

INFLUENCE DE LA STRUCTURE DU PAYSAGE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU DES BASSINS VERSANTS DU SUD DU QUÉBEC

Francis Clément

Candidat à la maîtrise en sciences de l'environnement

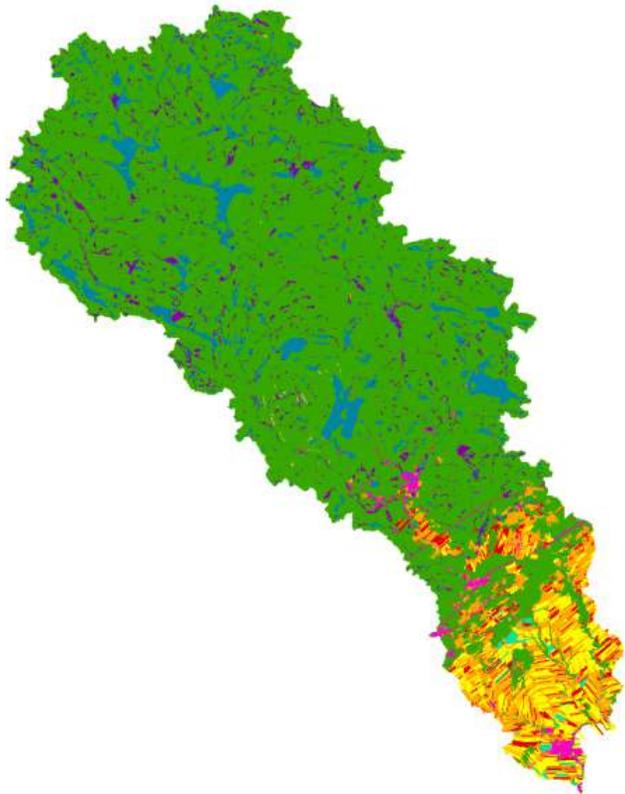
Directeur : Stéphane Campeau, Ph.D.

Co-directrice : Julie Ruiz, Ph.D.

16^e Rendez-vous des OBV

4 juin 2015

Ambassadeur Hôtel & Suites, Québec



Fonds de recherche
sur la nature
et les technologies

Québec 

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Québec 



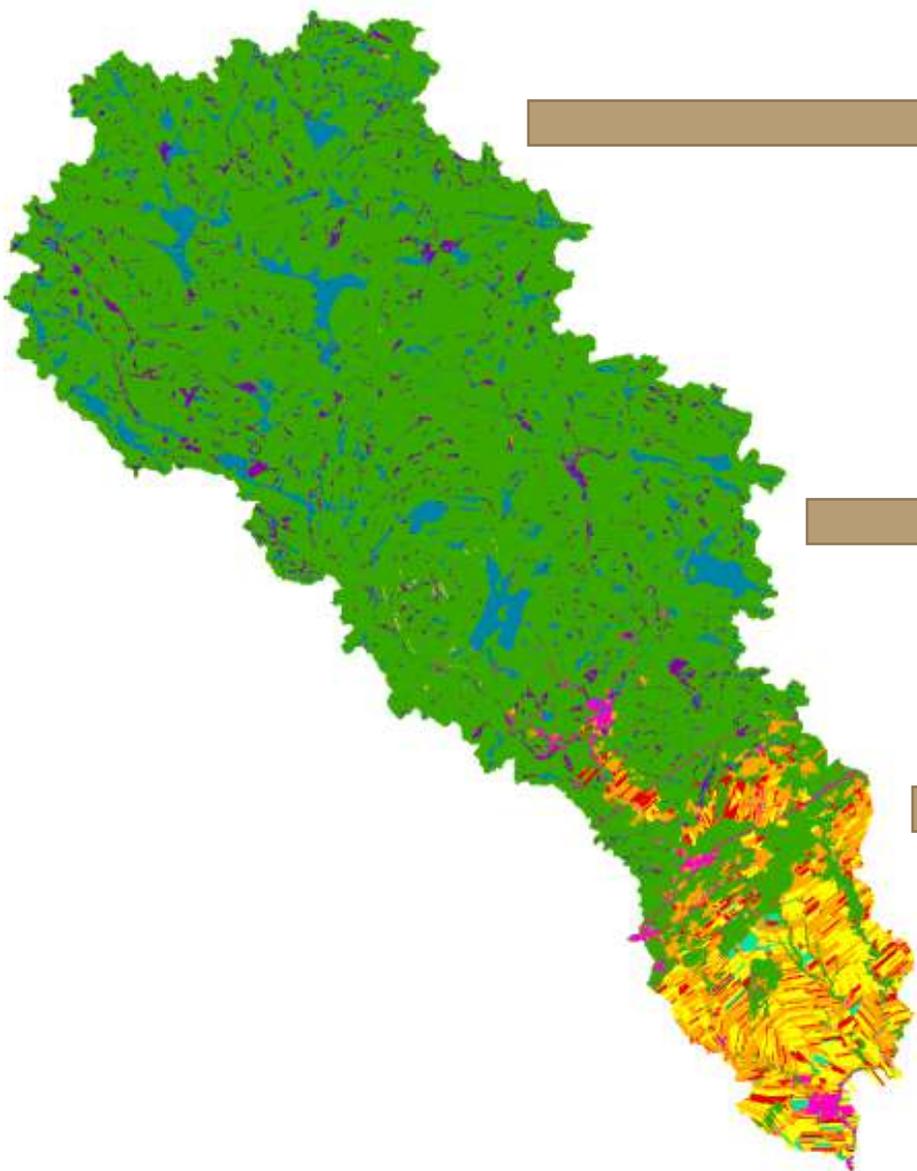
UQTR



Université du Québec
à Trois-Rivières

Savoir. Surprendre.

FACTEURS INFLUENÇANT LA QUALITÉ DE L'EAU



Milieu physique

- Géologie
- Topographie et pédologie (D'Arcy et Carignan, 1997)
- Climat (température et précipitations)



Occupation des sols

- Milieu forestier (Lenat et Crawford, 1994)
- Milieu humide (Fisher et Acreman, 2004)
- Milieu agricole (Gangbazo et al., 2005)
- Milieu urbain (Brabec et al., 2002)



Configuration spatiale

- Distance
- Densité
- Taille
- Forme

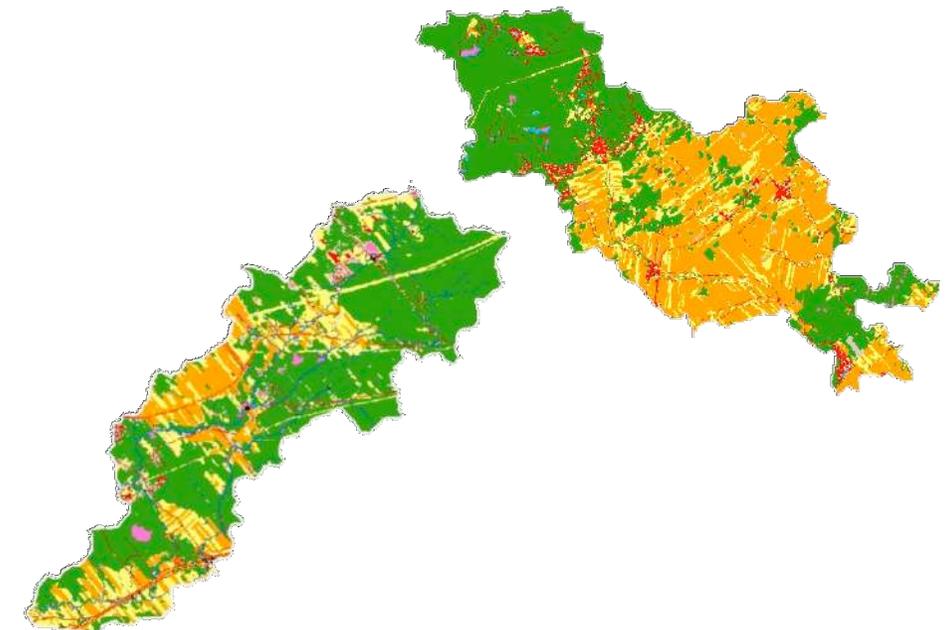
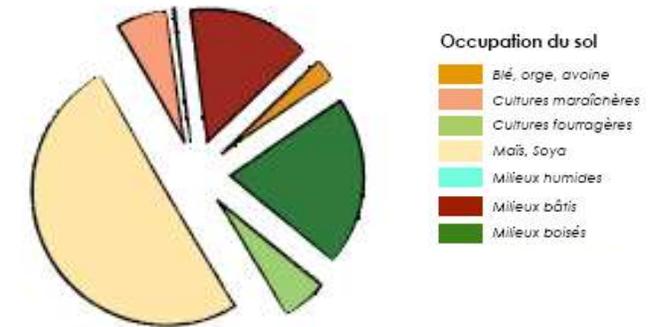


Structure du paysage

LES DÉBATS SUR L'INFLUENCE DE LA STRUCTURE DU PAYSAGE

1. Occupation des sols vs Structure du paysage

- **Nature de l'occupation des sols est le facteur le plus explicatif (40% à 86%), mais la localisation géographique demeure un facteur critique (Hunsaker et *al.*, 1995)**
 - Résultats contradictoires de Hunsaker et *al.*, (1992)
 - Conclusions similaires à Jones et *al.*, 2001
- **Structure du paysage étroitement liée à la qualité de l'eau : potentiel à modifier l'effet de l'occupation des sols (Lee et *al.*, 2009)**
 - Qualité meilleure pour des îlots forestiers agrégés et de forme complexe
 - Conclusions similaires à Liu et *al.*, 2012



LES DÉBATS SUR L'INFLUENCE DE LA STRUCTURE DES PAYSAGES

2. Superficie du bassin versant

- Pour les grands bassins versants, l'occupation des sols serait le facteur le plus explicatif
- Pour les bassins versants de plus petite taille, la variation de la qualité de l'eau serait davantage expliquée par la structure du paysage (Jambon et *al.*, 2008)

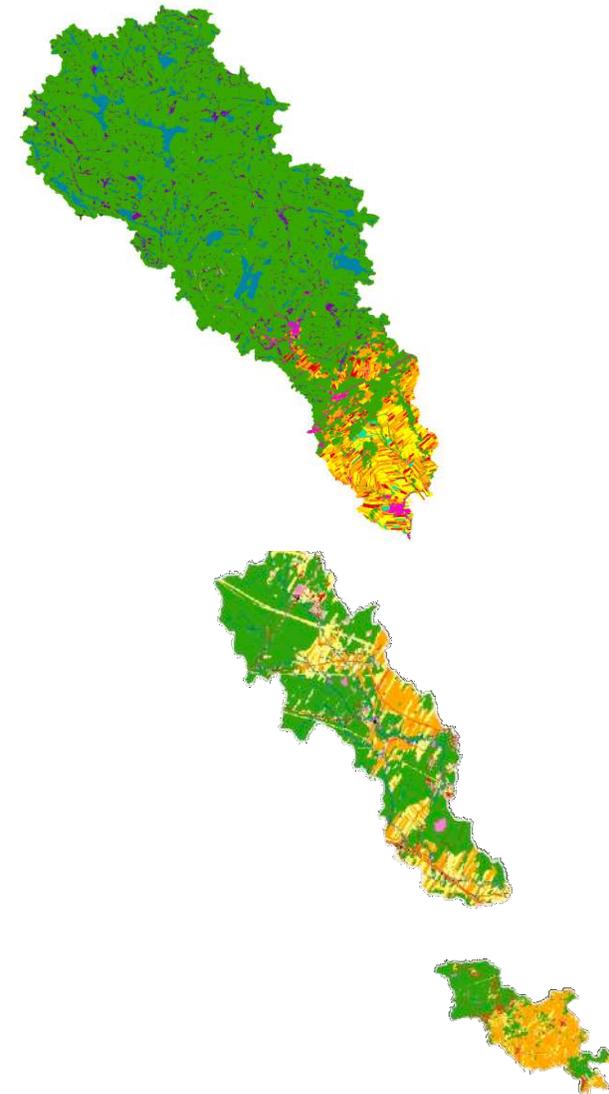
- Les relations entre les variables varient selon l'échelle d'analyse (Gove et *al.*, 2001)
- Dans les recherches, variations importantes des tailles de bassins versants étudiés

Griffith et *al.* (2002): 0,5 à 15 000 km² (n=270)

Liu et *al.* (2012): 6 à 3 600 km² (n=16)

Hunsaker et *al.* (1995): 0,4 à 8 200 km² (n=47)

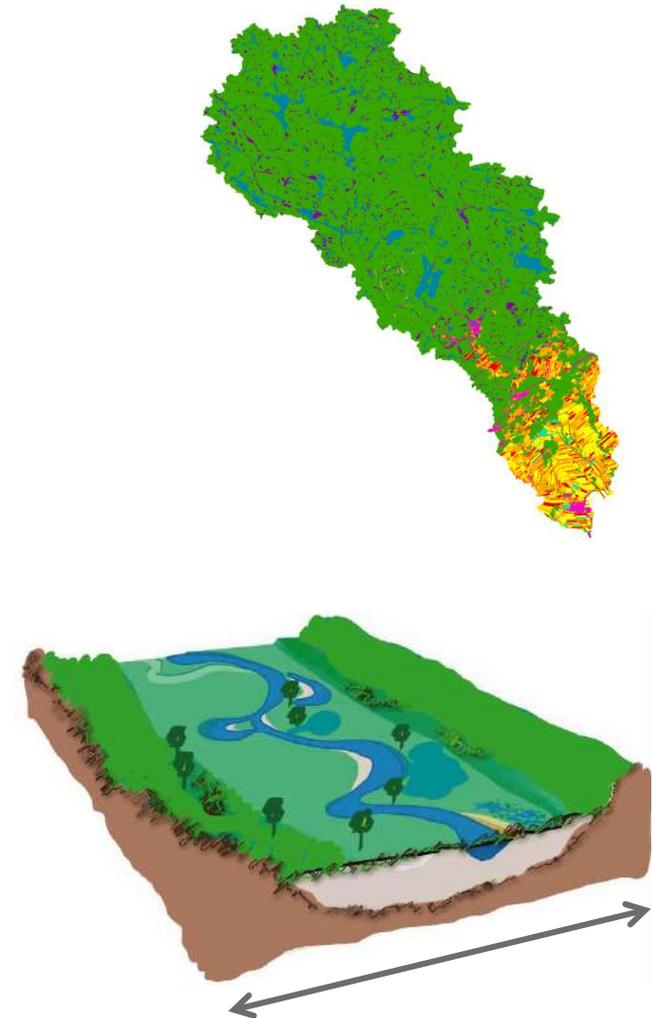
→ **Recommandation de regrouper les bassins versants selon leur taille** (Griffith et *al.*, 2002)



LES DÉBATS SUR L'INFLUENCE DE LA STRUCTURE DES PAYSAGES

3. Bassins versants complets vs corridors riverains

- **Le bassin versant entier permet de mieux prédire la qualité de l'eau** (Hunsaker et *al.*, 1995; Silva et Williams, 2001; Wang et *al.*, 1997)
 - **De meilleurs résultats sont obtenus avec un corridor riverain de largeur déterminée** en bordure du réseau hydrographique (Johnson et *al.*, 1997; Lucas et Medley, 2002)
- Des conclusions divergentes sur le sujet



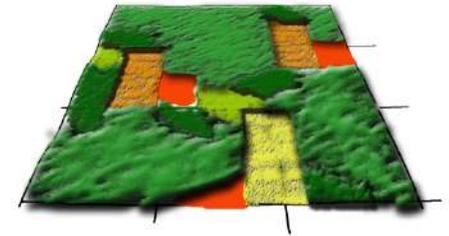
LES DÉBATS SUR L'INFLUENCE DE LA STRUCTURE DES PAYSAGES

4. Milieu physique

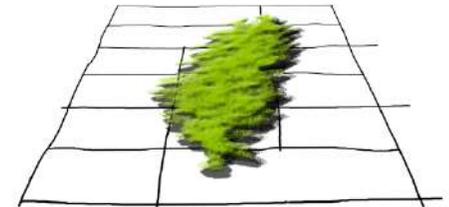
- **Lien étroit entre la structure des paysages et les dépôts de surface démontré pour le Québec (Pan et al. 1999, Ruiz et al., 2005)**

→ La composition du milieu physique des bassins versants pourrait avoir une influence sur la relation entre la structure des paysages et la qualité de l'eau

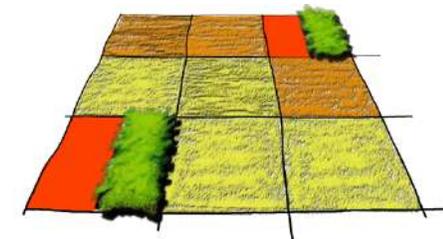
Terrasses de sable



Monticules de Till



Plaine argileuse



LES DÉFIS LIÉS AUX VARIABLES DE QUALITÉ DE L'EAU POUR DÉMONTRER L'INFLUENCE DE LA STRUCTURE DES PAYSAGES SUR LA QUALITÉ DE L'EAU

Indices physico-chimiques



Importante variabilité,
échantillonnage multiple (Cattaneo et
Prairie, 1995)



Relations avec les indices de paysage
peuvent varier selon les variables de
qualité de l'eau (Uemaa et al., 2005)

Indices biologiques (bioindicateurs)



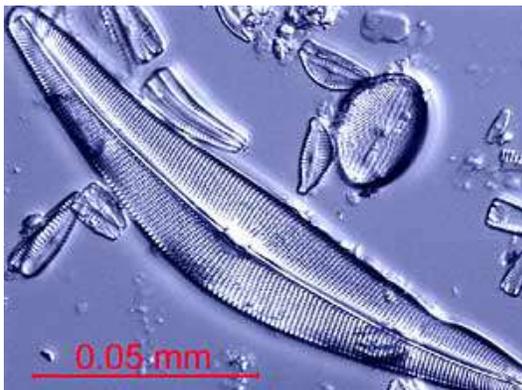
Permettent une intégration des
changements à travers le temps (Gergel
et al., 2002)



Peu utilisés en écologie du paysage

INDICE DIATOMÉES DE L'EST DU CANADA 3.0 (LAVOIE ET AL., 2014)

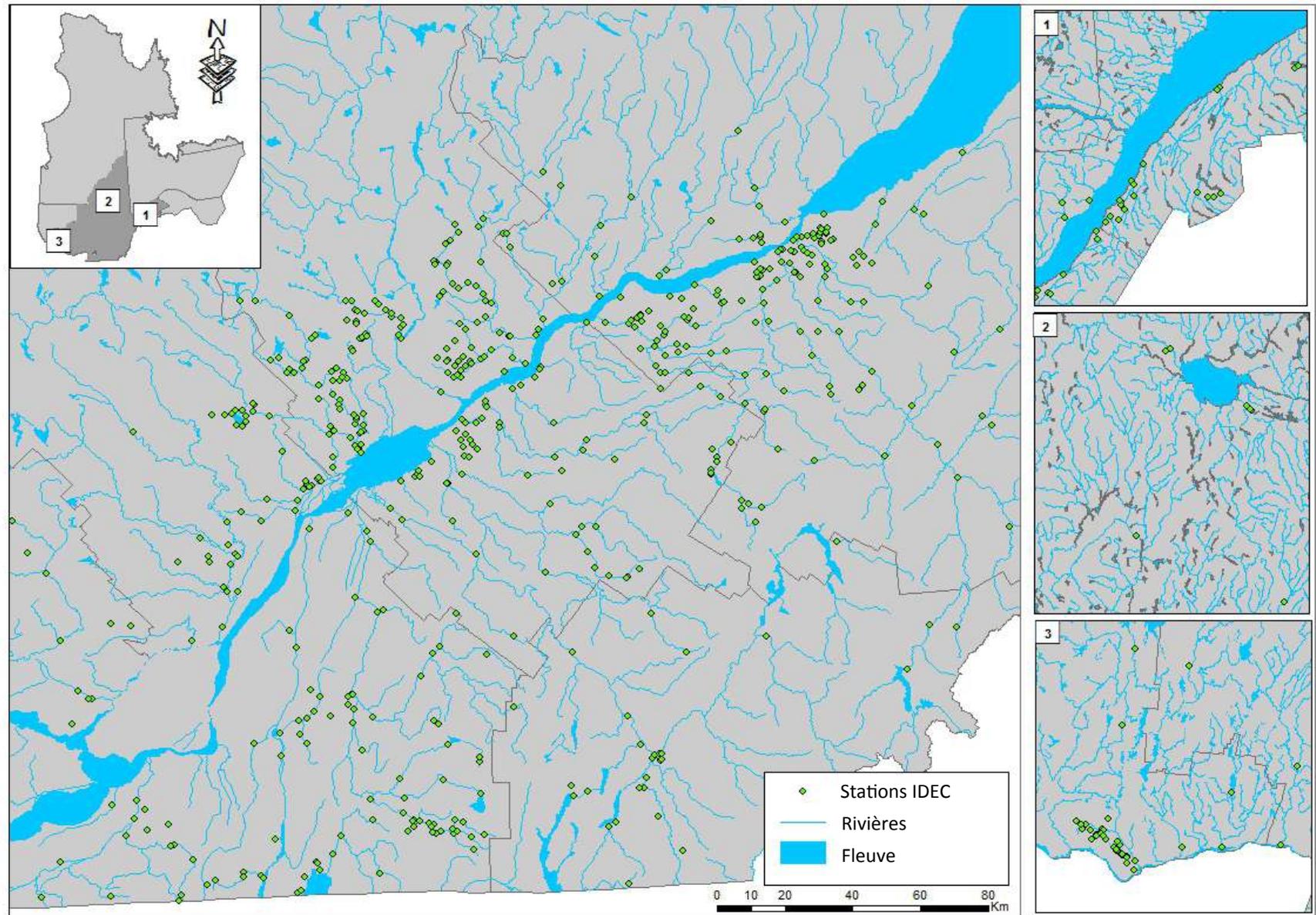
- Peu d'influence de la taille du cours d'eau et de l'habitat
- Intégration variables physico-chimiques de 1 à 5 semaines
- Forte influence du pH
- Classes déterminées selon des biotypes
- Importante base de données disponible (depuis 2002)



Classe	Valeurs de l'IDEC	pH	Conductivité (µS/cm)	Phosphore total (µg/L)	Azote total (mg/L)	État trophique
IDEC-Neutre						
A	71-100	7.2 (6.8 - 7.3)	39 (26 - 50)	22 (16 - 36)	0.29 (0.24 - 0.49)	Oligotrophe
B	46-70	7.4 (7.0 - 7.5)	46 (30 - 54)	24 (21 - 27)	0.30 (0.23 - 0.35)	Oligo-mésotrophe
C	21-45	7.6 (7.2 - 7.7)	72 (50 - 110)	61 (23 - 70)	0.70 (0.51 - 0.76)	Méso-eutrophe
D	0-20	7.6 (7.5 - 7.7)	114 (86 - 165)	66 (42 - 91)	0.78 (0.46 - 1.19)	Eutrophe
IDEC-Alcalin						
A	71-100	7.8 (7.6 - 7.9)	93 (63 - 120)	16 (12 - 19)	0.36 (0.23 - 0.47)	Oligotrophe
B	46-70	8.0 (7.7 - 8.2)	185 (136 - 268)	26 (17 - 43)	0.53 (0.38 - 0.95)	Mésotrophe
C	26-45	8.0 (7.8 - 8.5)	256 (195 - 361)	52 (37 - 98)	0.89 (0.58 - 1.98)	Méso-eutrophe
D	0-25	8.0 (7.7 - 8.3)	364 (227 - 502)	114 (71 - 163)	1.59 (0.96 - 2.51)	Eutrophe
IDEC-Minéral						
A	76-100	8.3 (8.2 - 8.4)	422 (308 - 458)	24 (18 - 28)	0.79 (0.61 - 1.59)	Oligo-mésotrophe
B	46-75	8.3 (8.3 - 8.4)	455 (403 - 619)	28 (20 - 40)	1.33 (0.80 - 2.47)	Mésotrophe
C	26-45	8.2 (8.0 - 8.4)	526 (431 - 775)	58 (40 - 90)	1.36 (0.93 - 2.26)	Méso-eutrophe
D	0-25	8.2 (7.8 - 8.2)	1012 (690 - 1455)	73 (47 - 108)	1.85 (1.05 - 3.81)	Eutrophe

TERRITOIRE À L'ÉTUDE

- 668 stations IDEC
 - 345 cours d'eau
 - 58 BV principaux
 - 174 sous-BV
- Suivi annuel MDDELCC
 - 100 stations IDEC

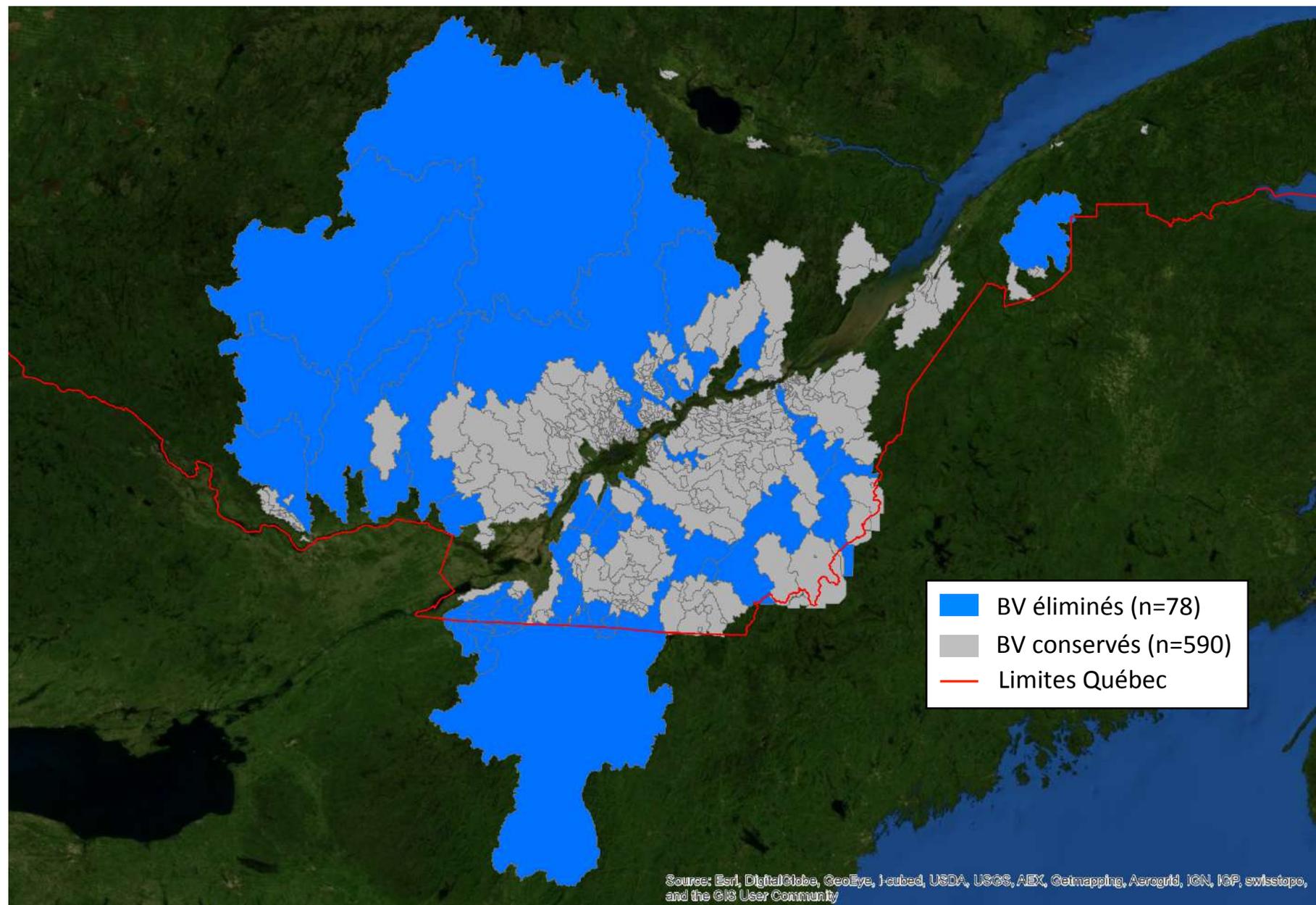


TERRITOIRE À L'ÉTUDE

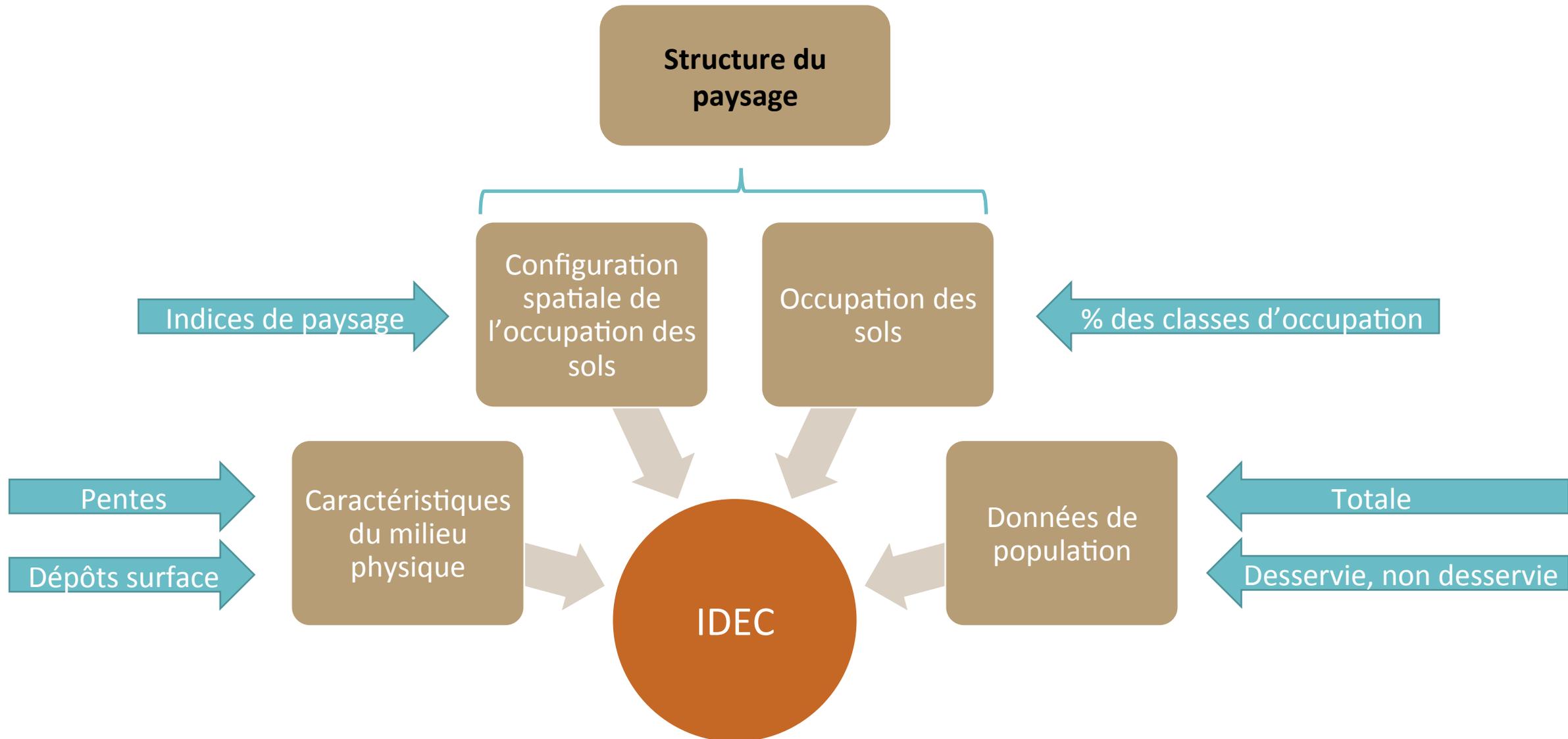
Élimination de bassins versants

- Superficies
- Territoire couvert

Total = 590 bassins versants



LES GROUPES DE DONNÉES INDÉPENDANTES MISES EN RELATION AVEC L'IDEC

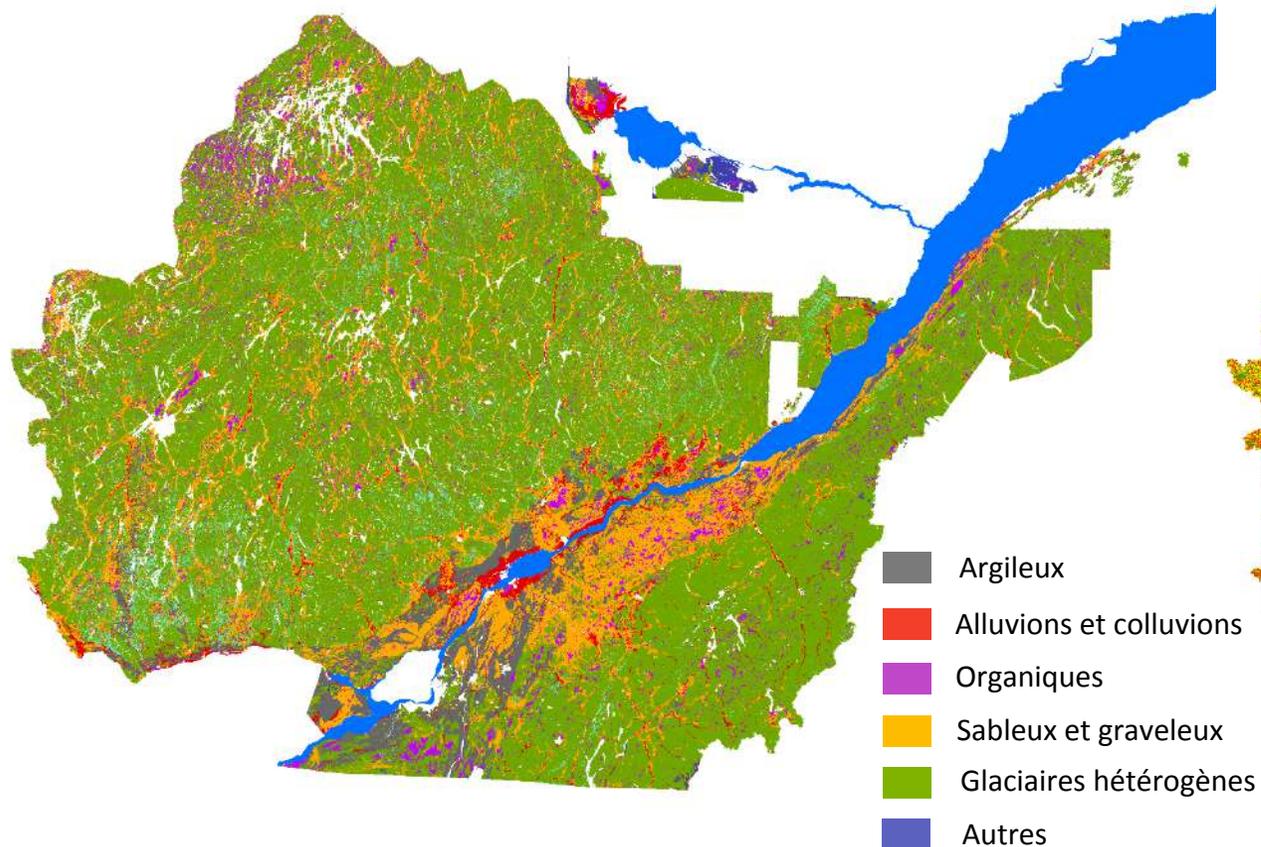


SOURCE ET TRAITEMENT DES DONNÉES INDÉPENDANTES

1. Caractéristiques du milieu physique

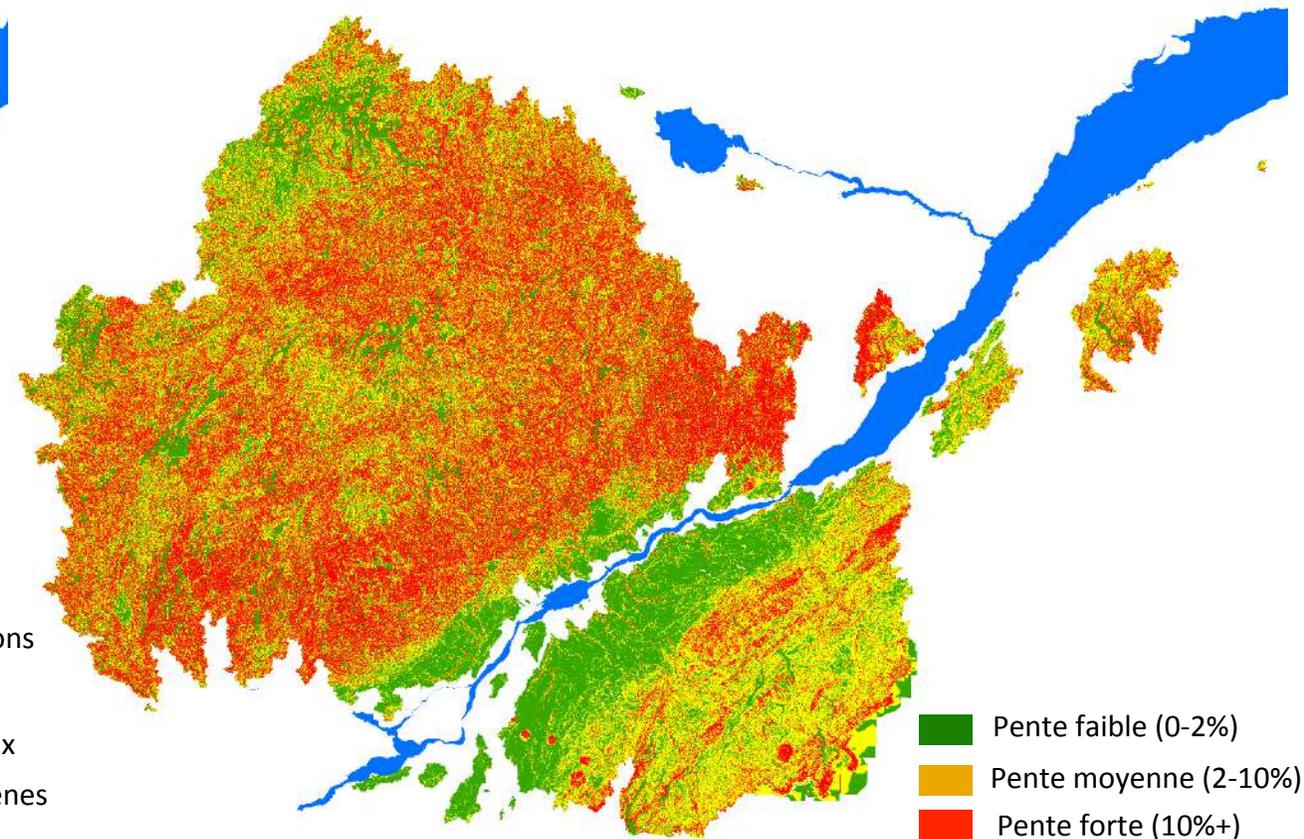
Dépôts de surface

SIEF et carte pédologique (MDDELCC)



Pentes

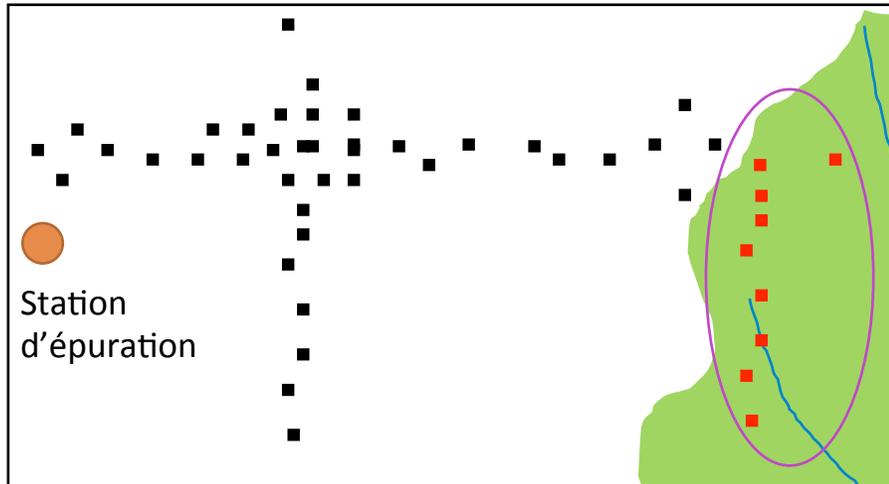
MNE 10 mètres (MDDELCC)



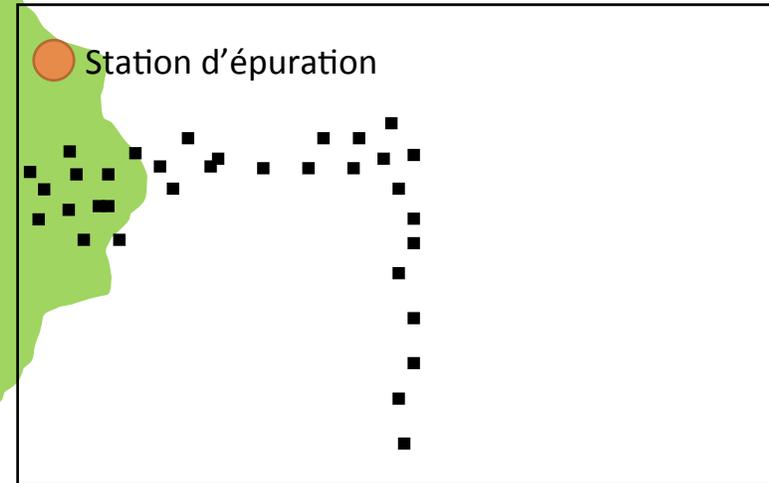
SOURCE ET TRAITEMENT DES DONNÉES INDÉPENDANTES

2. Données de population (densités)

Louiseville



Yamachiche



Population de Louiseville: **1000**

Bâtiments de la BDTQ : **500**

Population par bâtiment: **2**

Somme de pop/bat dans BV: **20**

Population desservie Yamachiche: **350**

Population desservie bassin versant: **350**

Population non
desservie

Station IDEC

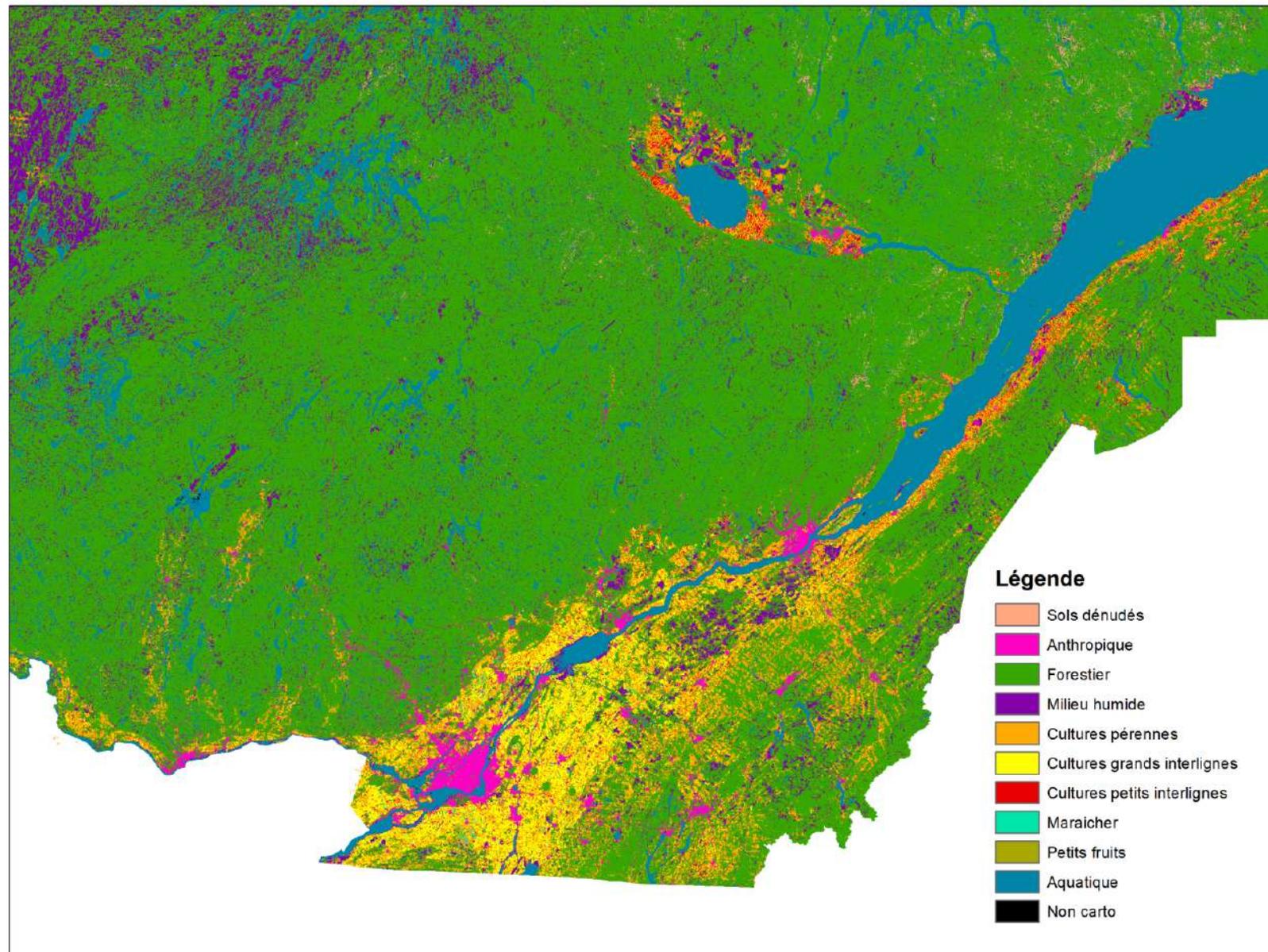
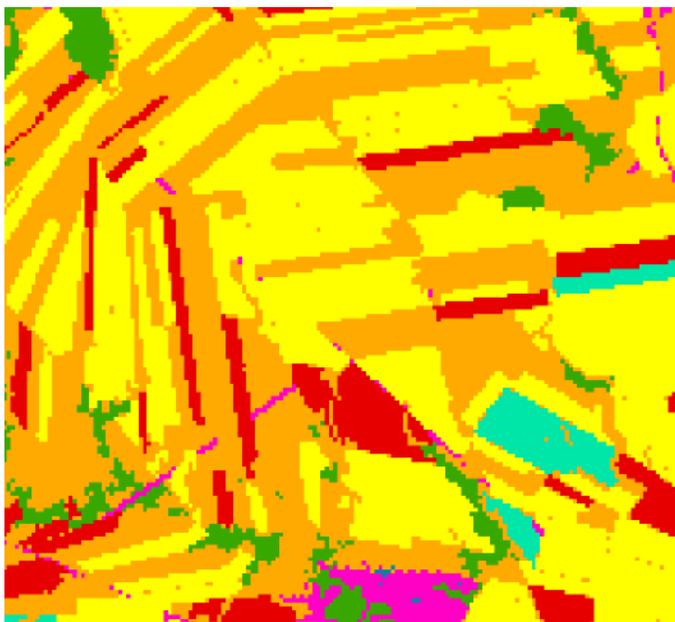
SOURCE ET TRAITEMENT DES DONNÉES INDÉPENDANTES

3. Occupation des sols

Priorisation et source

- 1- Agricole (Financière Agricole (BDCA), 1/50 000)
- 2- Hydrographie (MDDELCC, 1/20 000)
- 3- Forestier (SIEF, 1/20 000)
- 4- Milieux humides (SIEF, 1/20 000)
- 5- Zones urbaines (DSÉE, 1/20 000)

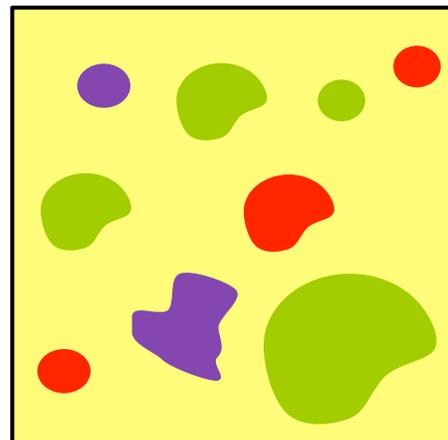
Résolution : 30 mètres



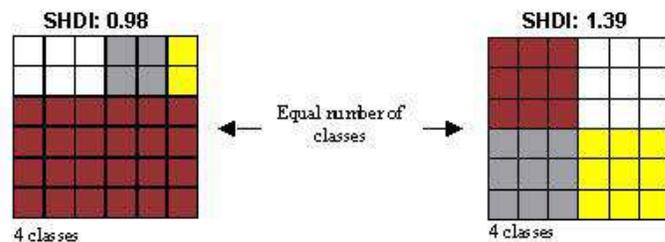
SOURCE ET TRAITEMENT DES DONNÉES INDÉPENDANTES

4. Configuration de l'occupation des sols – Indices sélectionnés

Niveau paysage (_LAND)



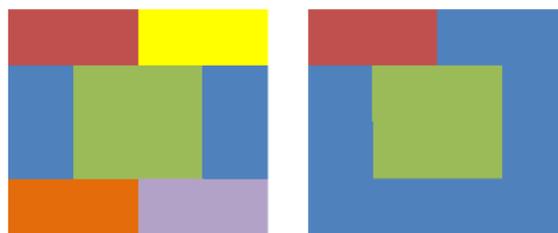
Indice de contagion (CONTG) (%)

Indice de forme du paysage (LSI) (≥ 1)

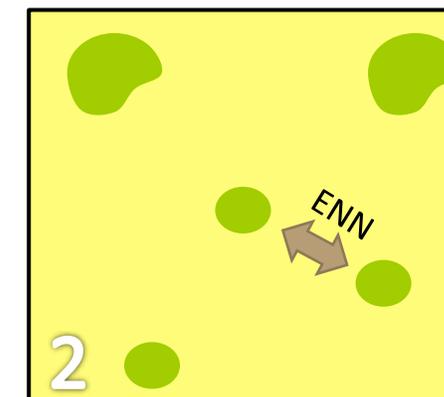
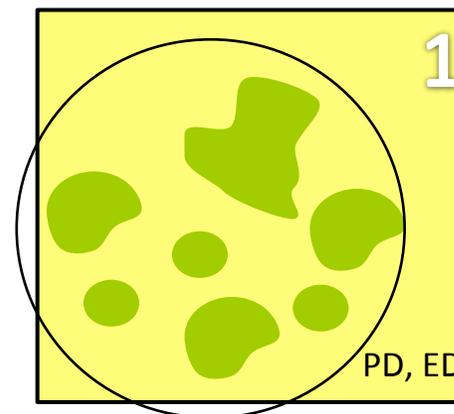
Indice de juxtaposition et interception (IJI)*

IJI = 100

IJI = 10



Niveau classes (_CLASSE OCCUPATION)

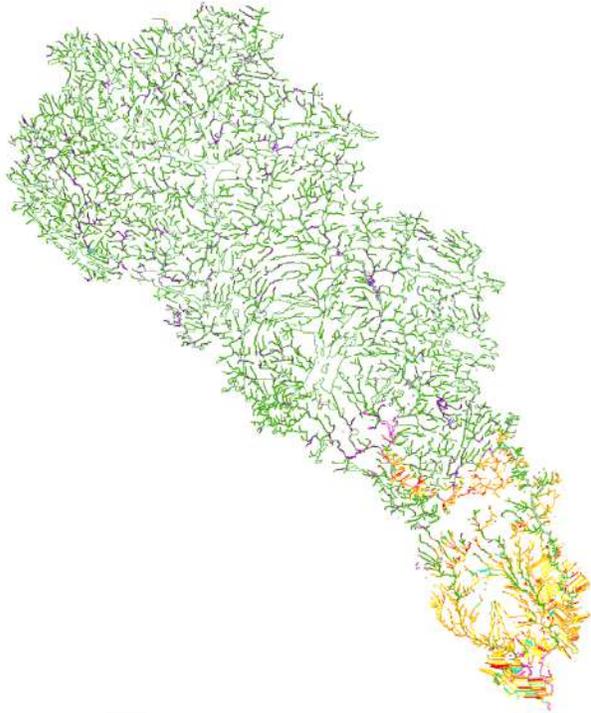


	1	2
Distance euclidienne médiane au plus proche voisin (ENN_)*	1 m	4 m
Forme médiane des îlots forestiers (SHP_)*	5	2
Taille médiane des îlots forestiers (AREA_)*	3 ha	1 ha
Densité d'îlots forestiers (PD_)*	n/100ha	n/100ha
Densité de bordures des îlots forestiers (ED_)*	10 m/ha	2 m/ha

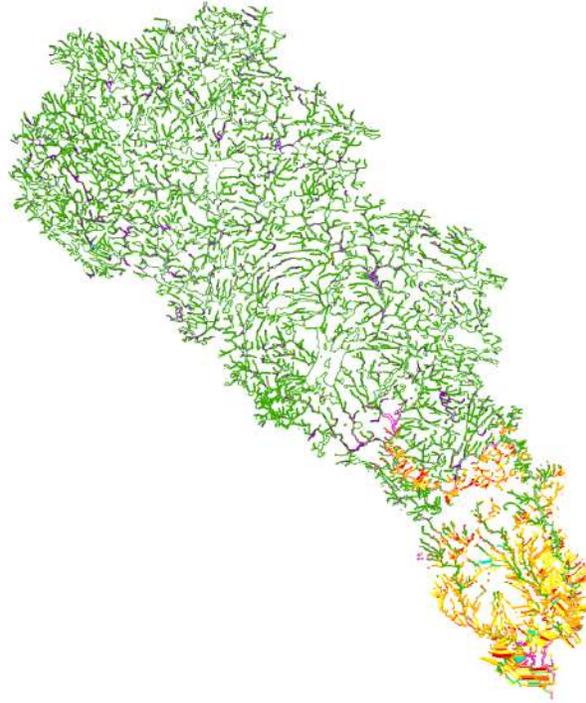
SOURCE ET TRAITEMENT DES DONNÉES INDÉPENDANTES

5. Corridors riverains (réseau hydrographique MDDELCC)

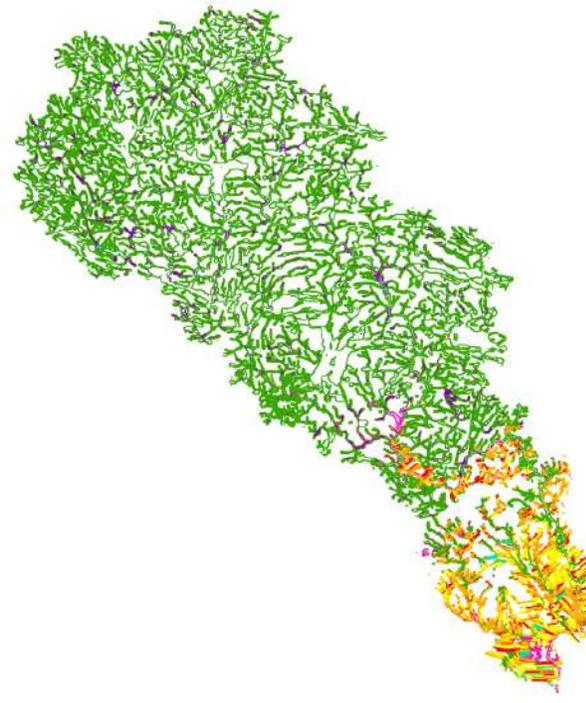
120m



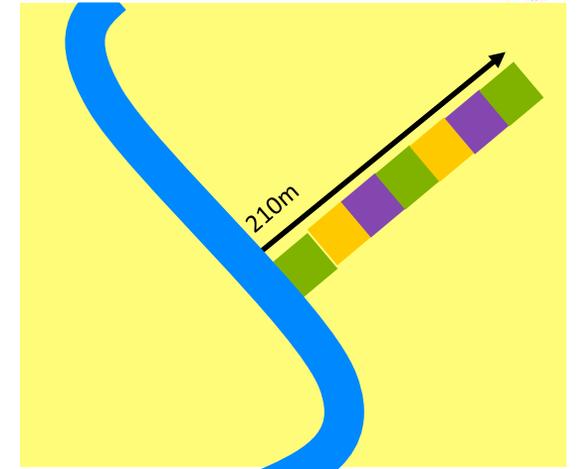
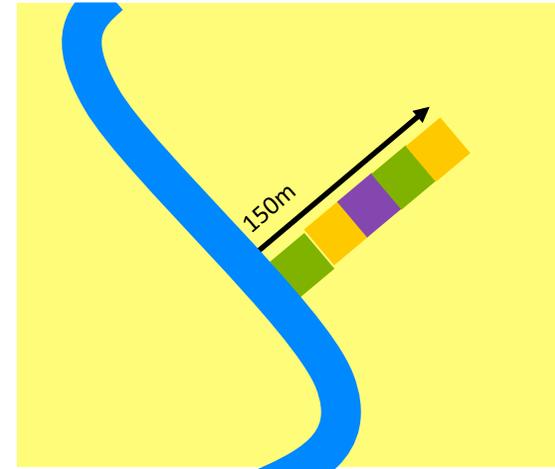
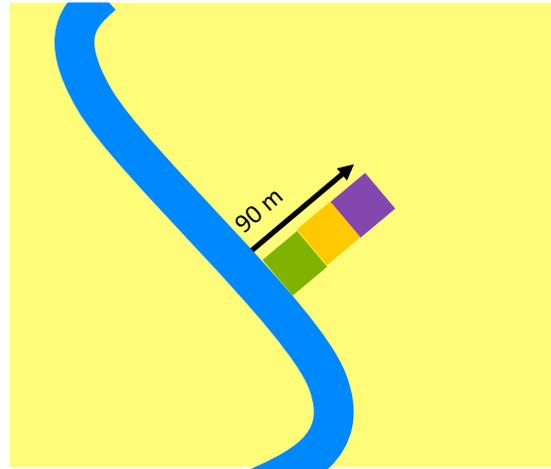
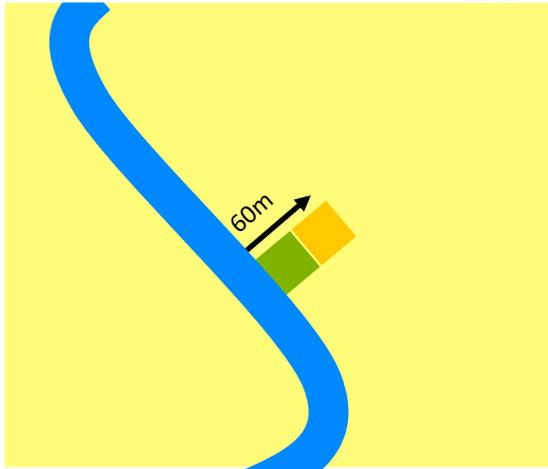
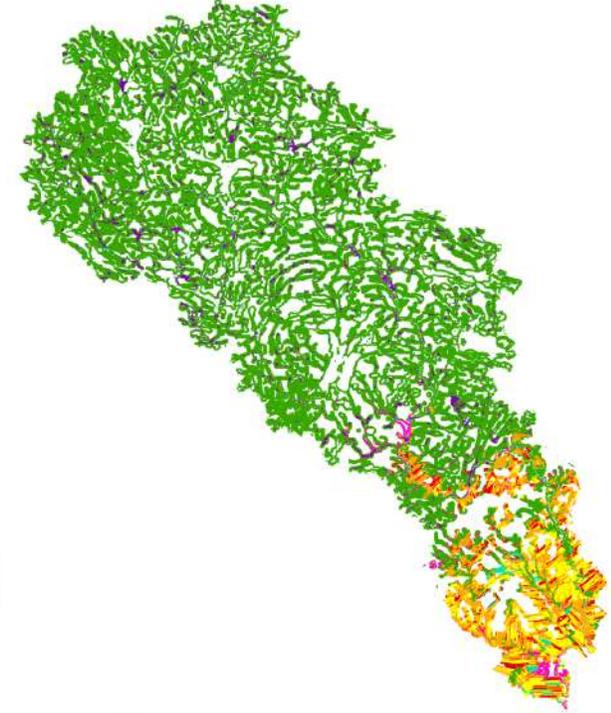
180m



300m



420m



ANALYSE DES DONNÉES

1. Groupement des bassins versants (R)

A. Caractéristiques physiques (k-means)

G1 - Sableux et graveleux, pentes faibles
(n=182)



G2 - Sédiments fins, pentes faibles
(n=101)



G3 - Glaciaires hétérogènes, pentes moyennes
(n=129)

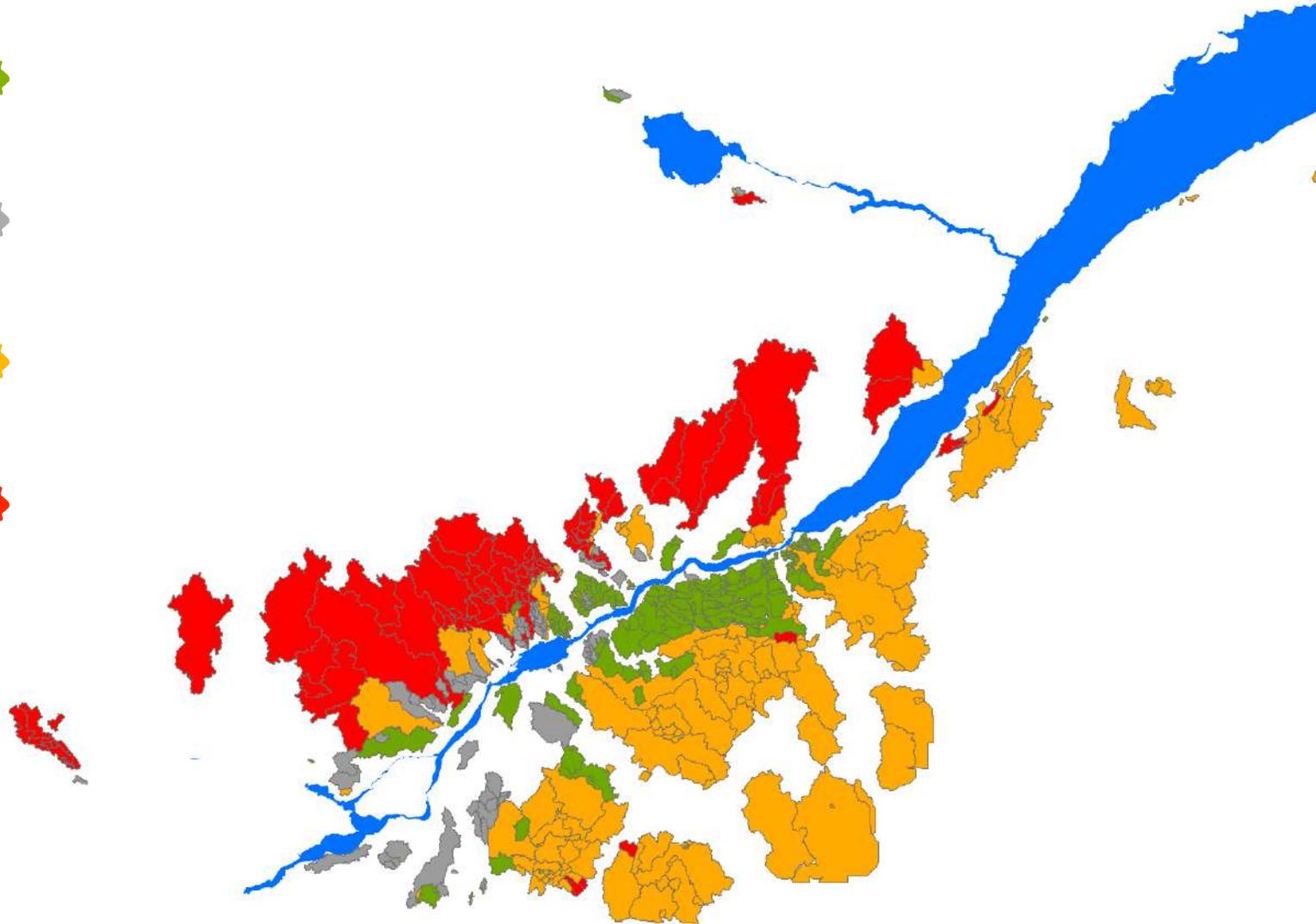


G4 - Glaciaires hétérogènes, pentes fortes
(n=178)



B. Superficies

S1	S2	S3	S4
0,5-10 (km ²)	10-50 (km ²)	50-500 (km ²)	500-2 000 (km ²)
n=155	n=168	n=173	n=94

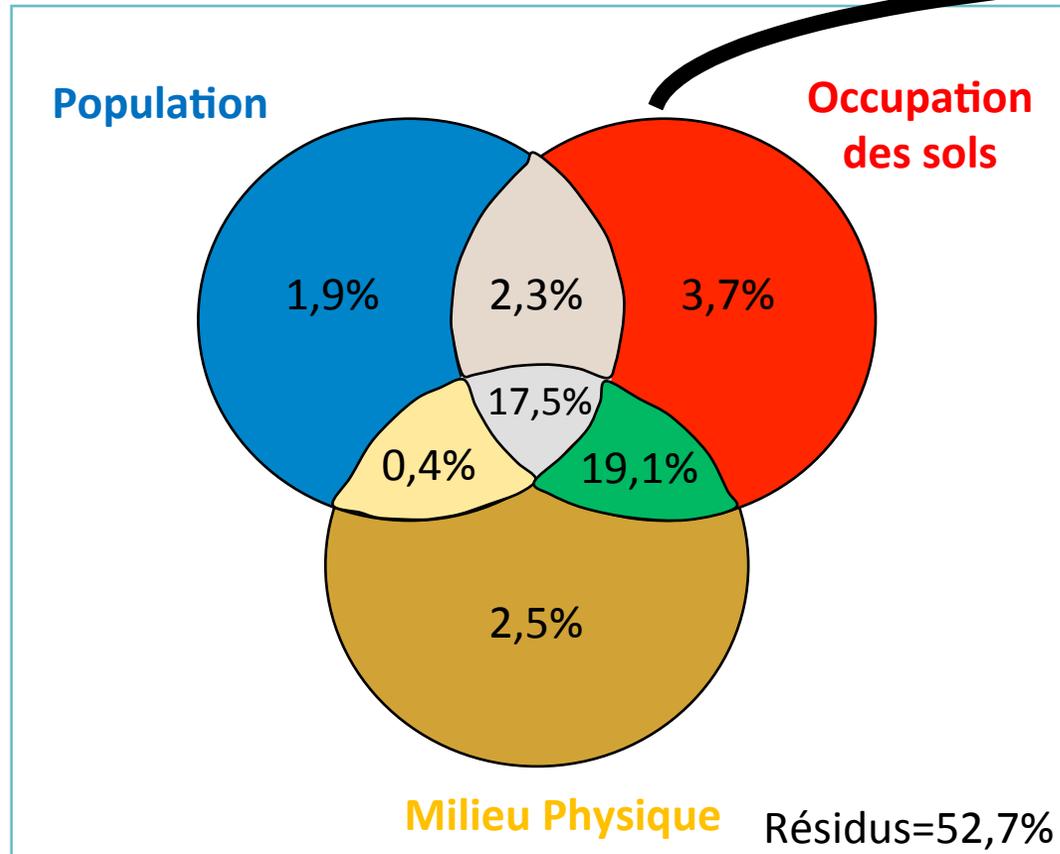


OBJECTIF PRINCIPAL

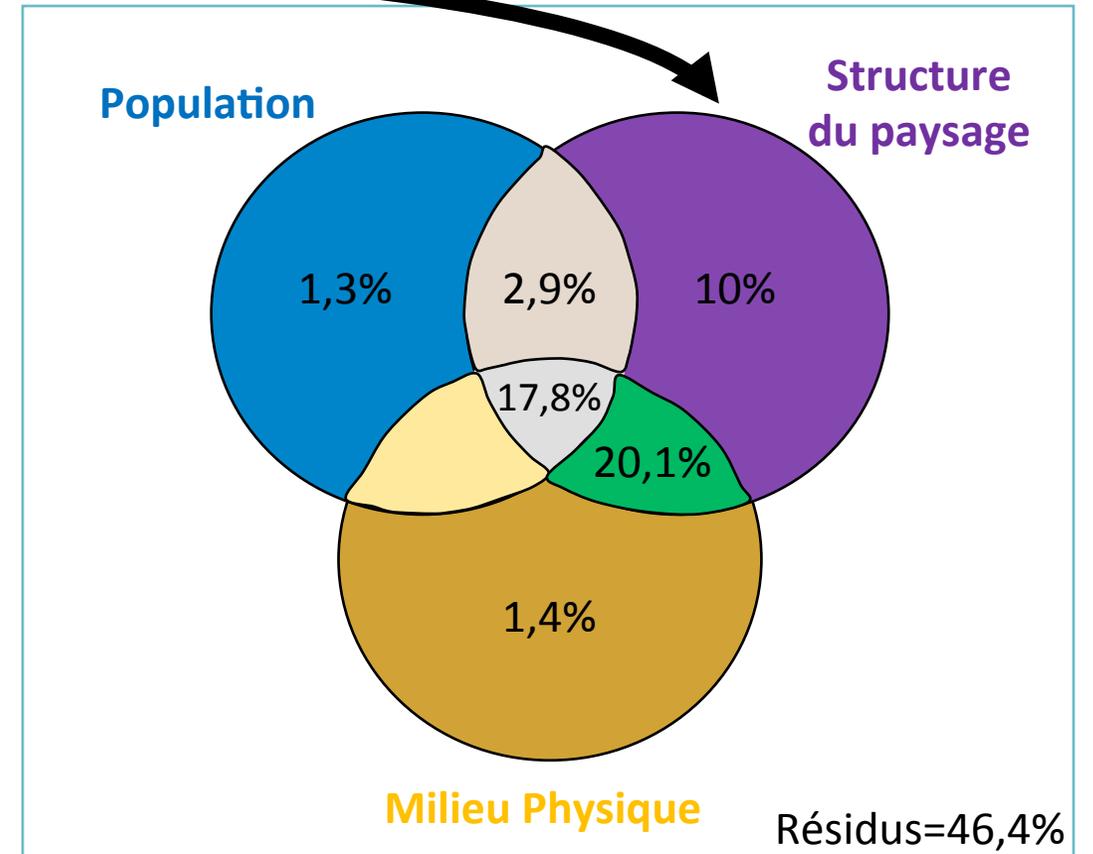
Est-ce que la structure du paysage influence la qualité de l'eau?

Résultats des partitionnements de la variation pour tous les bassins versants

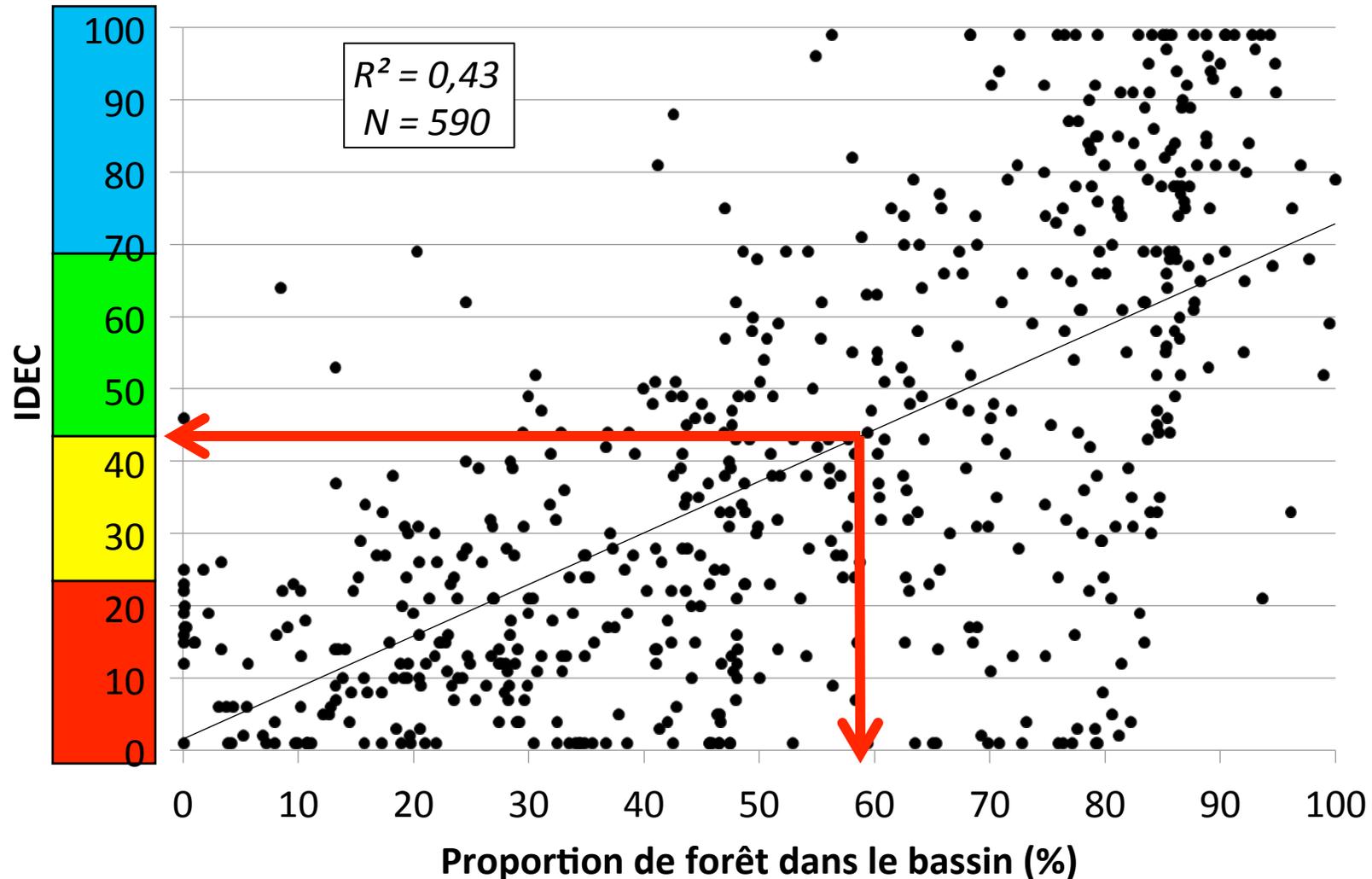
n=564



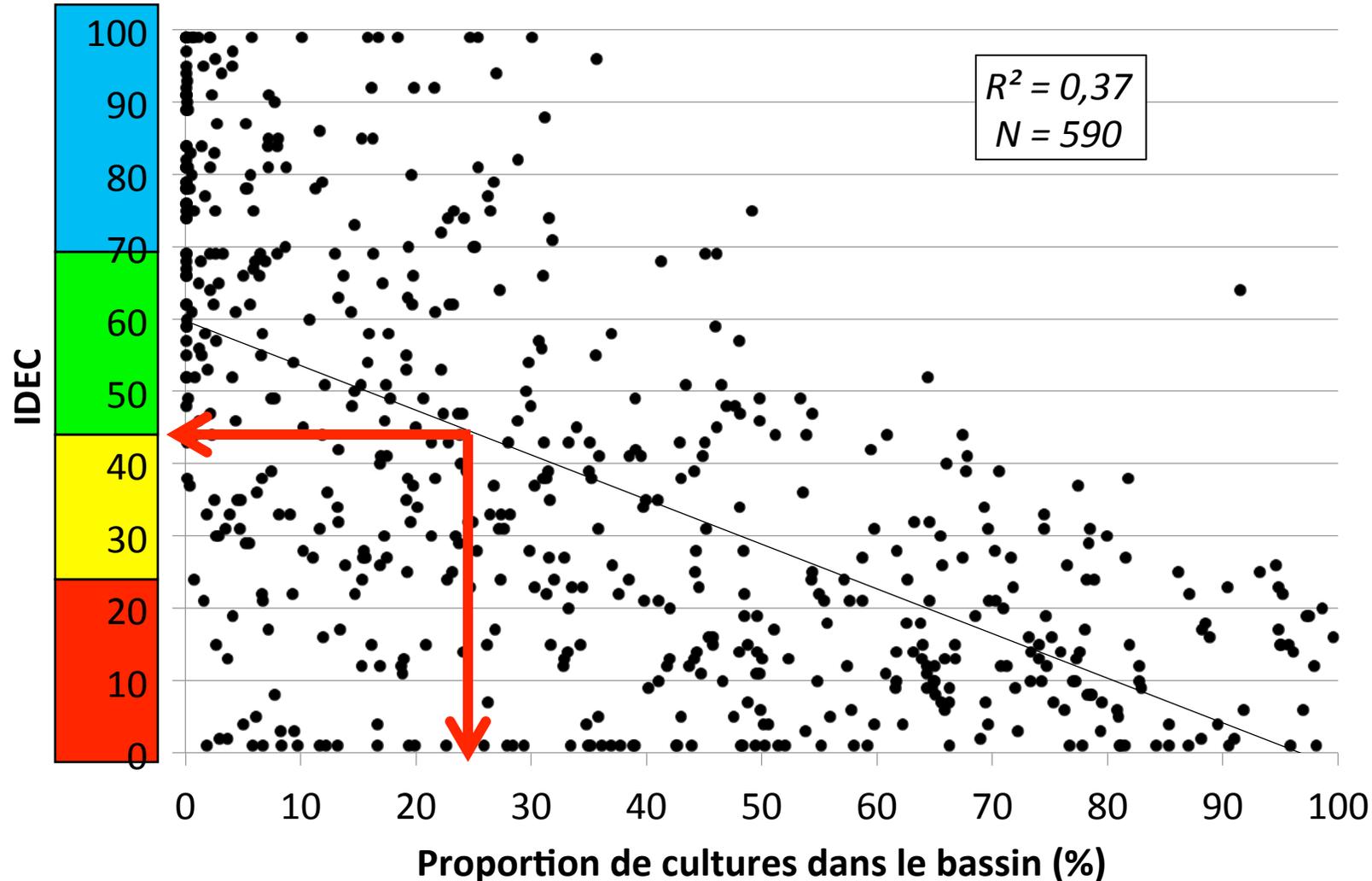
n=564



Un bassin doit avoir près de **60% de forêt** pour obtenir une qualité de l'eau satisfaisante (classe B)



La qualité de l'eau est inversement proportionnelle au pourcentage en cultures.
Moins de 25% pour avoir une qualité satisfaisante, sauf que...



Groupe	Moyenne (%)
Tous	34
G1 (sablonneux)	36
G2 (Plaine argileuse)	75
G3 (Appalaches)	5
G4 (Bouclier canadien)	30

Au-delà de la proportion de forêts, une forte **densité de bordure** des îlots forestiers améliore la qualité de l'eau...

Régression multiple sur la variable IDEC
Tous les bassins ($N = 590, p \leq 0,01$)

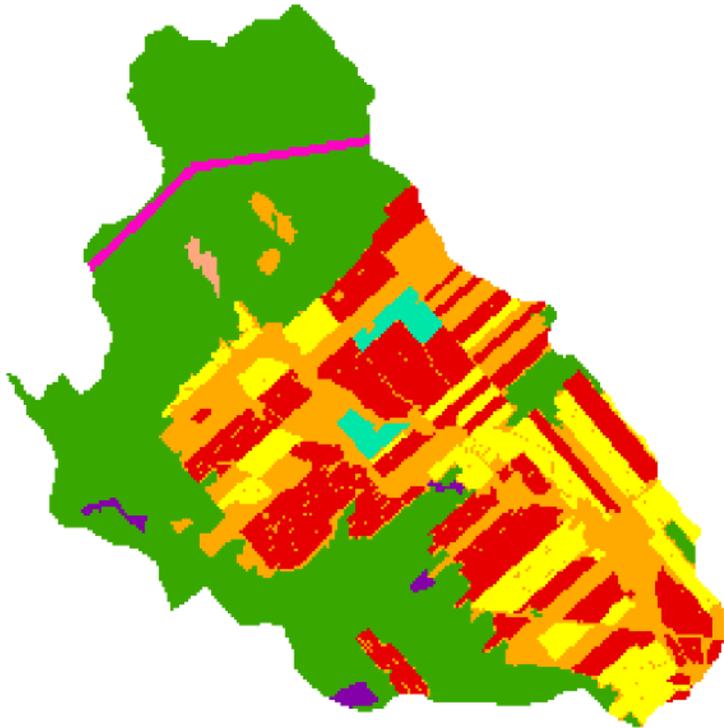
Variable	Coefficient
Forêts (%)	0,26
Densité bordure forêts	0,36
Densité milieux urbains	-2,70
Densité pop non desservie	-0,17
Diversité du paysage	-36,10

$R^2 = 0,52$

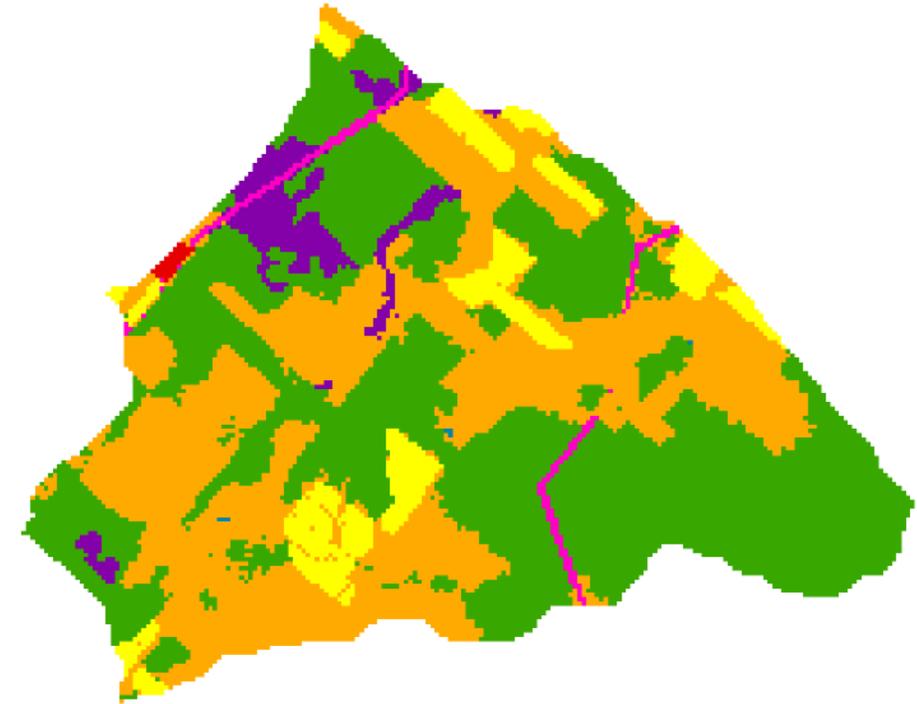


Une forte diversité du paysage, associée à une fragmentation des surfaces forestières, nuit à la qualité de l'eau.

Au-delà de la proportion de forêts, une forte densité de bordure des îlots forestiers améliore la qualité de l'eau...



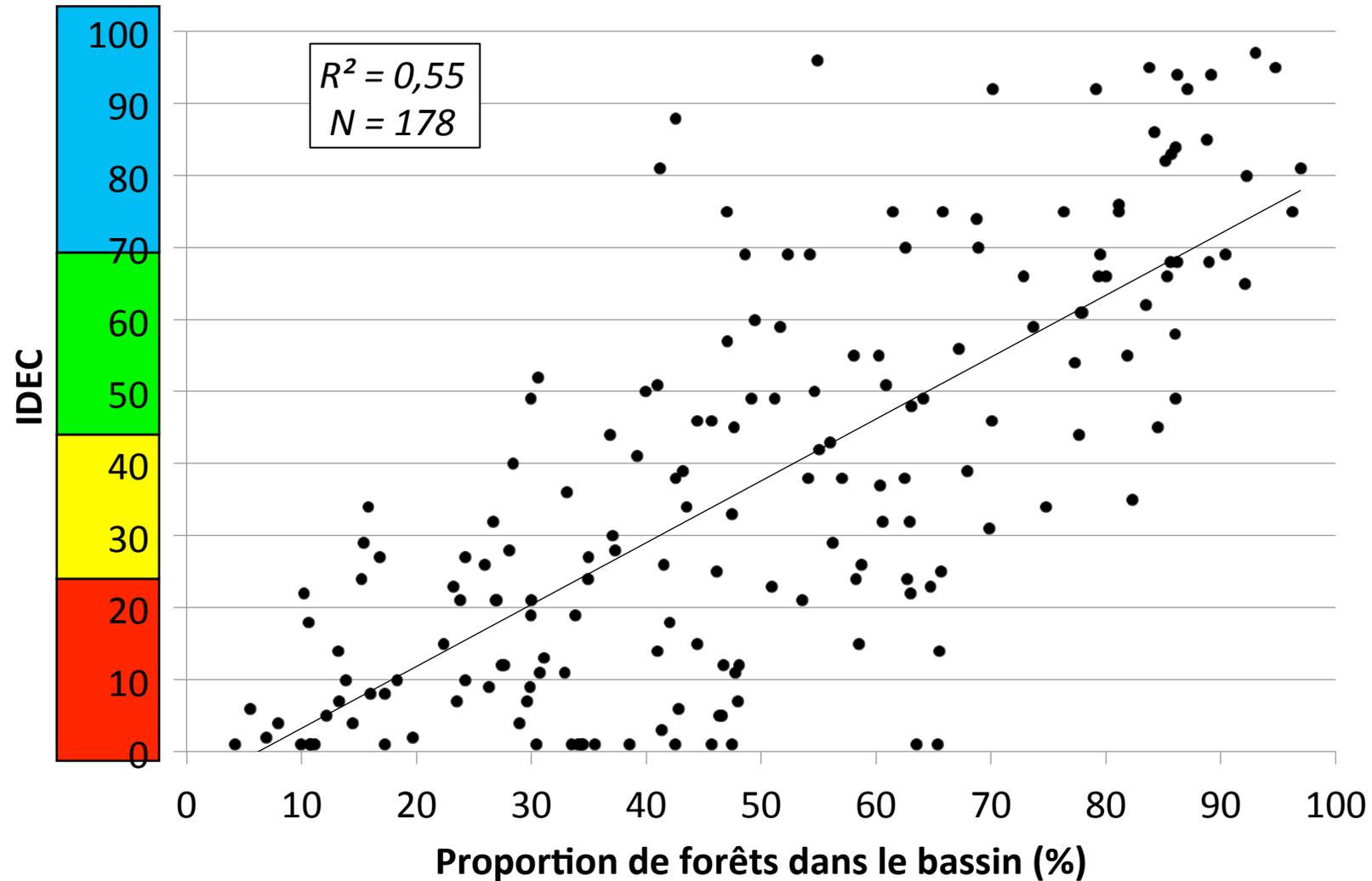
	Variable	
48	Forêt (%)	49
18	Densité bordure forêt (m/ha)	48
30	Superficie (km ²)	15
7	IDECC	69



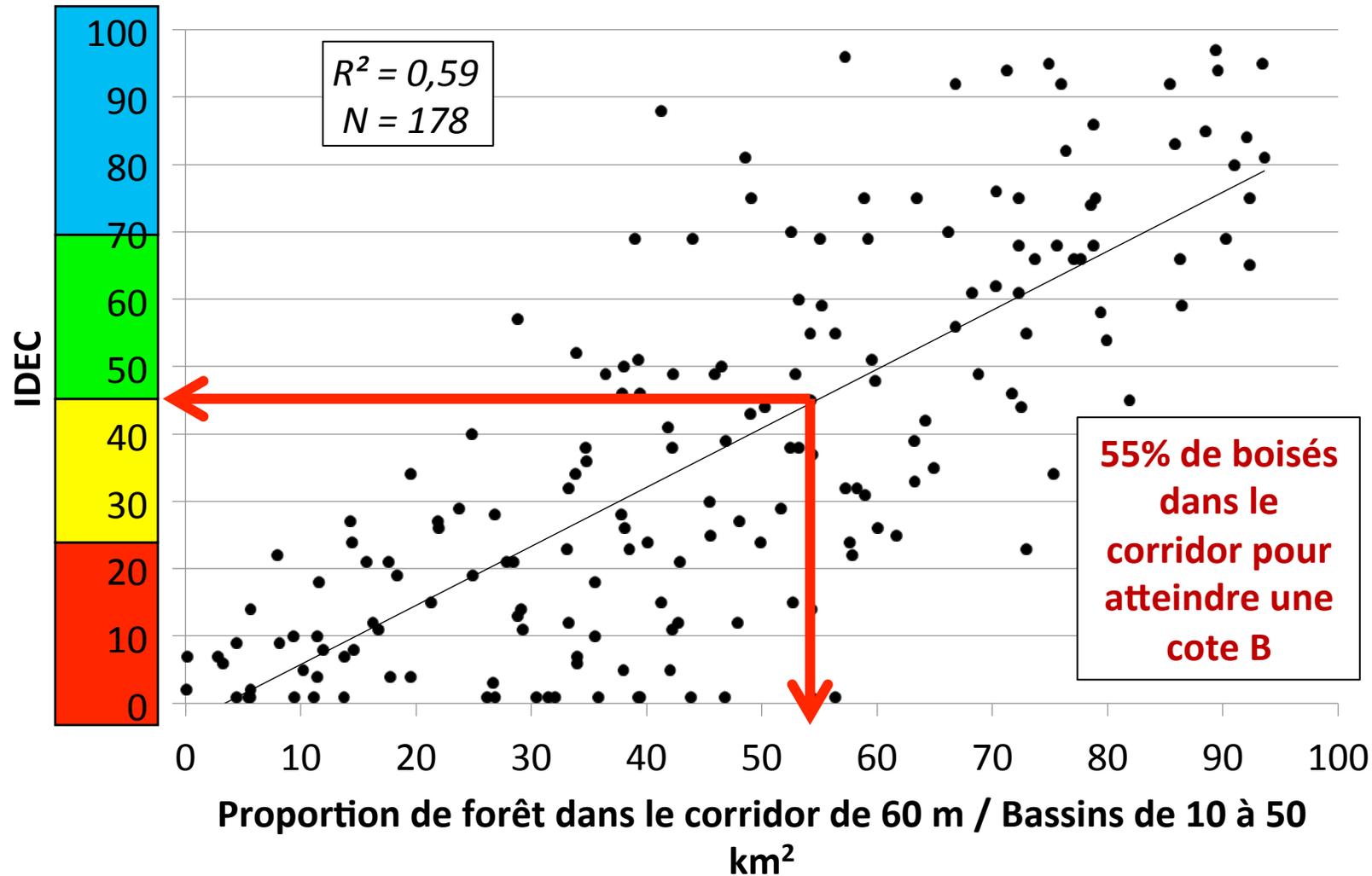
Une densité de bordure élevée est associée à des boisés aux formes complexes qui suivent les voies d'écoulement, dont les zones ravinées, ce qui favorise la filtration et l'infiltration de l'eau.

- Forêt
- Milieu humide
- Cultures à petits interlignes (CPI)
- Cultures à grands interlignes (CGI)
- Cultures pérennes
- Milieu anthropique

C'est dans les **tributaires de 10-50 km²** que la relation entre la qualité de l'eau et les boisés est la plus forte



La relation entre la qualité de l'eau et les boisés est d'autant plus forte dans le **corridor riverain des tributaires**



La densité de bordure des milieux naturels a également un impact positif à l'échelle des petits tributaires

Régression multiple sur la variable IDEC
Bassins de 10 à 50 km² ($N = 178, p \leq 0,01$)

Variable	Coefficient
Forêts (%)	0,47
Densité de bordure des milieux humides	0,38
Diversité du paysage	-30,25

$R^2 = 0,62$

C'est dans le **corridor riverain des tributaires** que la relation avec la qualité de l'eau est la plus forte

Régression multiple sur la variable IDEC
Corridor riverain (60 m) des bassins de 10 à 50 km²
($N = 178, p \leq 0,01$)

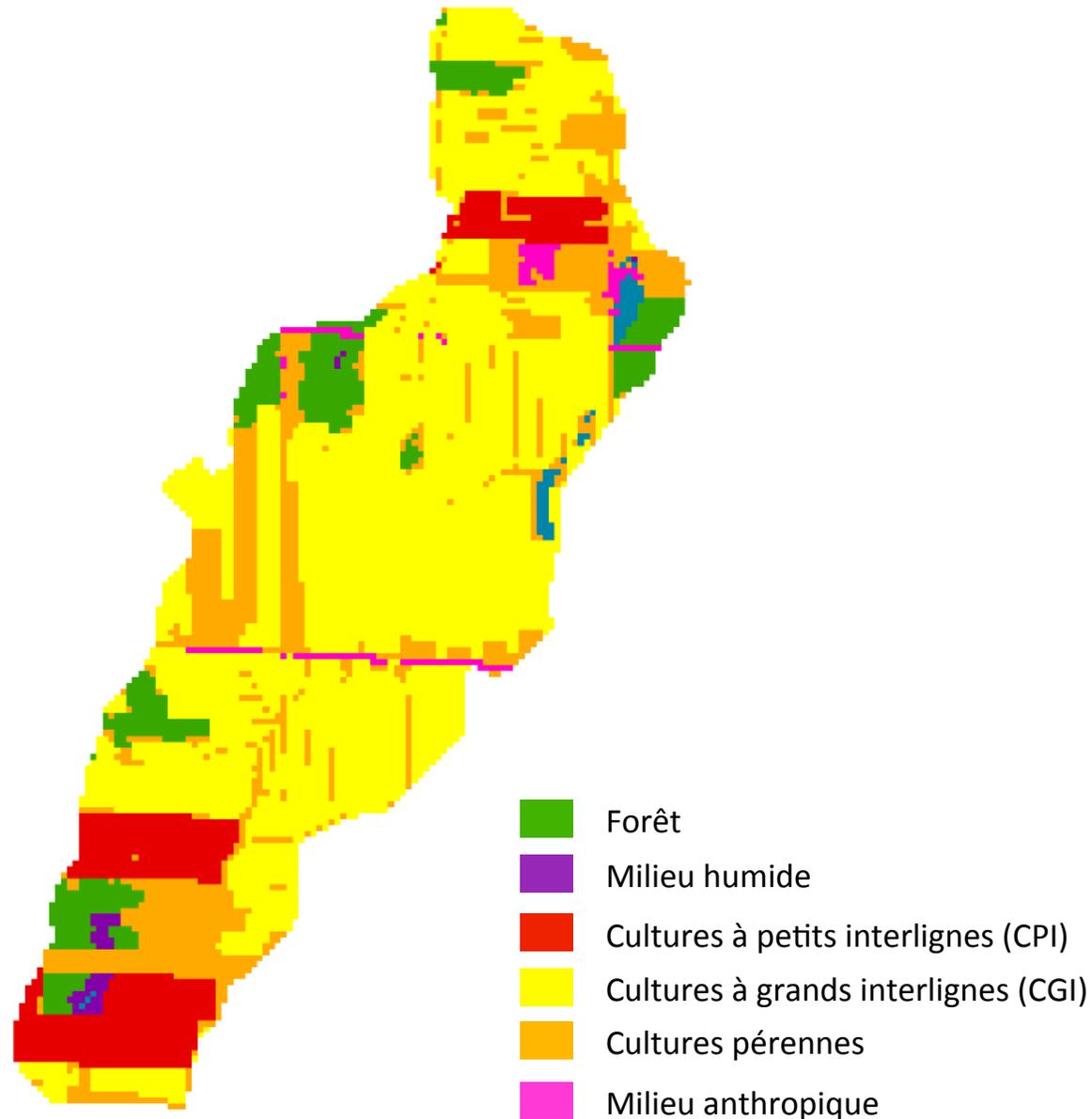
Variable	Coefficient
Forêts (%)	0,63
Milieux humides (%)	0,47
Diversité du paysage	-24,11

$R^2 = 0,65$



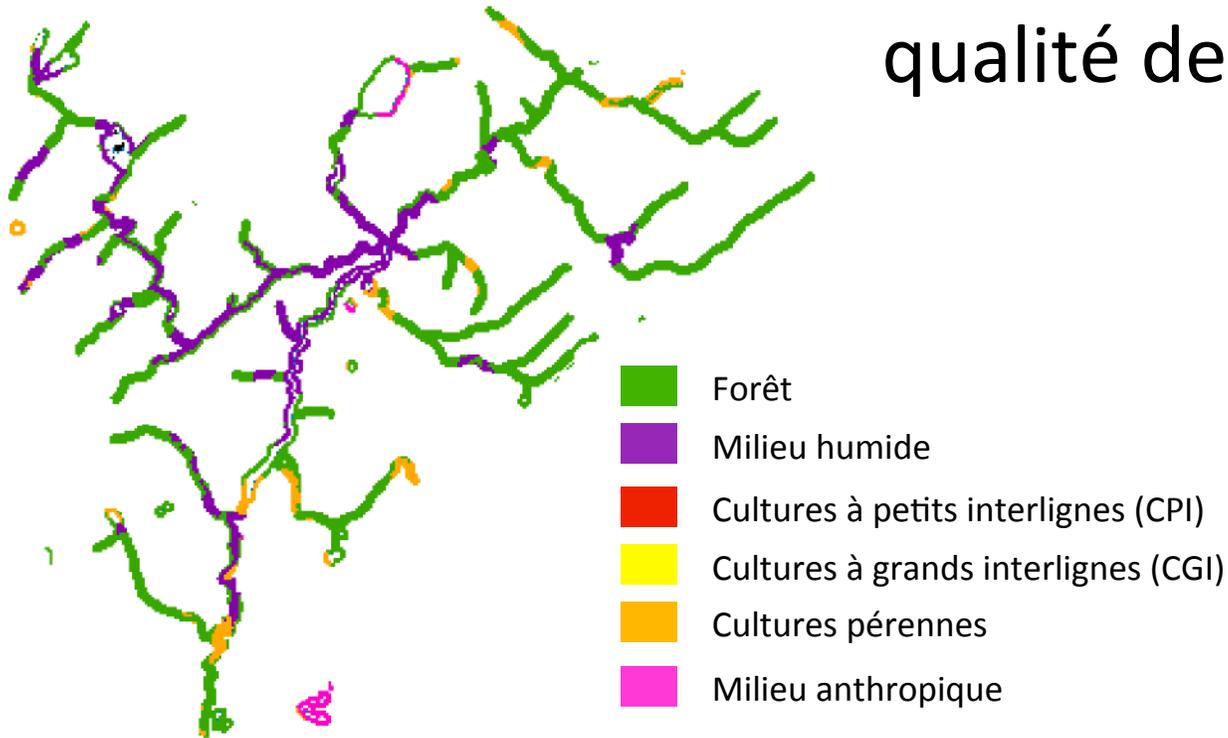
Les boisés et les milieux humides situés dans le corridor riverain améliorent la qualité de l'eau alors que leur fragmentation la diminue.

Qu'en est-il des très petits tributaires (< 10 km²) ?



1. La résolution de nos données (30 m) n'était pas suffisante à cette échelle
2. À cette échelle, les pratiques culturales (travail du sol, fertilisation, etc.) ont un impact plus important sur la qualité de l'eau. Ces données n'étaient pas disponibles pour les 590 stations.

Comment pouvons-nous modifier le paysage pour améliorer la qualité de l'eau ?



IDEC	78
Superficie bassin (km ²)	50
Forêt (%)	66
Milieus humides (%)	24
Forme forêt	1,56 (>moyenne)
Diversité Shannon	0,92 (<moyenne)

1. La planification des aménagements aura un effet optimum dans les tributaires de **10-50 km²** (ordre de Strahler 2-4).
2. La superficie en boisés et en milieux humides doit être supérieure à **55%** dans le **corridor riverain** des tributaires.
3. Les milieux naturels ne doivent pas être trop **fragmentés** mais peuvent avoir une **forme complexe**, épousant les courbes de niveau et le réseau hydrographique.
4. En zone d'agriculture intensive, le passage d'une culture annuelle à une **culture pérenne** a également un effet positif sur la qualité de l'eau.

