

# Sites de gestion à terre des sédiments : évaluation des paramètres en vue de la valorisation des sites

R. Bonnard, O. Bour, J. Caudeville, J. Michel

*Colloque projet « VALSE »*

**Nouvelles ressources transfrontalières : vers une validation de scénarii de valorisation de sédiments et autres matériaux**

*Mardi 27 novembre 2018*

*salle culturelle, 3 place du peuple – 7340 Pâturages  
organisé par l'ISSeP*

- Introduction & objet
- Approche méthodologique :
  - Etude des transferts
  - Approche sanitaire
  - Construction de critères
- Conclusion

La valorisation des sites de gestion à terre suppose que des paramètres discriminants soient évalués à l'échelle locale ou régionale.

Parmi ces paramètres, on doit citer les risques sanitaires liés à la présence éventuelle de contaminants et aux transferts de ceux-ci, ainsi que les enjeux locaux de valorisation.

La composante socio-économique représente également un critère utile pour prioriser les actions de réduction des inégalités environnementales liées aux accès aux zones vertes sur le territoire.

Les données de caractérisation de sites de VNF ainsi que les données socio-économiques sur le territoire des Hauts de France constituent des données susceptibles d'être comparées par une approche quantitative.

La construction d'une méthodologie combinant la caractérisation de l'exposition potentielle et les critères socio-économiques à l'échelle locale constitue l'objet des travaux.

# Etapes de l'approche méthodologique

L'approche retenue a compris les 2 études suivantes :

- une étude exploratoire traitant du transfert des contaminants dissous et colloïdaux et comportant :
  - un volet de caractérisation des eaux souterraines d'un site par prélèvement à faible débit après purge ;
  - un volet méthodologique de tests d'échantillonneurs passifs intégratifs (module AGI et dosimètre en céramique) pour les composés organiques (HAP légers, Naphtalène au Pyrène).
- un travail de classification des sites à partir d'indicateurs prenant en compte l'environnement, les populations et des indicateurs socio-économiques intégrant :
  - la compilation des données de caractérisation de 119 sites ;
  - le choix de deux scénarios de valorisation et l'évaluation des risques sanitaires liés à ces deux scénarios ;
  - la construction de deux critères traitant des aspects socio-économiques et des aspects sanitaires.

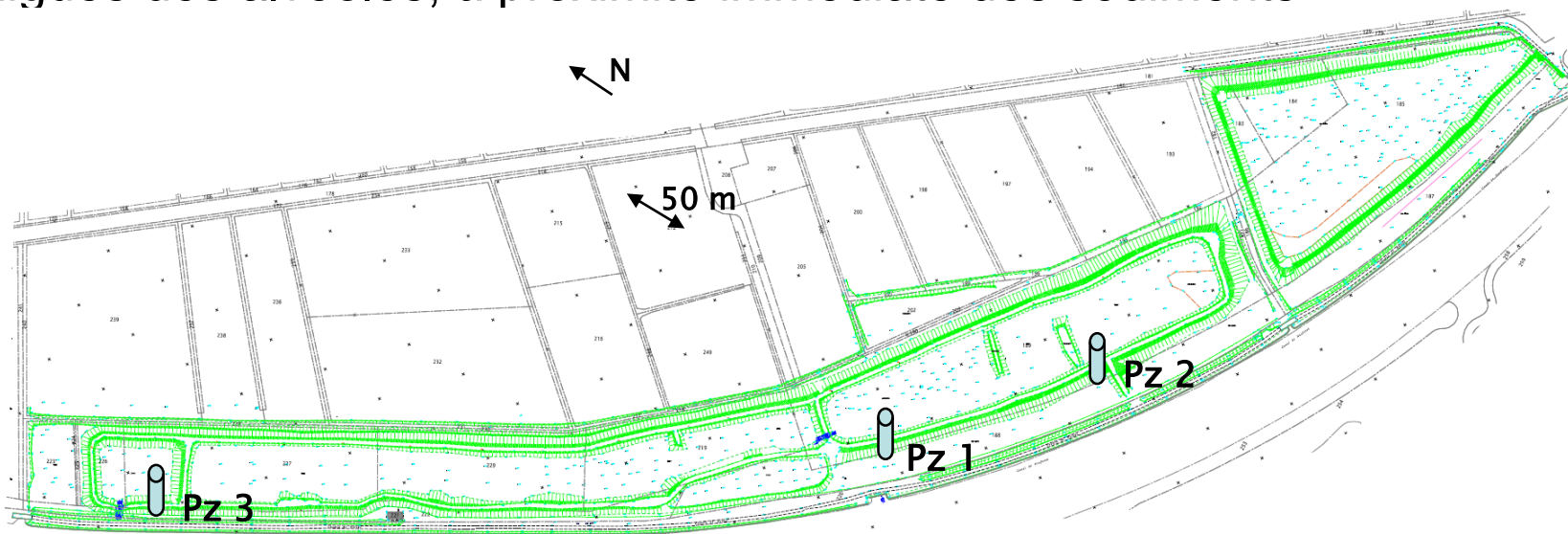
## Transfert des contaminants à l'échelle des alvéoles (1/2)

Les données acquises portent sur le transfert vers la nappe de contaminants sur un site de gestion de sédiments localisé au Nord-Ouest de Saint Omer.

Le site a fait l'objet depuis 1979 de plus de 9 dépôts de sédiments et d'une campagne de caractérisation portant sur 15 sondages.

La variabilité de la contamination du niveau de surface a été explorée par des investigations multi-partenariales complémentaires (INERIS, BRGM, ISSeP, IMT). Les résultats démontrent une certaine homogénéité au niveau de chaque alvéole.

Le site a été équipé au début du projet VALSE par 3 piézomètres localisés sur les digues des alvéoles, à proximité immédiate des sédiments.





## Transfert des contaminants à l'échelle des alvéoles (2/2)

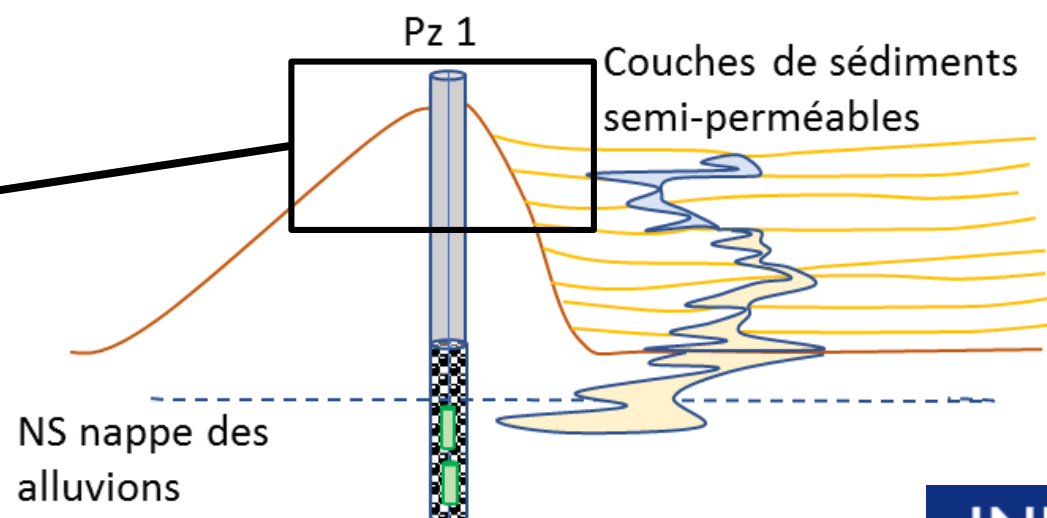
La site de Saint Omer a fait l'objet depuis la fin de l'année 2017 de 3 campagnes de prélèvements d'eaux souterraines comprenant la pose d'échantillonneurs intégratifs AGI et de dosimètres céramiques sur deux hauteurs dans les 3 piézomètres du site.

Les premières analyses ont permis d'observer une faible migration et un gradient de concentration de certains HAP légers dans 2 des 3 ouvrages suivis.

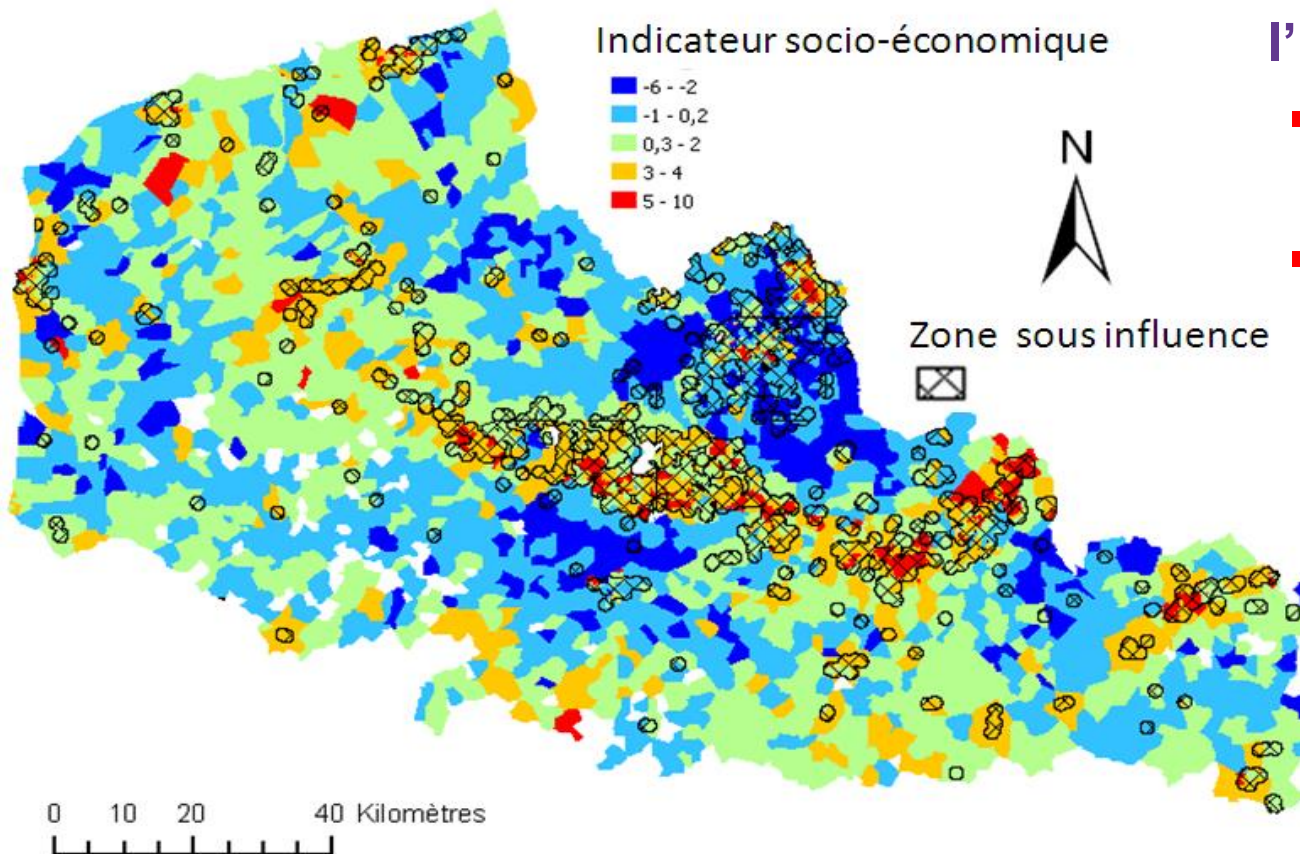
**Pz 1**



**Schéma conceptuel de transfert**



# Approche de classification : évaluer les associations spatiales entre facteurs de risques environnementaux et situation socio-économique



- **Fdep : l'indice de défaveur de l'INSERM (Rey et al., 2009):**

- 4 variables (INSEE) : chômage, revenu, diplôme, ouvrier
- Somme des 4 variables centrées réduites pondérées et stratifiées

Exemple d'application : spatialisation de l'indicateur de défaveur, et comparaison aux zones sous influence des Sites Potentiellement Dangereux en Nord-Pas-de-Calais (Caudeville et Rican, 2016)

La première phase a consisté à :

- compiler les données de caractérisation des 119 sites de gestion à terre des sédiments de VNF ;
- rapprocher à partir d'un identifiant unique les données SIG de localisation des sondages et les données d'analyses des 2331 échantillons de sédiments des sondages ;
- sélectionner les caractérisations concernant les 50 premiers centimètres de chaque sondage en vue de l'analyse des risques sanitaires ;
- tester les éventuelles corrélations spatiales entre les jeux de données à plusieurs échelles (régionales à locales (2 - 3 km)) dans le but d'améliorer la connaissance des sédiments.



Deux scénarios ont été retenus :

- «lieu de promenade» (voies d'expositions : inhalation de polluants gazeux et ingestion de sols) ;
- «chasse» et exposition d'une famille de chasseurs (voies d'expositions : inhalation de polluants gazeux, ingestion de sols et consommation de lapins).

L'ensemble des analyses des sols de surface (8 métaux, 7 PCBi, 16 HAP) a été pris en compte.

Une approche par facteurs de bioconcentration a été utilisée pour rendre compte de la contamination des lapins :

- à partir de données d'analyses de lapins encagés sur site transmises par VNF ;
- à défaut de mesures, par une relation QSAR (dépendant du Kow des substances).

# Classification des sites : utilisation de MODUL'ERS

Les calculs d'évaluation de risques sanitaires ont été réalisés par le logiciel MODUL'ERS qui est une plate-forme de modélisations et simulations.

MODUL'ERS

MODULERS - schema\_conceptuel2\*

Context

Model

Manage library...

Auto-zoom

Zoom Selected

Zoom In

Zoom Out

Help Contents

General variables

Lookup tables

Parameters

Simulation

Result charts

Result tables

Report

Model

Constantes Reglages

Constantes Reglages to Sol

Constantes Reglages to Eaux souterraines

Constantes Reglages to Legumes feuilles

Constantes Reglages to Legumes racines

Constantes Reglages to Legumes fruits

Constantes Reglages to Conc part air extérieur

Sol

Eaux souterraines to Sol

Eaux souterraines

Eaux souterraines to Legumes feuilles

Eaux souterraines to Legumes fruits

Legumes feuilles

Legumes feuilles (Sub-system)

Id: Legumes\_feuilles

Description: Ce module permet de calculer les concentrations dans les végétaux consommés liés aux dépôts atmosphériques directs, à l'absorption gazeuse (polluants organiques), aux dépôts de particules du sol remises en suspension, à l'irrigation par aspersion, au prélèvement direct à partir du sol. Pour calculer la concentration dans le végétal considéré, il est nécessaire de définir son type (grains, autres parties supérieures d'une plante : tige, feuilles, fruits ; fourrage, tubercules, parties racinaires) et les différents transferts à prendre en compte. Un module sera défini pour chaque type de végétal à considérer. Ce module est paramétré pour des végétaux de type "légumes-feuilles". Les concentrations dans les végétaux sont données au moment de la récolte et de récolte en récolte. La date de

Dose\_veg\_classe\_age (Expression)

Id: Legumes\_feuilles.Dose\_veg\_classe\_age

Full name: Dose d'exposition par ingestion de produits végétaux

Symbol: Dose\_veg\_classe\_age

Sub-system: Legumes\_feuilles

Unit:  $\text{mg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$

Dimension: Materials, Classes\_d'age

Referenced by: Dose\_veg\_individu

Expression

$$(Age_{min, classes} < 1000000.0) \cdot (Q_{veg} \cdot C_p \cdot t_{sp} \cdot f_{veg, dec} \cdot f_{veg, exp} / B_w)$$

where

Symbol	Unit	Full name	Type	Sub-System
Age_min_classes	year	Age minimal de chaque classe d'âge	Parameter	Constantes_Reglages
Q_veg	$\text{kg}_{veg} \text{d}^{-1}$	Masse de ce type de produit d'origine végétale ingérée par jour par la cible humaine	Parameter	Legumes_feuilles
Cp	$\text{mg kg}_{vegsec}^{-1}$	Concentration dans la plante à la récolte	Expression	Legumes_feuilles
tsp	$\text{kg}_{vegsec} \text{kg}_{vegfruits}^{-1}$	Teneur en matière sèche des végétaux	Parameter	Legumes_feuilles
f_veg_dec	unitless	Facteur de décontamination du produit d'origine végétale avant consommation	Parameter	Legumes_feuilles
f_veg_exp	unitless	Fraction de la quantité consommée et exposée à la contamination du site pour le végétal	Parameter	Legumes_feuilles
B_w	kg	Masse corporelle de la cible	Parameter	Legumes_feuilles

Expressions: Alpha, B\_w, C\_p, Q\_veg, t\_sp, f\_veg\_dec, f\_veg\_exp

MODUL'ERS

INERIS


maîtriser le risque  
pour un développement durable

# Classification des sites : paramètres et matrice d'exposition




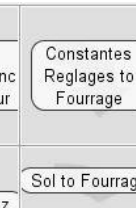




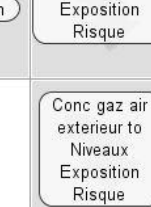

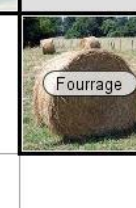



Les paramètres d'expositions ont été calculés pour les classes d'âge de 0 à 70 ans et comprennent :

- le temps passé sur site et l'ingestion de sol pour les 2 scénarios ;
- la consommation de lapins pour le scénario chasseur.

## Matrices d'exposition du logiciel MODUL'ERS

 Constantes Reglages	 Constantes Reglages to Sol	 Constantes Reglages to Conc gaz air extérieur	
	 Sol	 Sol to Conc gaz air extérieur	 Sol to Niveaux Exposition Risque
		 Conc gaz air extérieur	 Conc gaz air extérieur to Niveaux Exposition Risque
			 Niveaux Exposition Risque

Matrice du scénario « promeneurs »

 Constantes Reglages	 Constantes Reglages to Sol	 Constantes Reglages to Conc gaz air extérieur	 Constantes Reglages to Fourrage		
	 Sol	 Sol to Conc gaz air extérieur	 Sol to Fourrage  Sol to Fourrage	 Sol to Lapin	 Sol to Niveaux Exposition Risque
		 Conc gaz air extérieur	 Conc gaz air extérieur to Fourrage		 Conc gaz air extérieur to Niveaux Exposition Risque
			 Fourrage	 Fourrage to Lapin	
				Lapin	Lapin to Niveaux Exposition Risque
					Niveaux Exposition Risque

Matrice du scénario « chasseurs »



Les quotients de danger (QD) ont été calculés par organe cible pour les deux voies en totalisant 13 systèmes organiques pour l'application par voie et par substance.

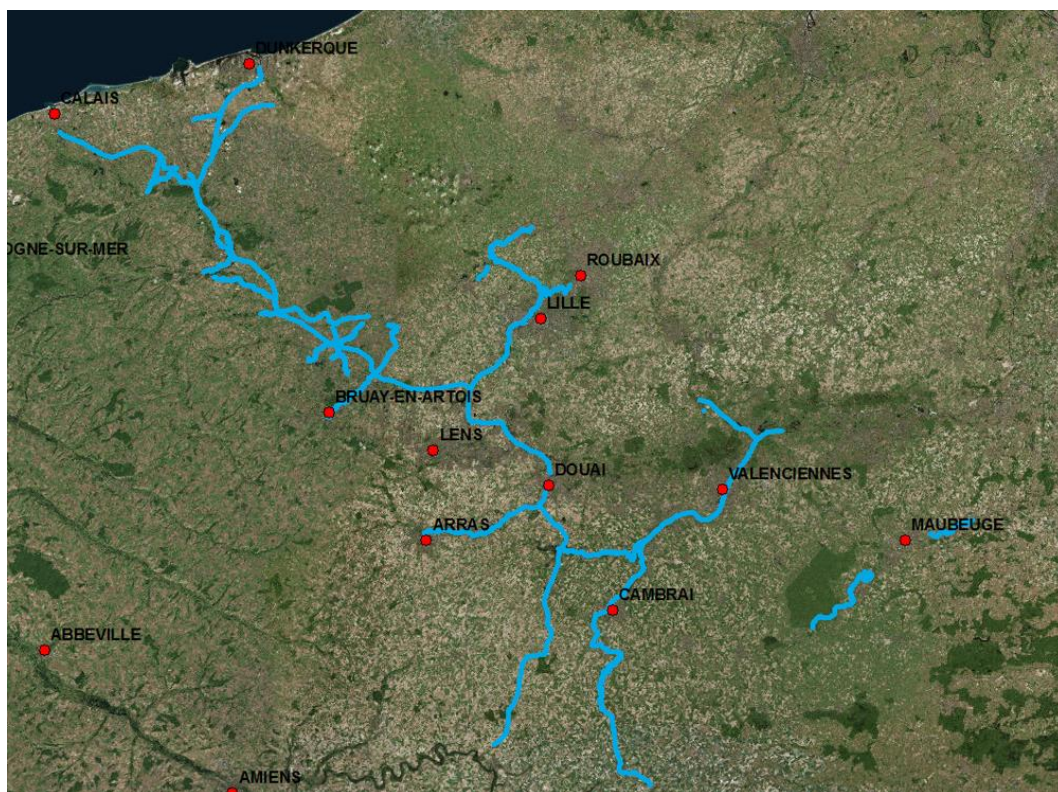
Les simulations pour le scénario « promenade » montrent des dépassements des valeurs repères de risque pour 7 sites sur 119. Ces dépassements sont liés principalement à l'arsenic pour le risque cancérigène (ERI) et au plomb pour les risques non cancérigènes (QD).

Dans le cas du scénario « chasseur », des dépassements quasi-systématiques de valeurs repères de risque sont liés à l'exposition du plomb par le biais de la consommation de lapins. La présence de plomb potentiellement préexistante et liée à l'activité de chasse ne permet néanmoins pas de conclure sur ce paramètre. Sur quelques sites, l'ERI pour l'arsenic dépasse également la valeur repère.

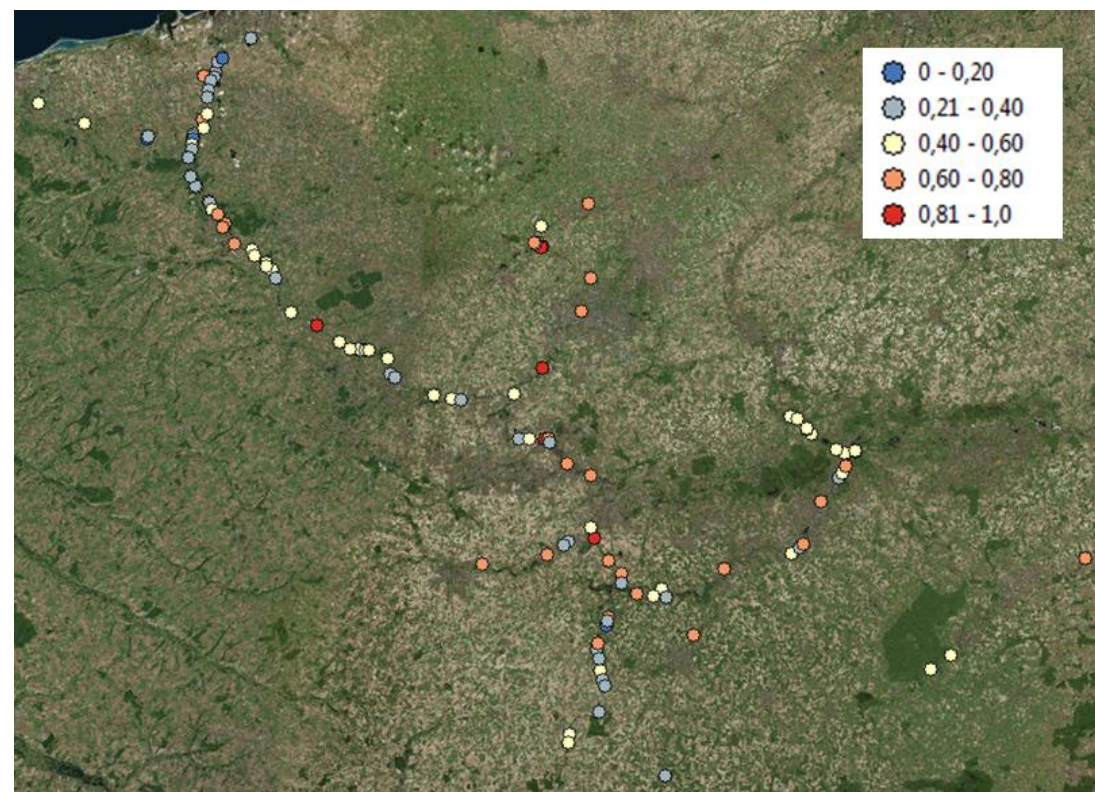


# Classification des sites : évaluation des paramètres environnementaux

Les valeurs brutes des QD et des ERI sont normalisées et réduites à un intervalle 0 - 0,5 pour produire le critère environnemental et sanitaire **ENV** sur les 119 sites.



**Bassin fluvial  
considéré**

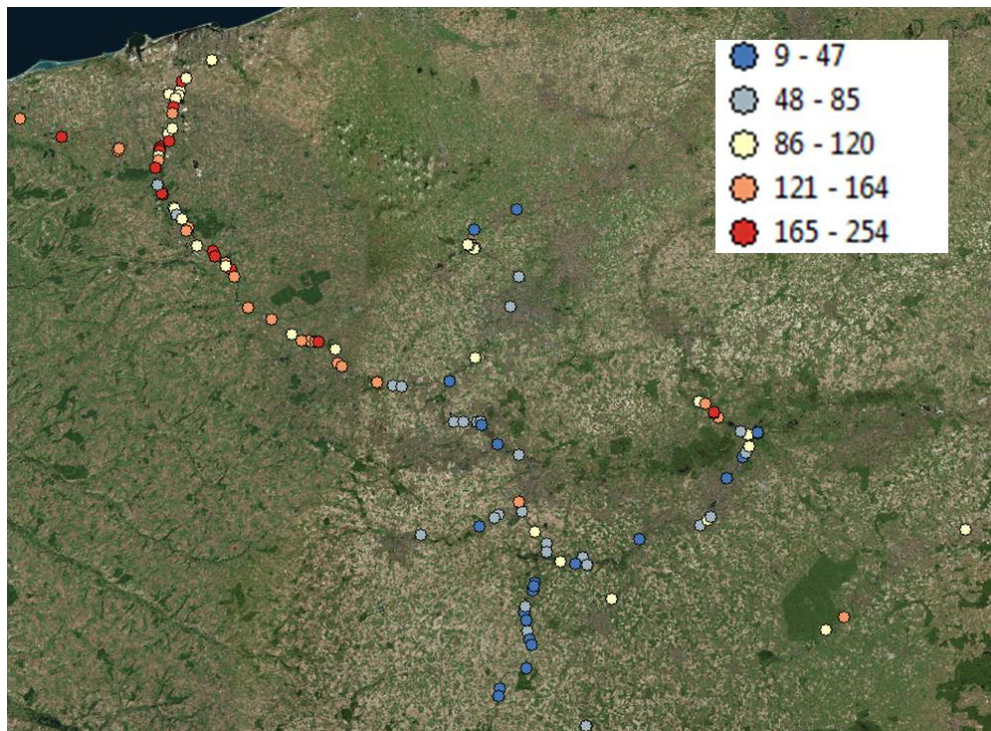


**ENV = (ERI + QD)  
préalablement  
centrés et réduits**

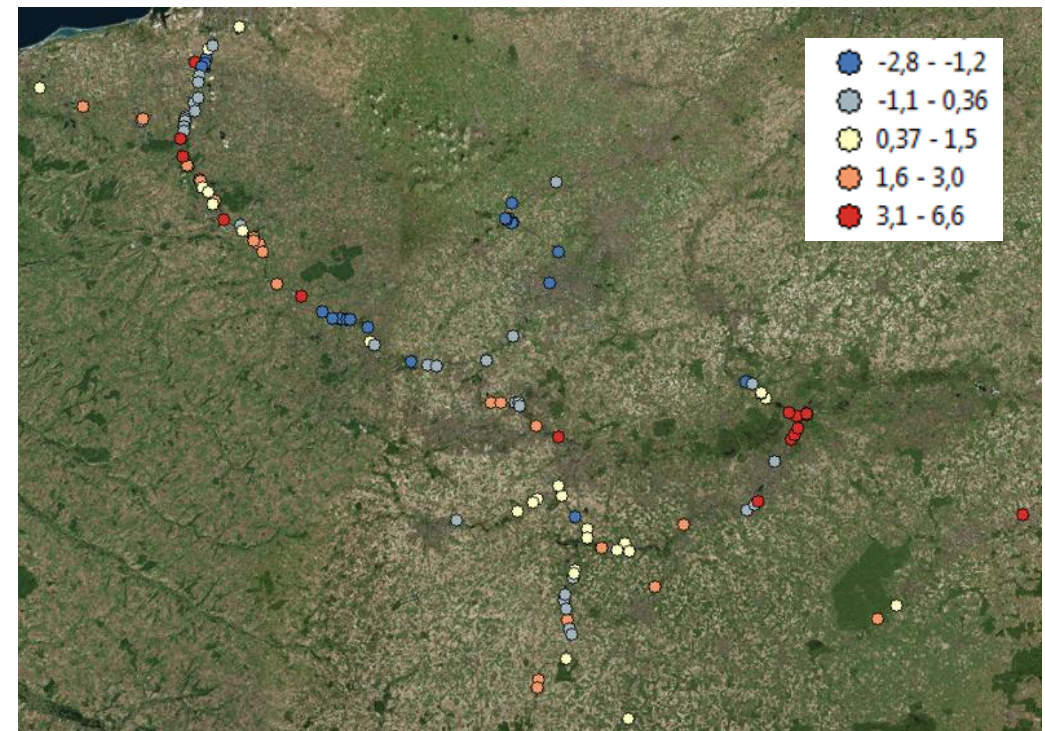


# Classification des sites : évaluation des paramètres socio-économiques sur le bassin fluvial Nord – Pas-de-Calais

Construction d'un facteur de désavantage social à partir du statut économique et social (SES) et de la population existante dans un rayon d'1 km.



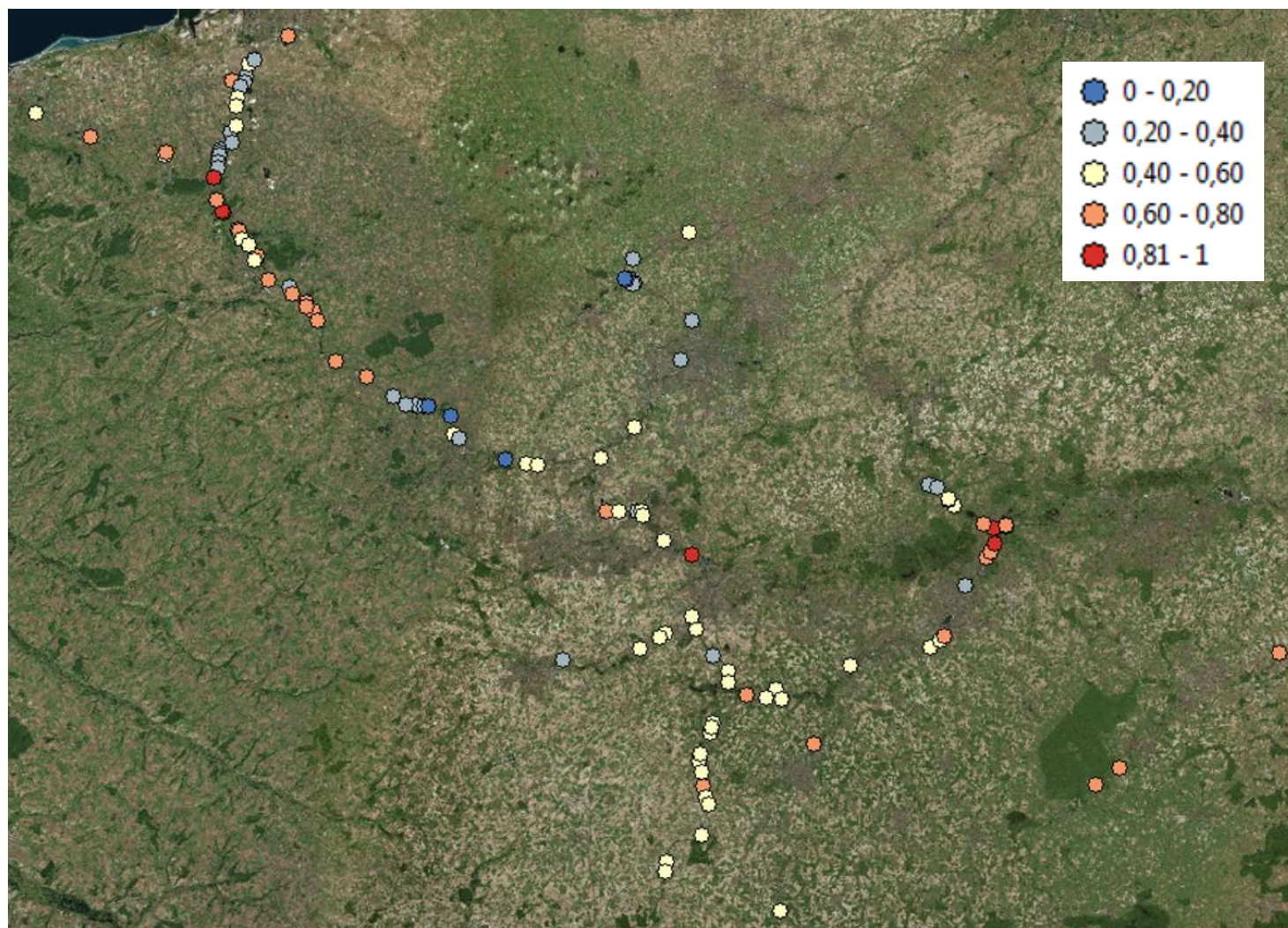
**POP : Population pour r = 1km**



**Statut Economique et Social :  
Indicateur FDep**



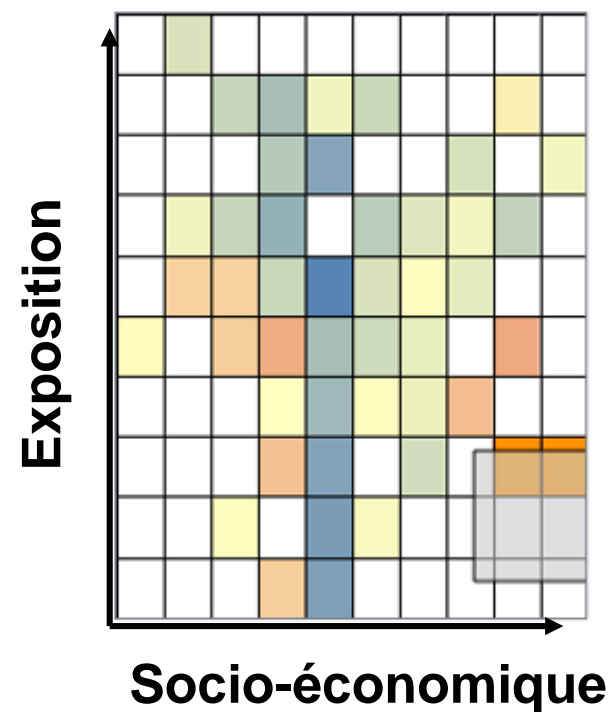
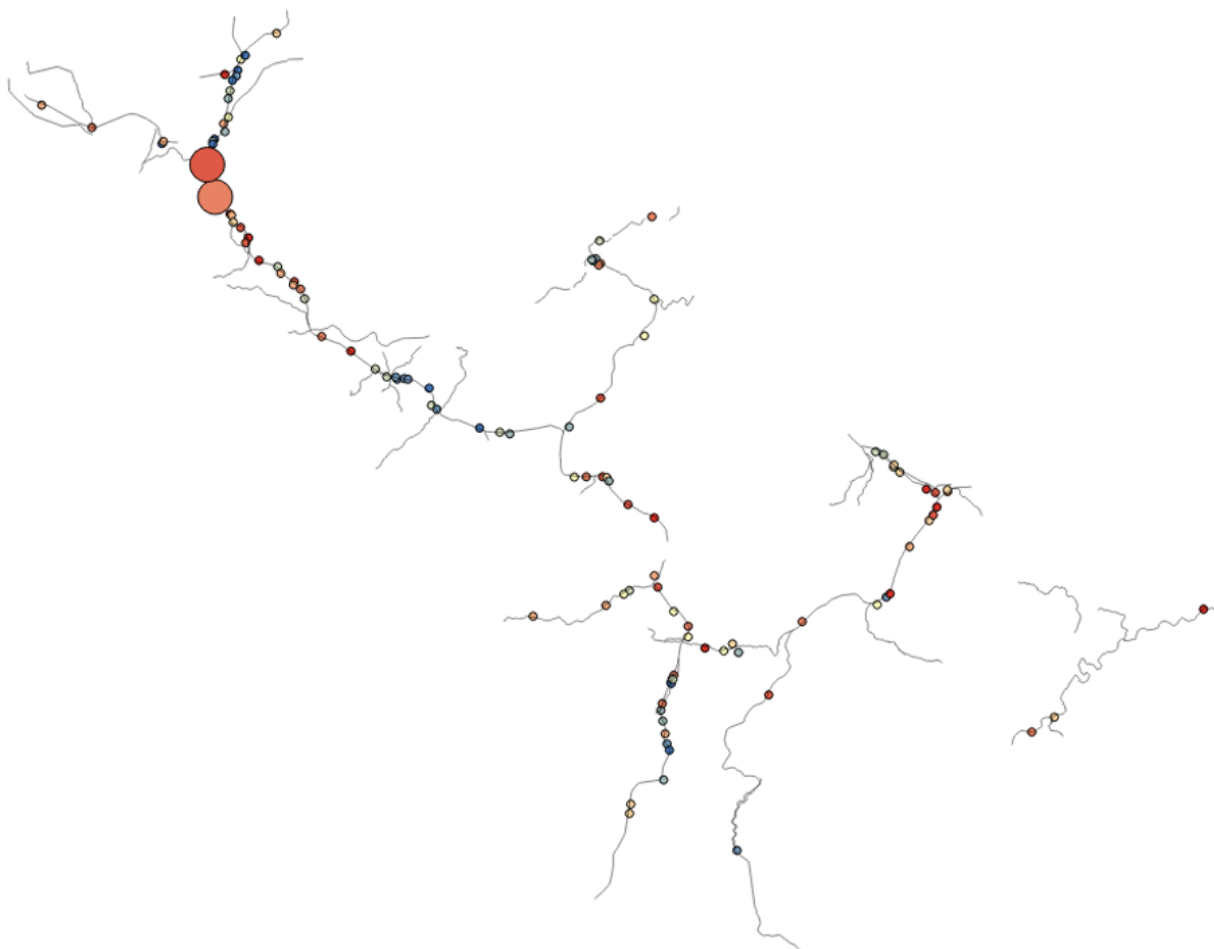
# Classification des sites : agrégation des facteurs socio-économiques



**Critère socio-économique « POP SES » : (population \* désavantage social )  
centré et réduit**

# Classification des sites : aide à la décision et cas 1 de choix

Utilisation des critères pour l'aide à la décision : choix 1 de forts enjeux socio-économiques et faibles risques : sélection de sites

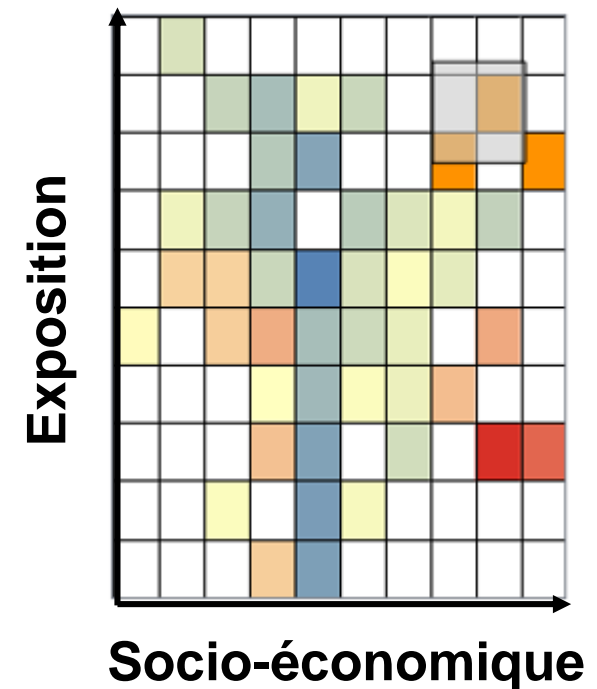
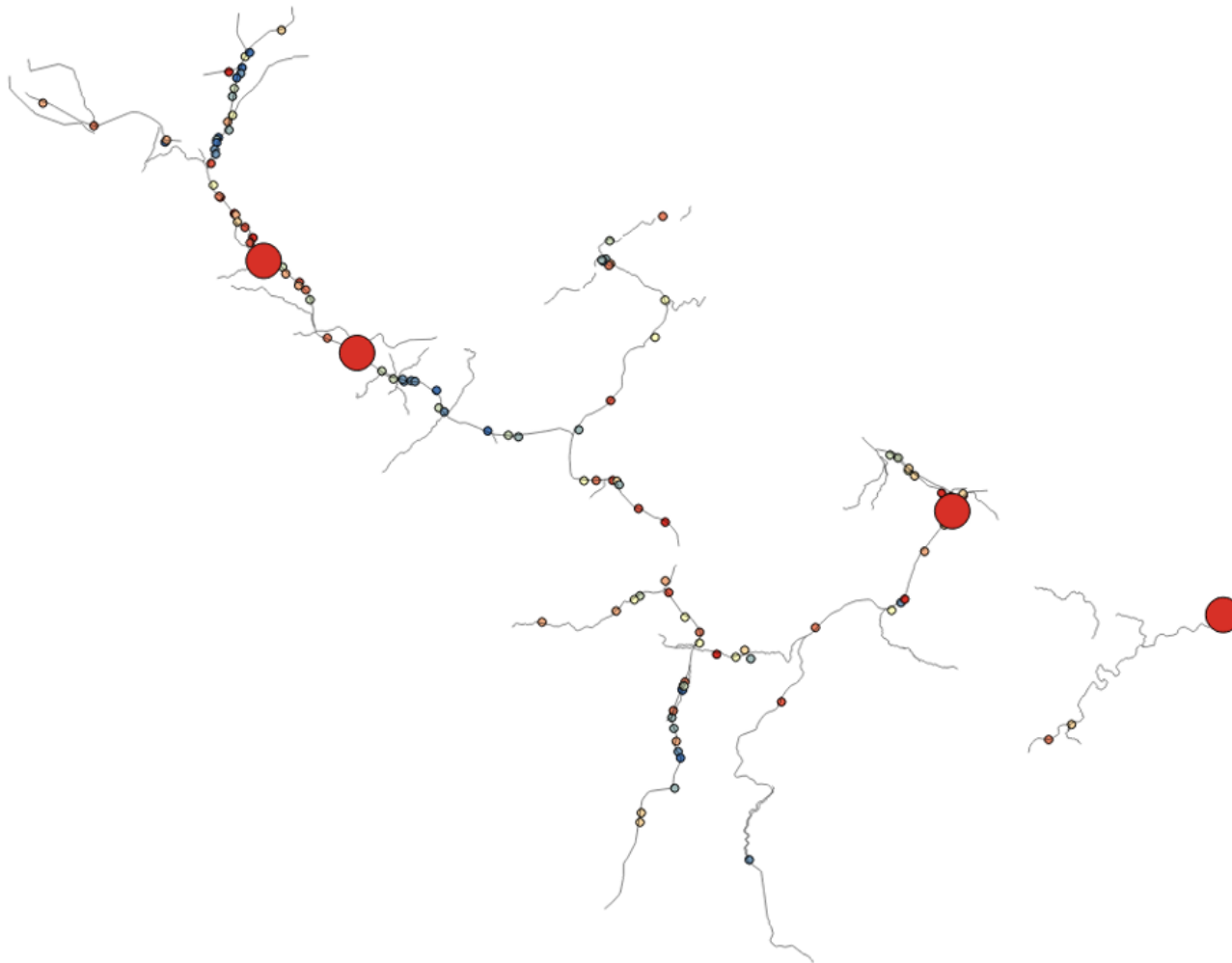


**Socio-économique ++**  
**Exposition --**



# Classification des sites : aide à la décision et cas 2 de choix

Utilisation des facteurs pour l'aide à la décision : choix 2 de forts enjeux socio-économiques et forts risques: sélection de sites



**Socio-économique ++**  
**Exposition ++**

# Conclusion

Les critères construits permettent de prioriser les actions de valorisation en tenant compte de facteurs quantitatifs combinant la caractérisation de l'exposition potentielle et les critères socio-économiques à l'échelle locale.

Cette approche de quantification et classification est ici appliquée aux sites de gestion à terre de sédiments, mais elle est susceptible d'être utilisée pour de nombreux sites (friches, terres délaissées,...).

Merci de votre attention !

