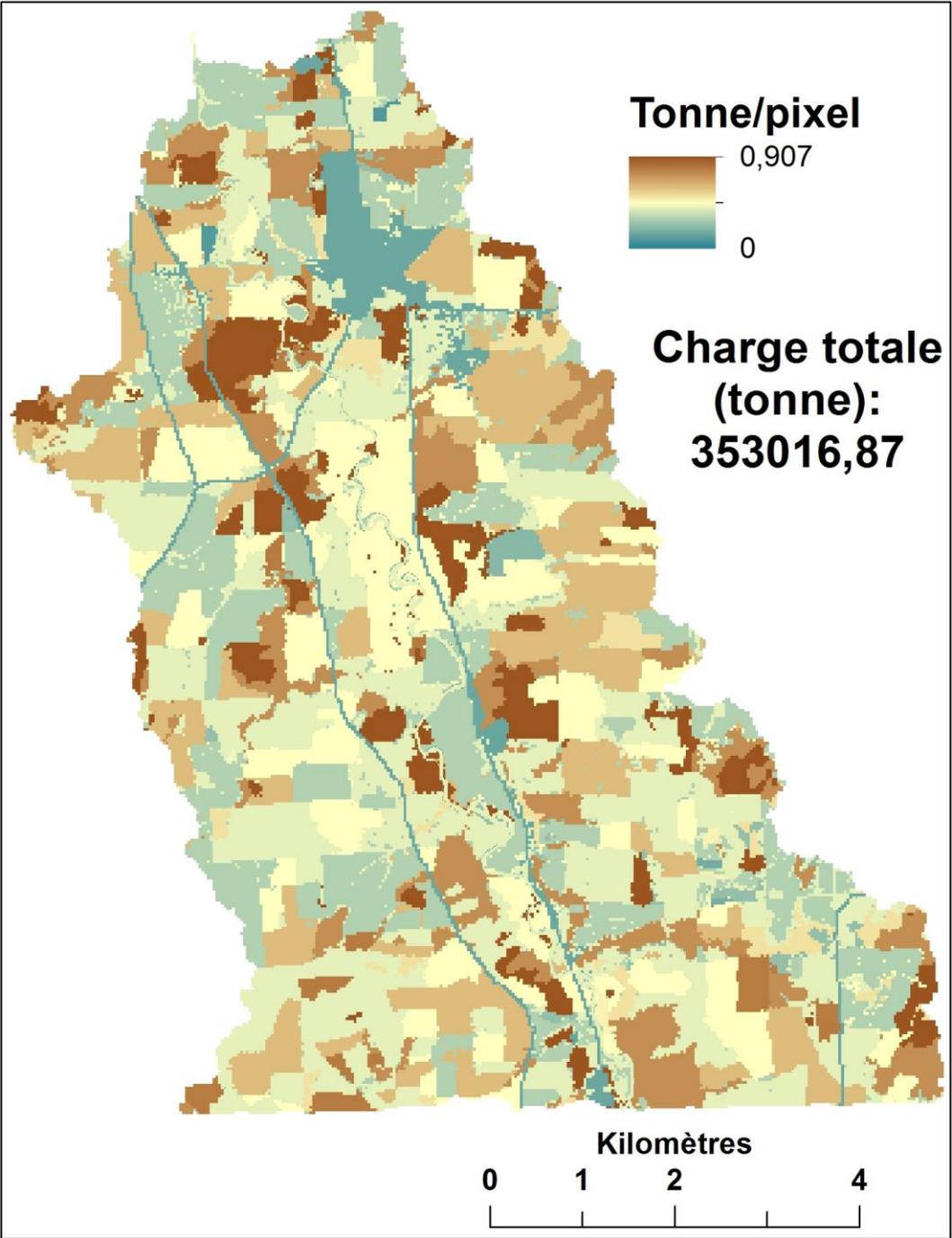
Scénario

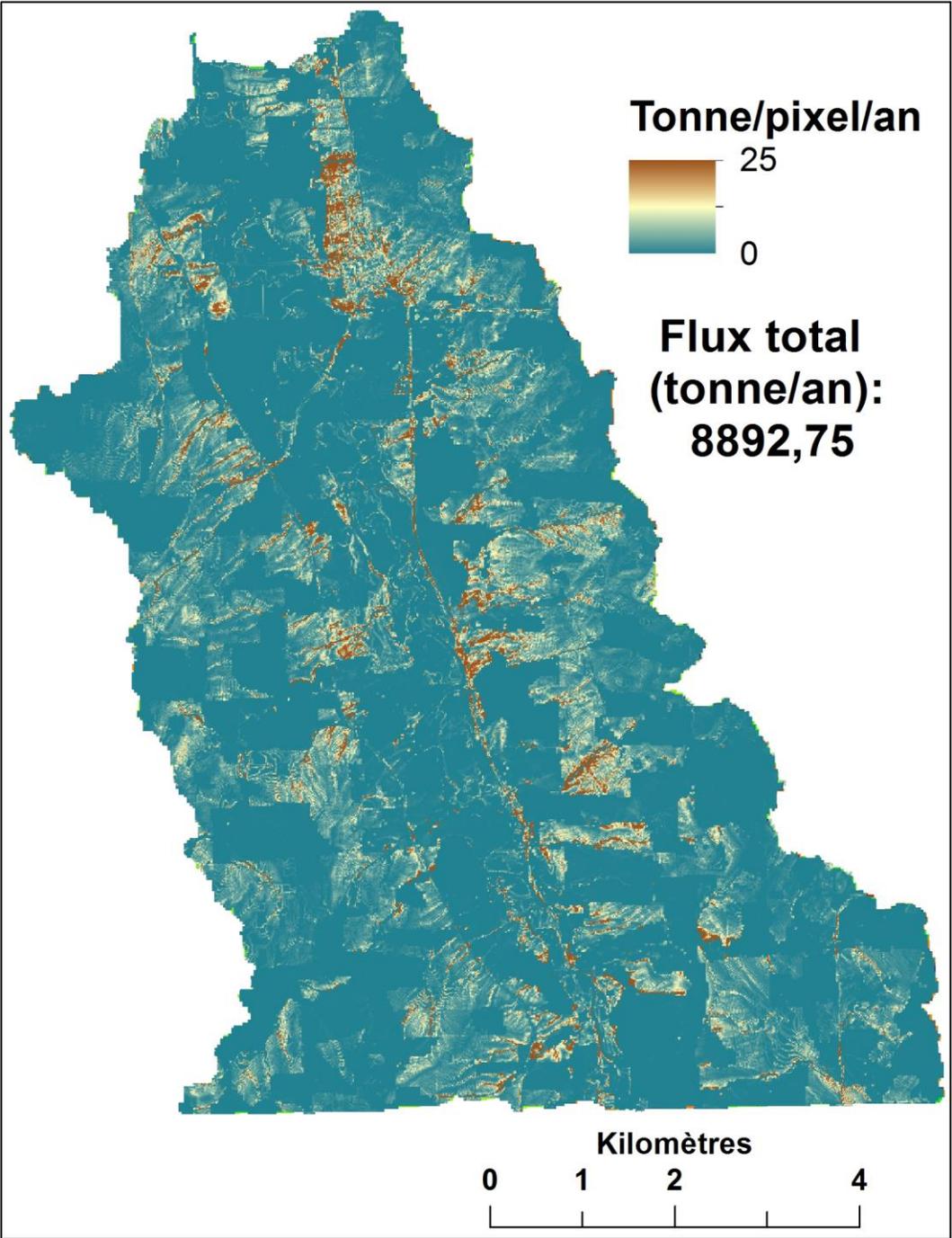




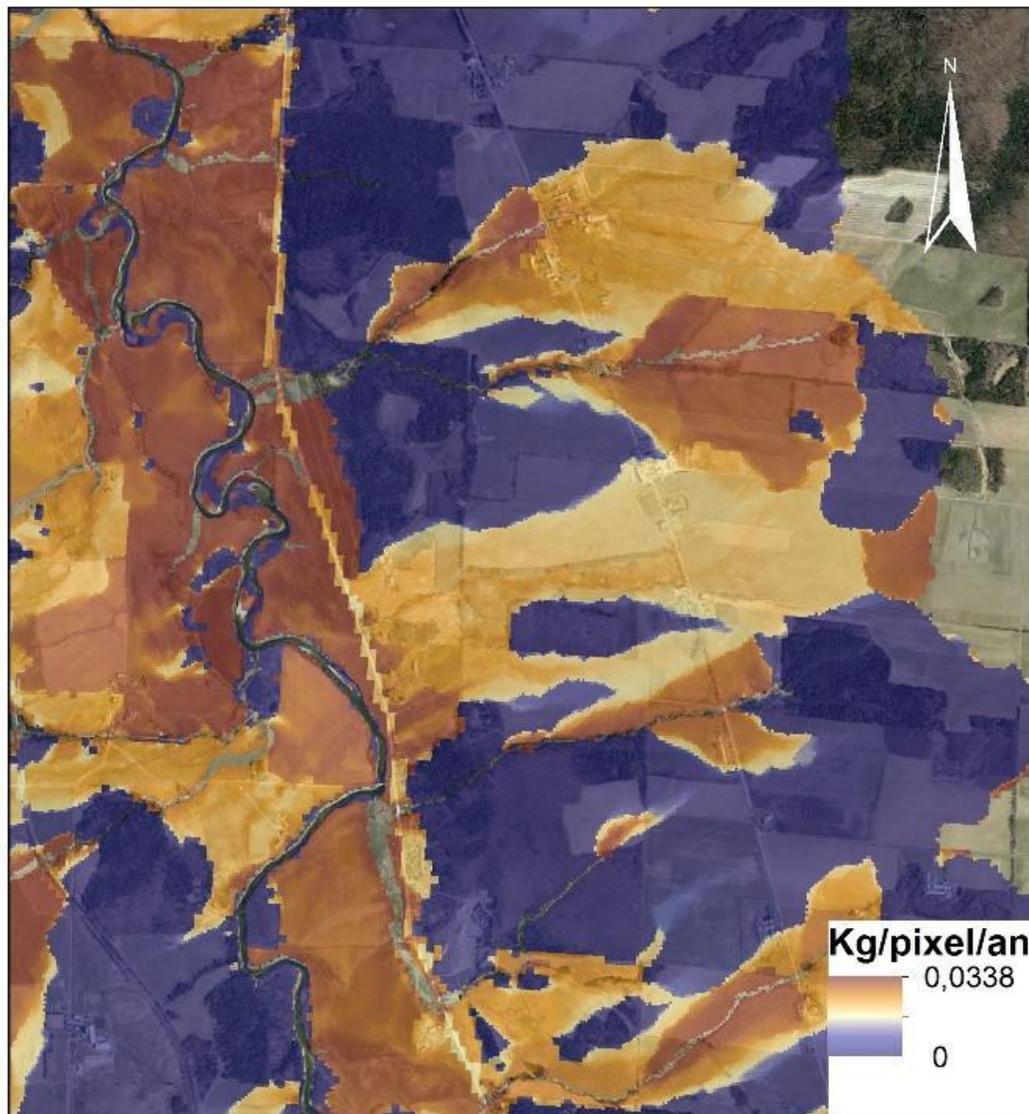






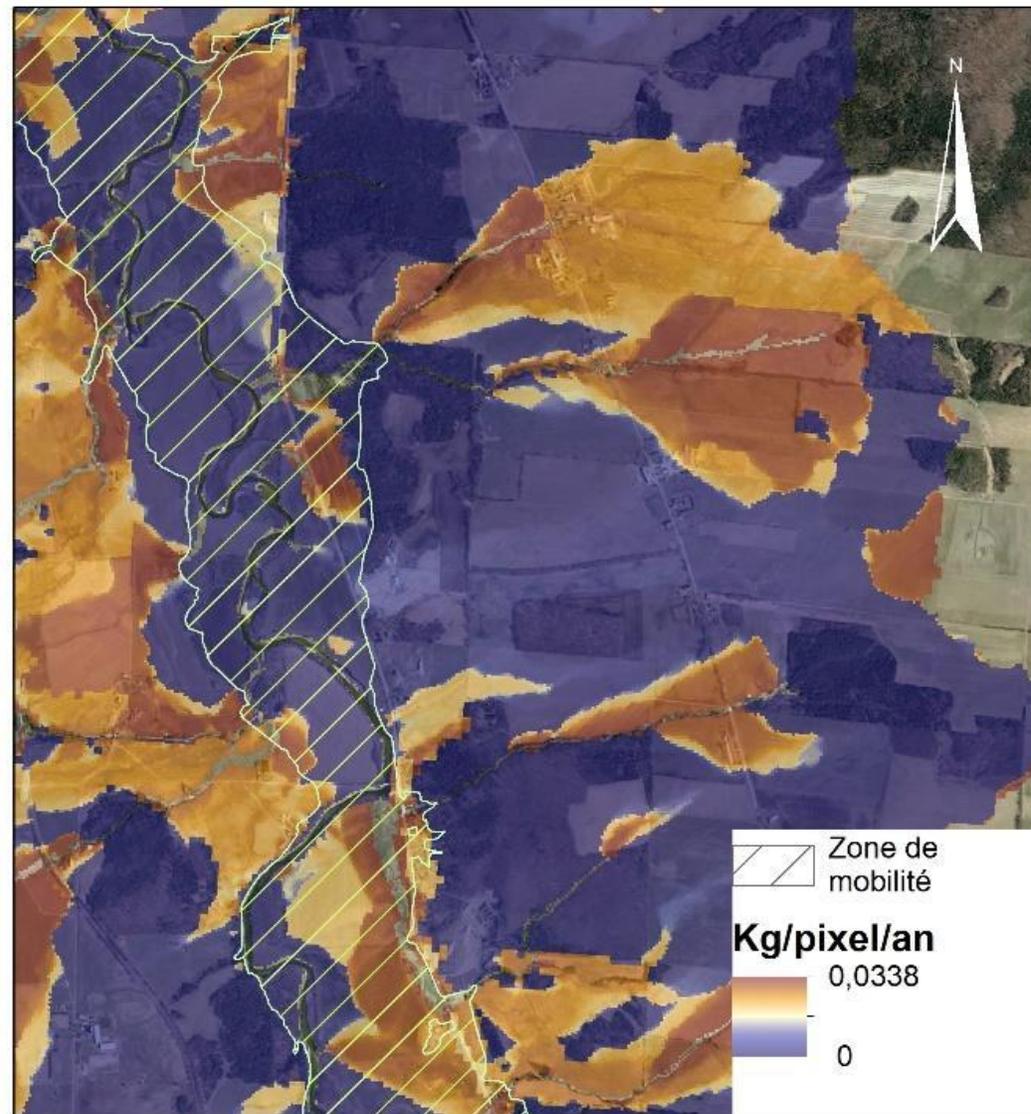


Flux de phosphore - Statu Quo



Kilomètres  
0 0,325 0,65 1,3

Flux de phosphore - Espace de mobilité efficace



Kilomètres  
0 0,325 0,65 1,3

## Nutrient delivery ratio

### DEM

Source: Imagerie LiDAR  
Données Québec

### Biophysical table

Source: Wood et al., 2009

### Runoff proxy

Source: Portail données  
climatiques Ouranos

### Watershed

Source: BV modélisation HH

### Threshold flow acc

Source: Calibration  
hydrographique

### K parameter

Source: Sharp et al., 2015

### Sub critical length

Source: Résolution du LULC

## Sediment delivery ratio

### DEM

Source: Imagerie LiDAR  
Données Québec

### Biophysical table

Source: Wood et al., 2019

### Erosivity index

Source: Global Rainfall Erosivity  
(R Factor globale) du ESDAC

### Soil erodability

Source: SLC + FAO Table

### Watershed

Source: BV modélisation HH

### Threshold flow acc

Source: Calibration  
hydrographique

# Modèles InVEST

Entrants et source de données  
spécifiques à chacun des modèles  
InVEST

## Habitat Quality

### Threat raster:

Source: Sharp et al., 2015

### Threat data

Source: Sharp et al., 2015

### Sensitivity to threats

Source: Sharp et al., 2015

## Carbon sequestration

### Carbon pools

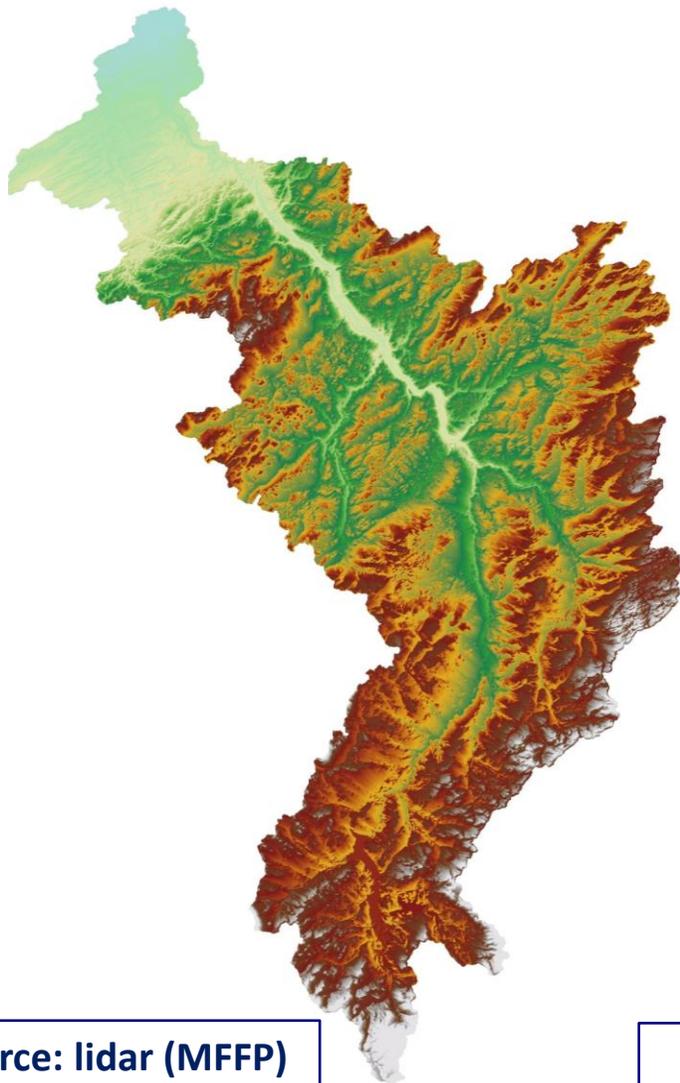
Source: Wood et al., 2019

### Economic data

Source: ECCC

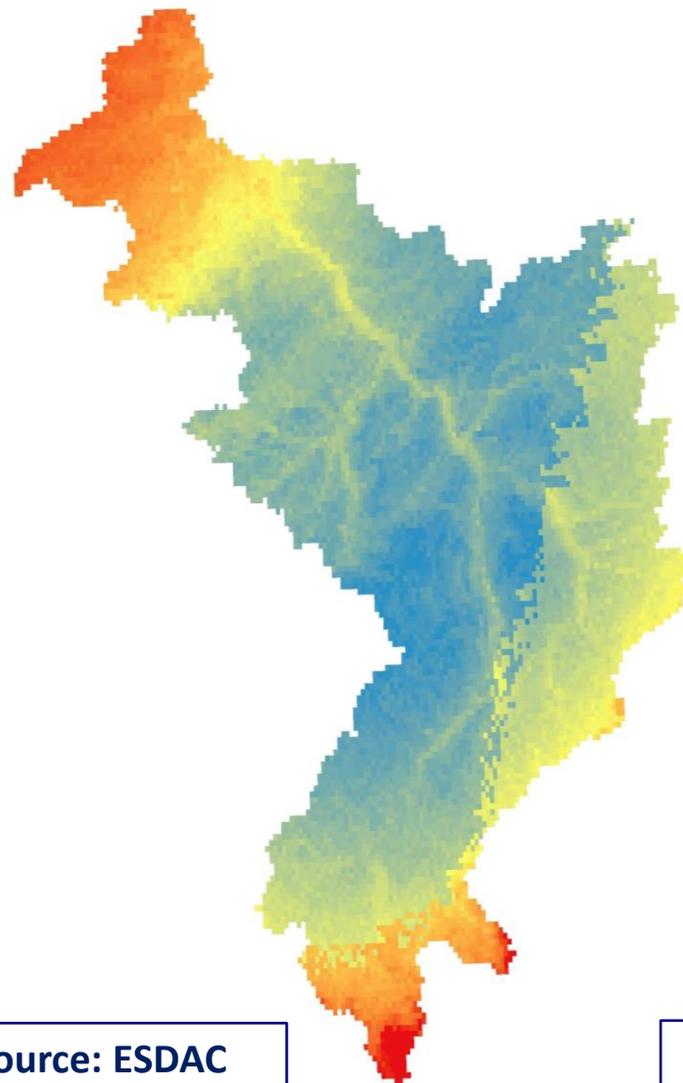


Modèle numérique d'élévation



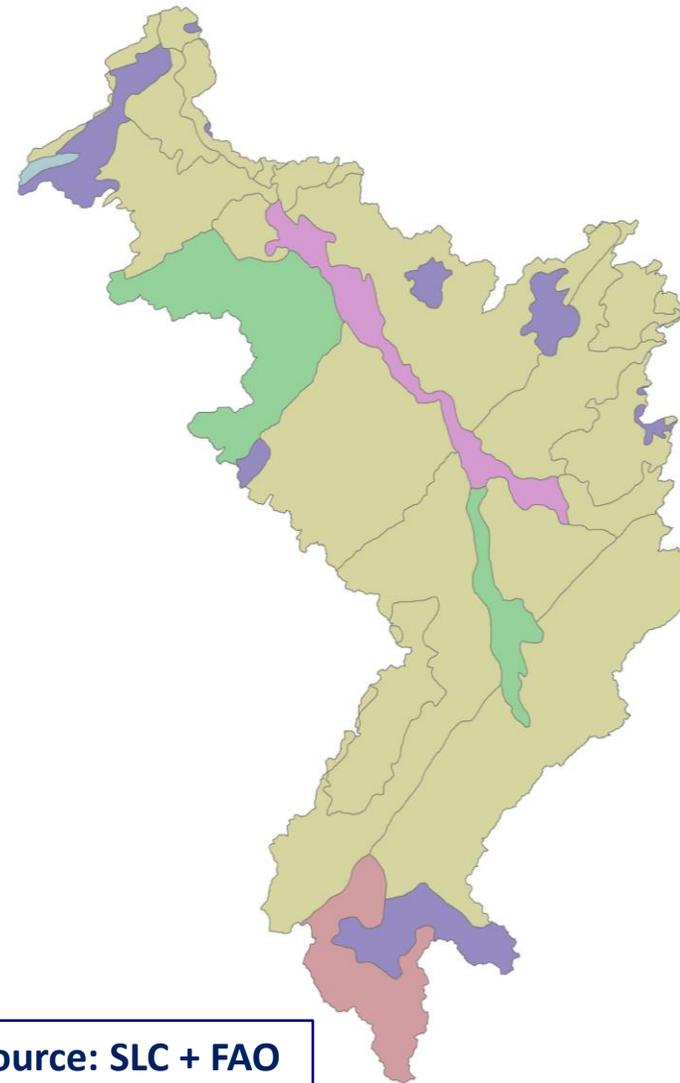
Source: lidar (MFFP)

Index d'érosivité (R factor)



Source: ESDAC

Érodabilité du sol (K factor)

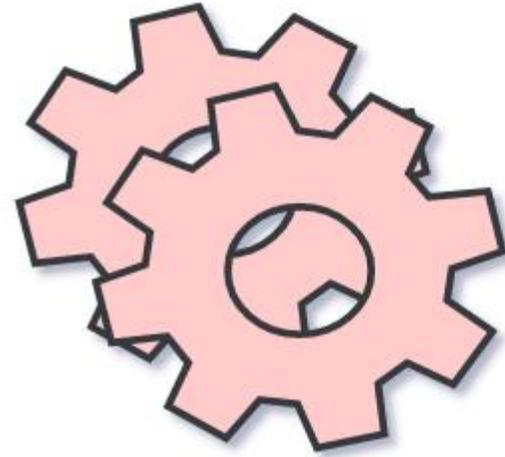
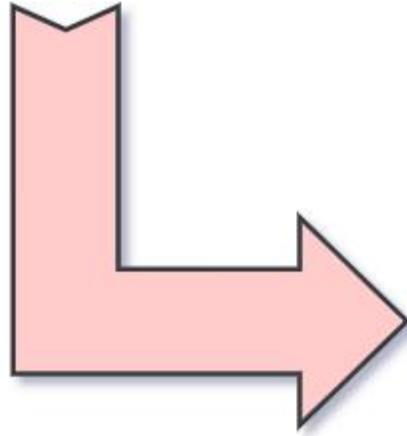


Source: SLC + FAO

## Utilisation du territoire



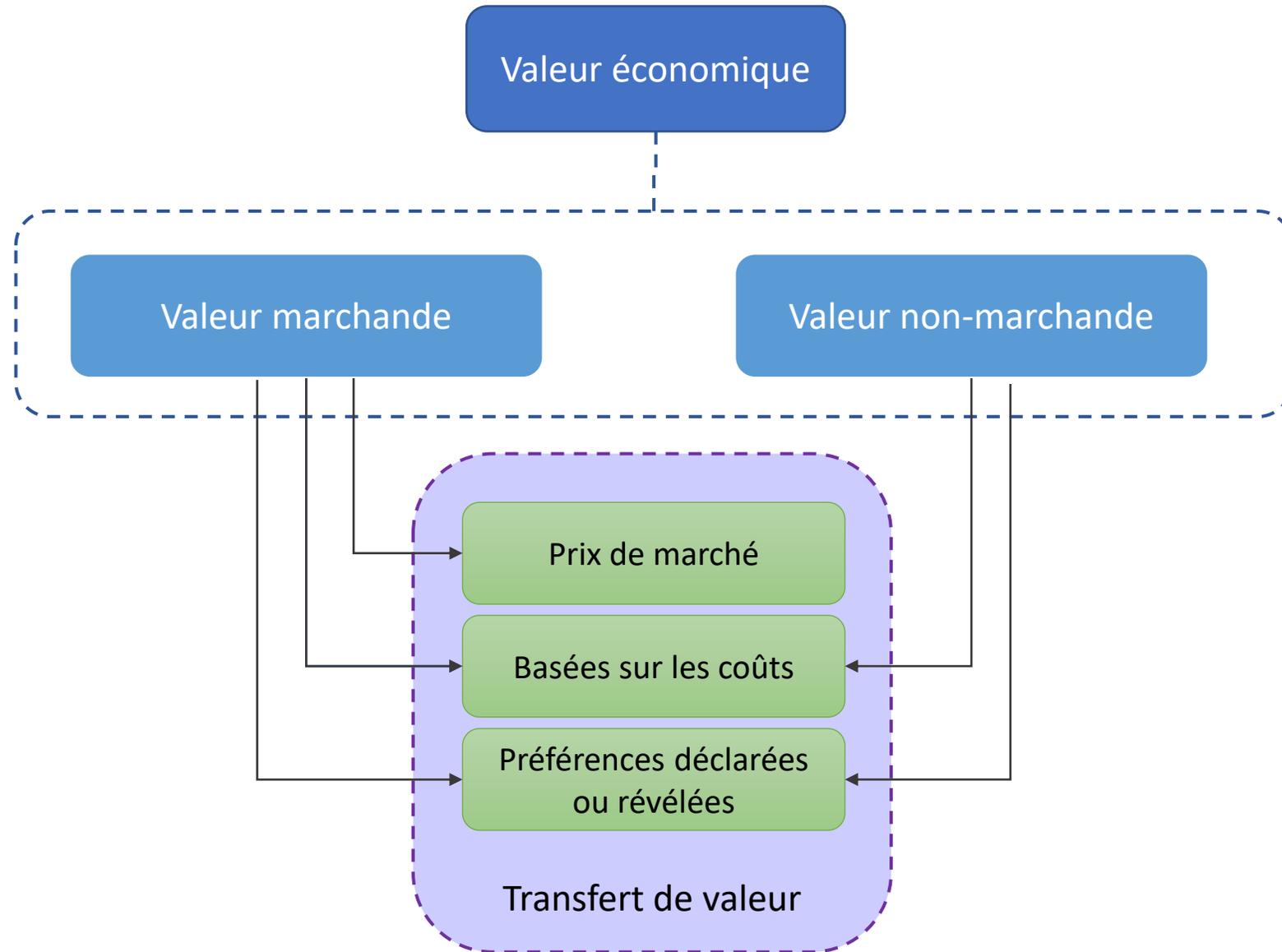
LULC MELCC (2017) de la ZGIEBV						Qualité de l'eau									
						Nutrient Delivery Ratio									
						Proxy biophysiques d'agrégation									
LULC	classe_det	sous-	soi-	sous-	COD	DESC_CAT	Pixel cot	load_n	load_p	eff_n	eff_p	crit_len_l	crit_len_l	prop_sub	prop_sub
20	Eau					4 Aquatique	836430	0	0	0	0	10	10	0	0
21	Lac					4 Aquatique	43181397	0	0	0	0	10	10	0	0
22	Mare et					4 Aquatique	3991985	0	0	0	0	10	10	0	0
23	Réservoir					4 Aquatique	12385065	0	0	0	0	10	10	0	0
24	Cours d'eau					4 Aquatique	3956641	0	0	0	0	10	10	0	0
25	Eau salée					4 Aquatique	4638	0	0	0	0	10	10	0	0
26	Eau saumâtre					4 Aquatique	350983	0	0	0	0	10	10	0	0
27	Lac de thermokartz					4 Aquatique	2172	0	0	0	0	10	10	0	0
30	dénudé ou semi-dénudé					7 Sol nu et lande	12052056	0	0	0	0	10	10	0,2	0,2
31	sec					7 Sol nu et lande	13363	0	0	0	0	10	10	0,1	0,1
50	Champs de bloc					7 Sol nu et lande	13363	0	0	0	0	10	10	0,1	0,1
51	Arbuste					2 Forestier	1138925	0	1	0,9	1	10	10	0,8	0,8
51	Arbuste bas					2 Forestier	6460735	0	1	0,9	1	10	10	0,8	0,8
53	Arbuste haut					2 Forestier	30416713	0	1	0,9	1	10	10	0,8	0,8
55	Friche					2 Forestier	2715	0	0	0,8	1	10	10	0,5	0,5
60	Lichenais					7 Sol nu et lande	1550629	0	0	0	0	10	10	0,2	0,2
61	Lande à mousse					7 Sol nu et lande	1036136	0	0	0	0	10	10	0,2	0,2
65	Lande subarctique					7 Sol nu et lande	5902	0	0	0	0	10	10	0,2	0,2
101	Serre					1 Agricole	2197	97,916667	28,333333	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5
120	Agriculture indifférenciée					1 Agricole	6919774	99,190476	22,525253	0,5	0,902	10	10	0,5	0,5
122	Culture pérenne et					1 Agricole	8700560	160	25	0,8	0,983	10	10	0,5	0,5
131	Jachère					1 Agricole	42358	0	0	0,5	0,8	10	10	0,5	0,5
132	Autre céréale					1 Agricole	7931	108,75	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
133	Orge					1 Agricole	535369	80	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
134	Sorgho					1 Agricole	3016	120	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
135	Millet					1 Agricole	5308	130	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
136	Avoine					1 Agricole	722164	60	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
137	Seigle					1 Agricole	55641	120	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
138	Epeautre					1 Agricole	8293	120	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
139	Triticale					1 Agricole	10150	120	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
140	Blé					1 Agricole	976856	120	20	0,5	0,947	10	10	0,5	0,5
141	Panic érigé					1 Agricole	5048	100	15	0,5	0,8	10	10	0,5	0,5
147	Maïs					1 Agricole	4676220	170	20	0,5	0,7975	10	10	0,5	0,5
153	Canola ou colza					1 Agricole	165047	120	20	0,5	0,9	10	10	0,5	0,5
154	Graine de lin					1 Agricole	5346	120	20	0,5	0,9	10	10	0,5	0,5
157	Tournesol					1 Agricole	836	120	20	0,5	0,9	10	10	0,5	0,5
158	Soya					1 Agricole	4314336	30	20	0,5	0,9	10	10	0,5	0,5
160	Autre légumineuse					1 Agricole	64770	30	0	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5
162	Pois					1 Agricole	57525	35	20	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5
167	Haricot					1 Agricole	40049	60	30	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5
168	Laitue					1 Agricole	6063	135	30	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5
169	Ail	Oignon	Poireau			1 Agricole	22489	110	30	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5
170	Carotte	Panais				1 Agricole	20604	75	30	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5
171	Cucurbitacée					1 Agricole	14356	115	40	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5
172	Crucifère (feuilles)					1 Agricole	31478	190	30	0,5	0,966	10	10	0,5	0,5



## **Valorisation économique**

Modélisation des coûts associés au  
impacts environnementaux

# Méthodologie de monétisation





Module InVEST		Unité /score biophysique	Quantification	Ordre de grandeur	Référence
Séquestration du carbone		Tonne séquestrée / année	Valeur sociale du carbone	51 \$ (2020) – 105 \$ (2070) / tonne	ECCC, 2016
Nutriments	Azote (N)	Kg rejeté / année	Coût moyen de traitement	8,50 \$ / kg	Olewiler, 2004
	Phosphore (P)	Kg rejeté / année	Coût moyen de traitement	61,20 \$ / kg	
Sédiments		Kg rejeté / année	Coût moyen de traitement	18,68 \$ / kg	
Qualité de l'habitat		Score de qualité	Préférence déclarée	451 \$ / acre d'habitat terrestre créé	Borisova-Kidder, 2006

**Réplicabilité, adaptation à l'évolution des prix**

## Limites:

- Besoin de données locales pour valider les modèles
- Besoin de bonnes données locales pour paramétrer les modules – pas toujours facile à trouver.
- Résolution des données/ échelles de travail/ temps de traitement
- Modèles davantage conçus pour le péri-urbain

## Avantages:

- Outils ouverts et gratuits
- Plusieurs modèles de SE disponibles
- Guide d'utilisateur complet et communauté de soutien active
- Résultats en plusieurs formats (raster, tableau, vectoriel)
- Bon arrimage avec études quantitatives
- Très reconnu et articles de références

Compétences géomatiques intermédiaire  
(ex: calculs, mise en forme, dépannage)

- À la lumière de ce que vous avez entendu, quels sont les principaux intérêts, opportunités, obstacles à l'adoption de ces outils ?
- Probabilité que la quantification des SE influence vos tâches, vos décisions professionnelles d'ici 5 ans ?