



Systèmes
Information
Géographique
Liens
Environnement
Santé



SIGLES

Utilisation des SIG en santé humaine : application en santé environnement

Damien Cuny

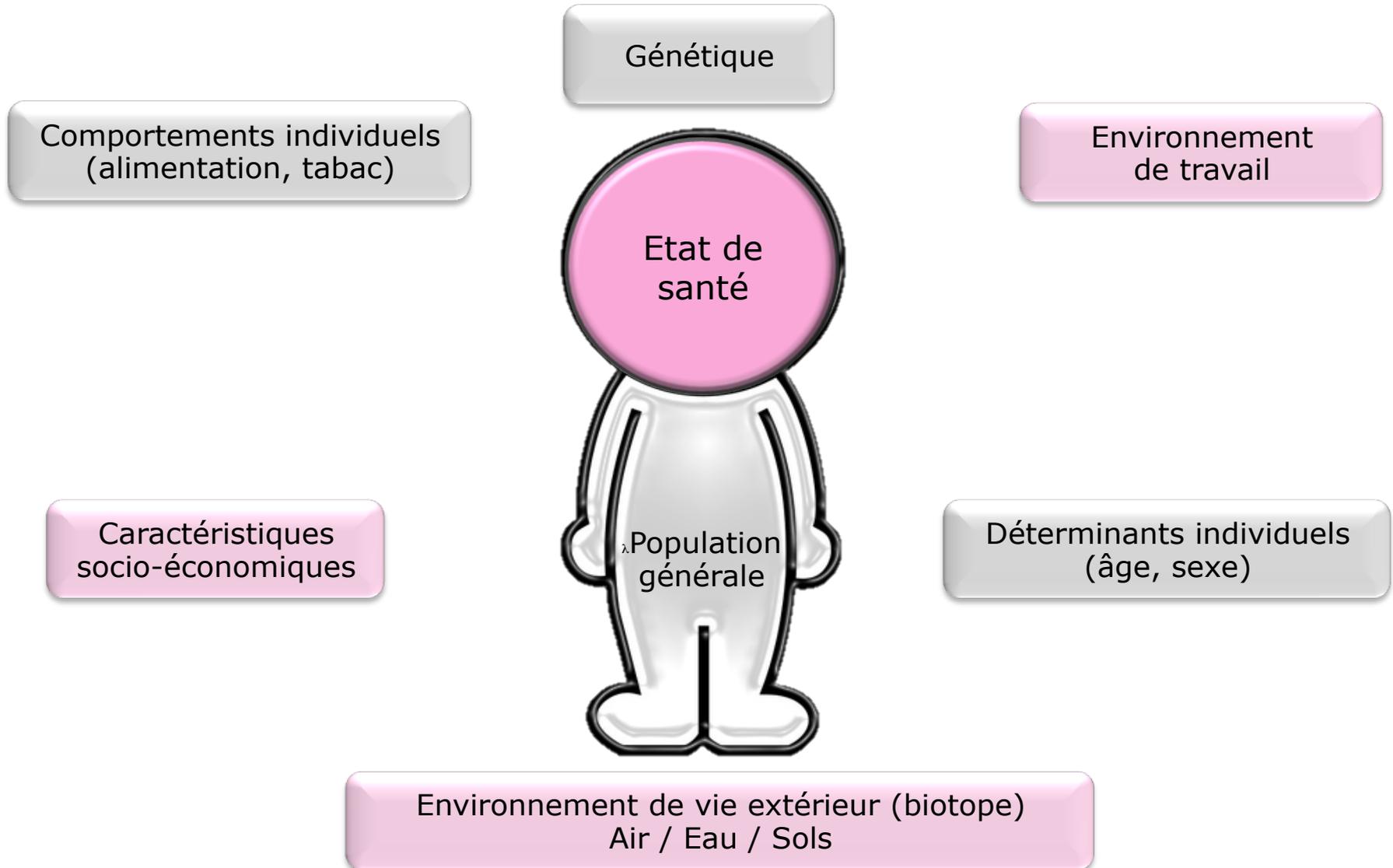
Université de Lille, EA 4483 - IMPECS - IMPact de l'Environnement Chimique sur la
Santé humaine,
Equipe de Biosurveillance Environnementale
F-59000 Lille, France



Université
de Lille

- Les enjeux de santé environnement
- Développement d'un SIG santé/environnement
- Exemples de réalisations

L'Etat de santé d'un individu est la résultante de l'effet de nombreux déterminants.



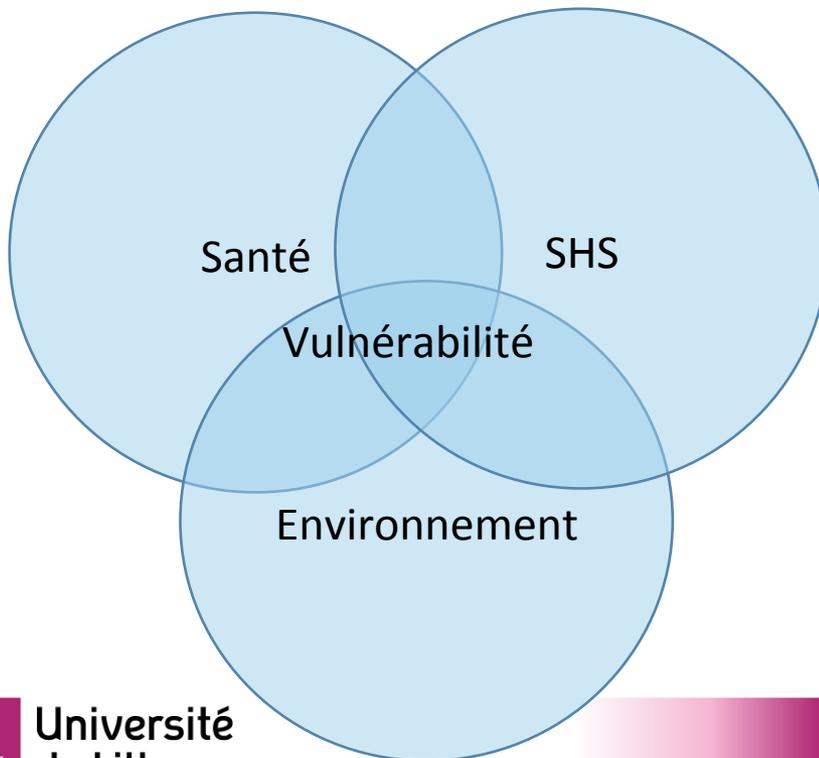
➤ 23% des décès prématurés (OMS)

Les populations faisant face à une vulnérabilité plus prononcée seraient :

Plus exposées à des nuisances environnementales

&

Plus sensibles aux effets sanitaires résultants



Priorité des PNSE en France

➤ Lutter contre les inégalités territoriales

PNSE 1 (2004)

➤ Coupler les données multidisciplinaires

PNSE 2 (2009)

➤ Détecter les « points noirs »

PNSE 3 (2015) :

➤ Notion d'exposome

➤ Construction d'indicateurs spatialisés

- Les enjeux de santé environnement
- Développement d'un SIG santé/environnement
- Exemples de réalisations

Problématique de recherche

Les populations ayant un état de santé dégradé vivent-elles dans un environnement dont la qualité est dégradée ?

Variabilité spatiale de la contamination de l'**environnement**

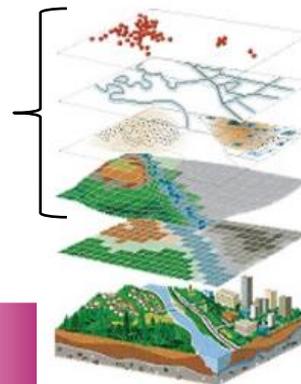
Disparités spatiales de **santé**

Caractéristiques socio-économiques

Liens santé – environnement Inégalités territoriales

Systemes d'Information Géographique (SIG)

Bases de données spatialisées



← Santé
← Environnement
← Sciences humaines et sociales
← Démographie

← Dynamique spatiale des inégalités

SIG : outils incontournables en santé - environnement

•Analyse conjointe de données multidisciplinaires

- Prise en compte de la multi-exposition
- Création d'indices : proximité, superposition
- Echelle variable : individu (adresse) – groupe (unités spatiales)

•Robuste et puissant

- Statistiques spatiales : patterns spatiaux, ...

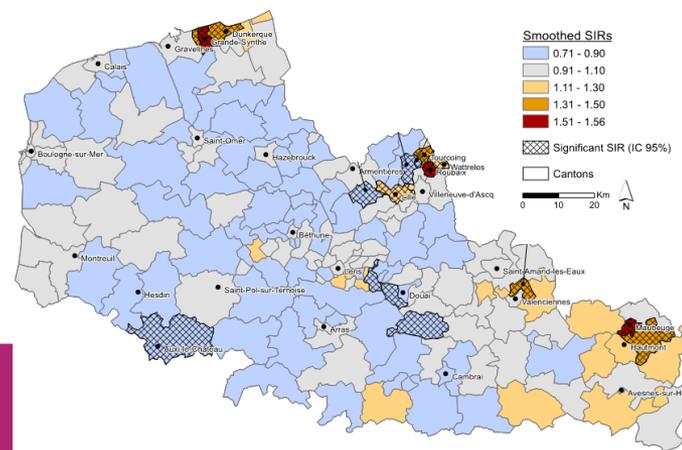
•Rapide et économique

- Données existantes

•Communiquant

- Carte = support de communication +++

	Effectif	Pourcentage	Ratio H/F	Incidence pmh
HORS REGION	8	1,0	3,0	-
ARTOIS-BERNOIS	54	6,7	1,3	221,8
BETHUNE-BRUAY	48	6,0	1,4	162,8
DOUAIISIS	58	7,2	1,2	230,8
LENS-HENIN	79	9,9	1,2	213,3
ARTOIS	239	29,8	1,3	206,0
CAMBRESIS	34	4,2	0,7	189,2
SAMBRE-AVESNOIS	58	7,2	1,8	242,6
VALENCIENNOIS	57	7,1	1,5	161,8
HAINAUT	149	18,6	1,3	193,2
BERCK-MONTREUIL	14	1,7	3,7	130,0
BOULONNAIS	23	2,9	2,3	138,7
CALAISIS	21	2,6	1,3	128,1
DUNKERQUE	61	7,6	1,7	233,0
SAINT-OMER	23	2,9	2,3	195,7
LITTORAL	142	17,7	1,9	173,8
FLANDRE-LYS	25	3,1	1,8	205,8
LILLE	153	19,1	1,2	192,6
ROUBAIX-TOURCOING	85	10,6	2,0	200,0
METROPOLE	263	32,8	1,4	196,1
Total	801	100,0	1,4	195,9



Décrire les phénomènes de santé

- ⇒ Détection de cluster : statistique de scan (SaTScan™ : Kulldorff, 1997) & Statistique de scan isotonique (SaTScan™ : Kulldorff, 1999)
- ⇒ Représentation spatiale des phénomènes de santé

Décrire la qualité des milieux environnementaux

- ⇒ Données des réseaux de surveillance (air, sol, eau, bruit....)
- ⇒ Données de biosurveillance (qualité des milieux).

Décrire les condition socio-économiques

- ⇒ Construction d'indicateurs de défaveur sociale

Identifier les inégalités sur le territoire

Importance fondamentale de la disponibilité, de la qualité et de la compatibilités des données récoltées.

Le programme SIGLES : Système d'Information Géographique et Liens Environnement Santé

Equipes de santé

7 Registres
3 Centres de référence
2 enquêtes population
...

Equipes de recherche

Statistiques spatiales
Epidémiologie
Sciences humaines
...



Associations

APPA
Atmo NPdC
...

Institutions

Région HdF
Ville de Lille
...

Fédération transdisciplinaire de chercheurs, cliniciens, associations et institutions dont la vocation est d'optimiser la prévention en santé

- Les enjeux de santé environnement
- Développement d'un SIG santé/environnement
- Exemples de réalisations



Systèmes
Information
Géographique
Liens
Environnement
Santé



SIGLES

Inégalités en santé environnement

Apports de la biosurveillance lichénique de l'imprégnation de
l'environnement par les métaux

Communauté Urbaine de Dunkerque

Florent Occelli^{1,2}, Laetitia Davranche¹, Marie-Amélie Cuny¹, Damien Cuny²

1 : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique
Comité Nord-Pas de Calais
235 avenue de la Recherche
59120 Loos

2 : E.A. 4483, Impacts de l'environnement chimique sur la santé humaine (IMPECS)
Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques (LSVF)
Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques
3, rue du Professeur Laguesse, B.P. 83, 59006 Lille Cedex.

Objectifs du travail

-> Recherche réalisée dans le cadre de l'IRENI

-> Suite à une première investigation : mise en évidence d'une imprégnation importante de l'environnement par les métaux et d'une plus grande défaveur sociale dans les zones où les concentrations étaient les plus importantes (Cuny et al., 2004).

Pour ce travail :

-> **Données environnementales** = mesures en éléments traces métalliques (ETM) chez les lichens épiphytes (= biosurveillance)

Analyses cartographiques (SIG, géostatistiques) : existe-t-il des variations spatiales de l'imprégnation des lichens par les ETM ?

-> **Données de santé** : mesure des concentrations urinaires et sanguines de métaux dans la population générale (Etude IMEPOGE)

-> **Données sociodémographiques** : mise au point d'un indicateur (Etude TVES)

Lien environnement – santé → inégalités environnementales de santé ?

Lien environnement – défaveur sociale → inégalités environnementales ?

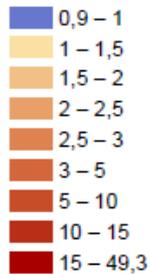
Résultats : cartographie des RIM sur la communauté urbaine de Dunkerque

Création d'un indice agrégé
Ration d'Imprégnation Moyen

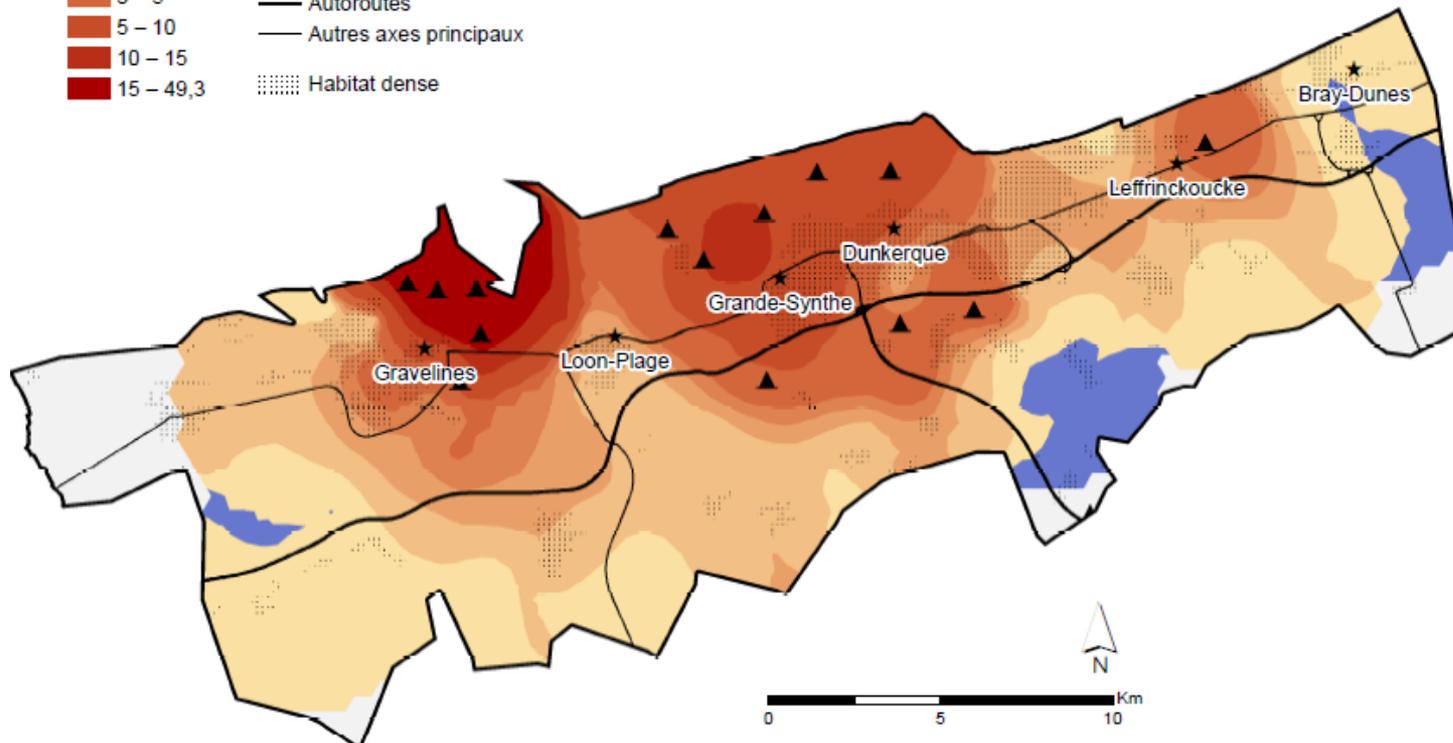


Mesure de l'accumulation de
18 ETM dans des lichens
épiphytes.

Ratio Imprégnation Moyen (RIM)



- ▲ Industries émettrices
- Autoroutes
- Autres axes principaux
- ▤ Habitat dense



Cohorte IMEPOGE (Imprégnation par les MEtaux de la POpulation GÉnérale)

- 280 sujets
- Dosages biologiques : 11 ET dans le sang et les urines

- 1) Modélisation des valeurs lichéniques aux coordonnées d'habitation (EBK) => Calcul du RIM (11 ET)
- 2) Recherche de facteurs confondants : âge et tabagisme (test Mann et Whitney, $p < 0.05$)
- 3) Etude des corrélations entre les matrices lichens et sang/urines (coefficients de Spearman, $p < 0.05$)

Sujets	n	Sang											Urines												
		Als	Ass	Cds	Cos	Crs	Hgs	Mns	Nis	Pbs	Vs	Zns	RIMs	Alu	Asu	Cdu	Cou	Cru	Hgu	Mnu	Niu	Pbu	Vu	Znu	RIMu
Tous	280	0.12	-	-	0.08	-	-	0.07	-	-	0.33	0.05	-	-0.04	-0.07	-	-	0.00	0.08	0.09	-	-	0.00	-	-
Non-fumeurs	183	-	-	0.09	-	-	-	-	0.08	0.13	-	-	0.09	-	-	0.08	-	-	-	-	-	0.11	-	0.09	0.12
< 40 ans	151	-	0.02	-	-	0.06	0.04	-	0.00	0.26	-	-	0.10	-	-	0.24	0.15	-	-	-	0.21	0.19	-	-	-
≥ 40 ans	129	-	-0.08	-	-	-0.07	-0.17	-	0.11	0.02	-	-	0.04	-	-	0.05	0.02	-	-	-	0.02	0.06	-	-	-
Non-fumeurs < 40 ans	86	-	-	-	-	-	0.08	-	0.06	0.31	-	-	0.18	-	-	0.19	-	-	-	-	-	0.28	-	-	0.29
Non-fumeurs ≥ 40 ans	64	-	-	-	-	-	-0.18	-	0.08	0.02	-	-	0.01	-	-	-0.06	-	-	-	-	-	-0.03	-	-	-

- Corrélations significatives : sang (Pb, V) et urines (Cd, Ni, Pb, RIM)

Lien entre imprégnation de l'environnement et imprégnation des populations
Concentrations urinaires : meilleur traceur

Etude de la défaveur sociale

Travaux de l'EA4477 TVES - ULCO

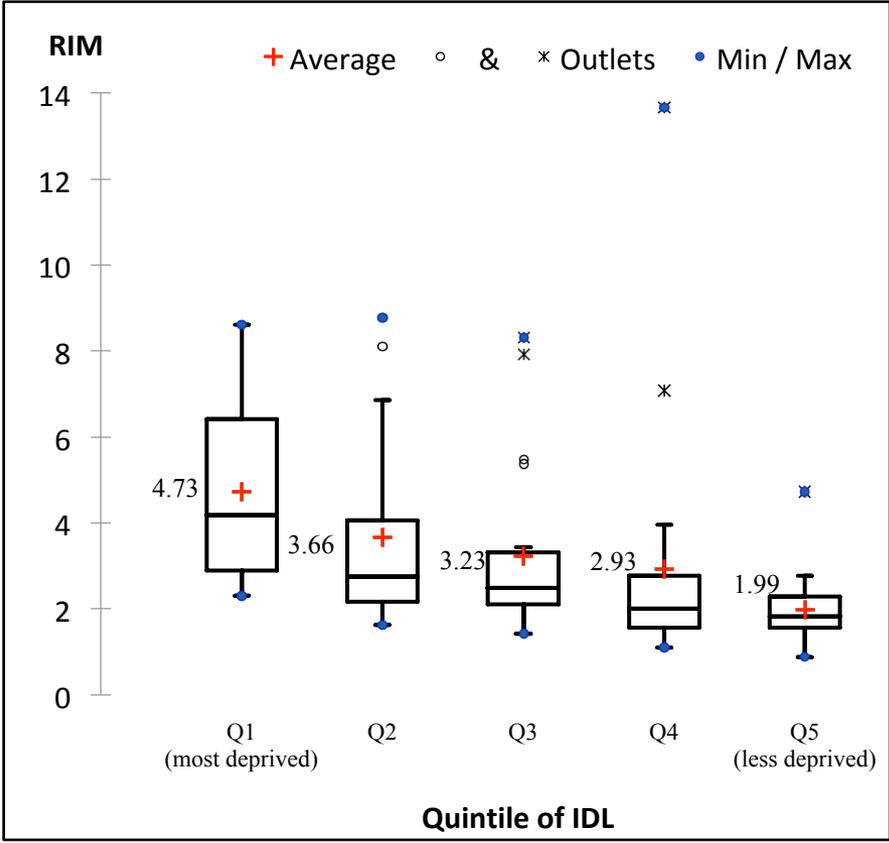
Méthode : Indicateur de défaveur localisée (IDL)

- Approche éco-sociologique
 - Revue bibliographique
 - ≠ Approche statistique
- Indicateur ordinal
 - 6 thèmes (Jany-Catrice & Zotti, 2008)
 - 14 variables normalisées
 - Score : classement
- Transposable à tout territoire

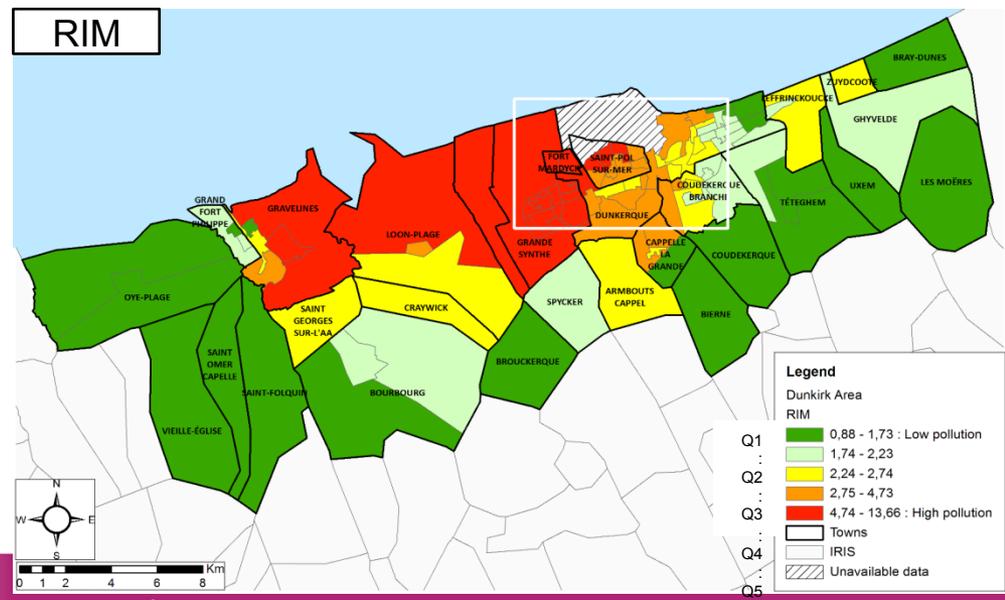
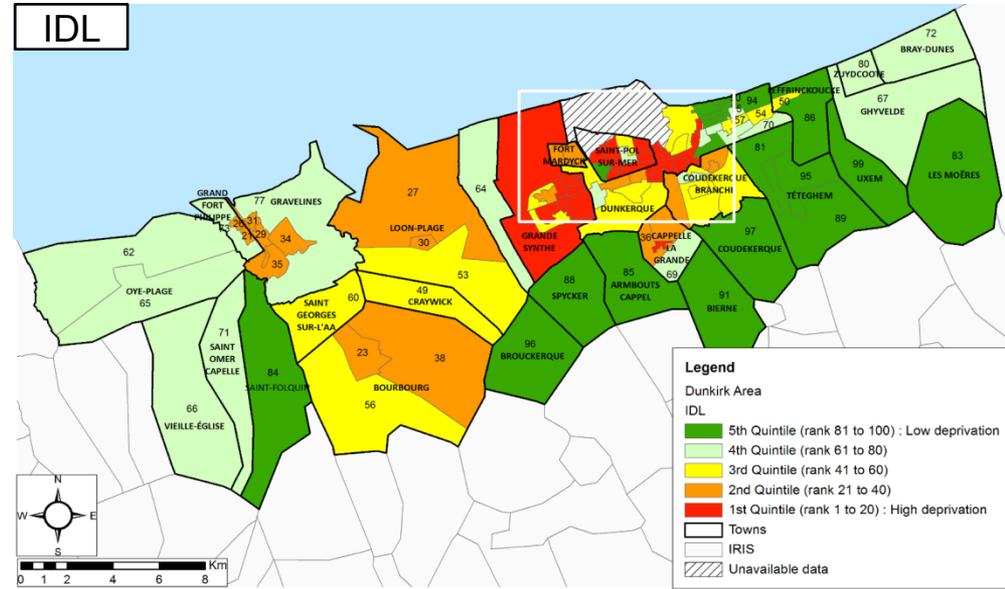
Forme d'emploi	Catégorie socio-professionnelle	Part d'ouvriers actifs de 15 à 64 ans
	Emplois atypiques	Part de salariés de 15 ans ou plus en CDD ou intérim
		Part de salariés de 15 ans ou plus à temps partiel
Exclusion de l'emploi	Chômage	Taux de chômage* des 15-64 ans
		Ratio (Taux de chômage des femmes de 15 à 64 ans / Taux de chômage des hommes de 15 à 64 ans)
	Ratio (Taux de chômage des 15-24 ans / Taux de chômage des 25-54 ans)	
	Inactivité	Part d'hommes de 15 à 64 ans inactifs, ni retraités, ni étudiants
Education	Scolarité	Taux de scolarisation des 15-17 ans
		Taux de scolarisation des 18-24 ans
	Diplôme	Taux de 15 ans ou plus non scolarisés, titulaires, au maximum d'un BEPC
Lien social	Monoparentalité	Part de familles monoparentales
	Solitude	Part de ménages composés d'hommes seuls de moins de 60 ans
Revenu	Revenu Fiscal Médian par UC**	
Logement	Surpeuplement	Part de logements occupés par plus d'une personne par pièce***

Ocelli et al. 2016

Lien environnement – défaveur sociale

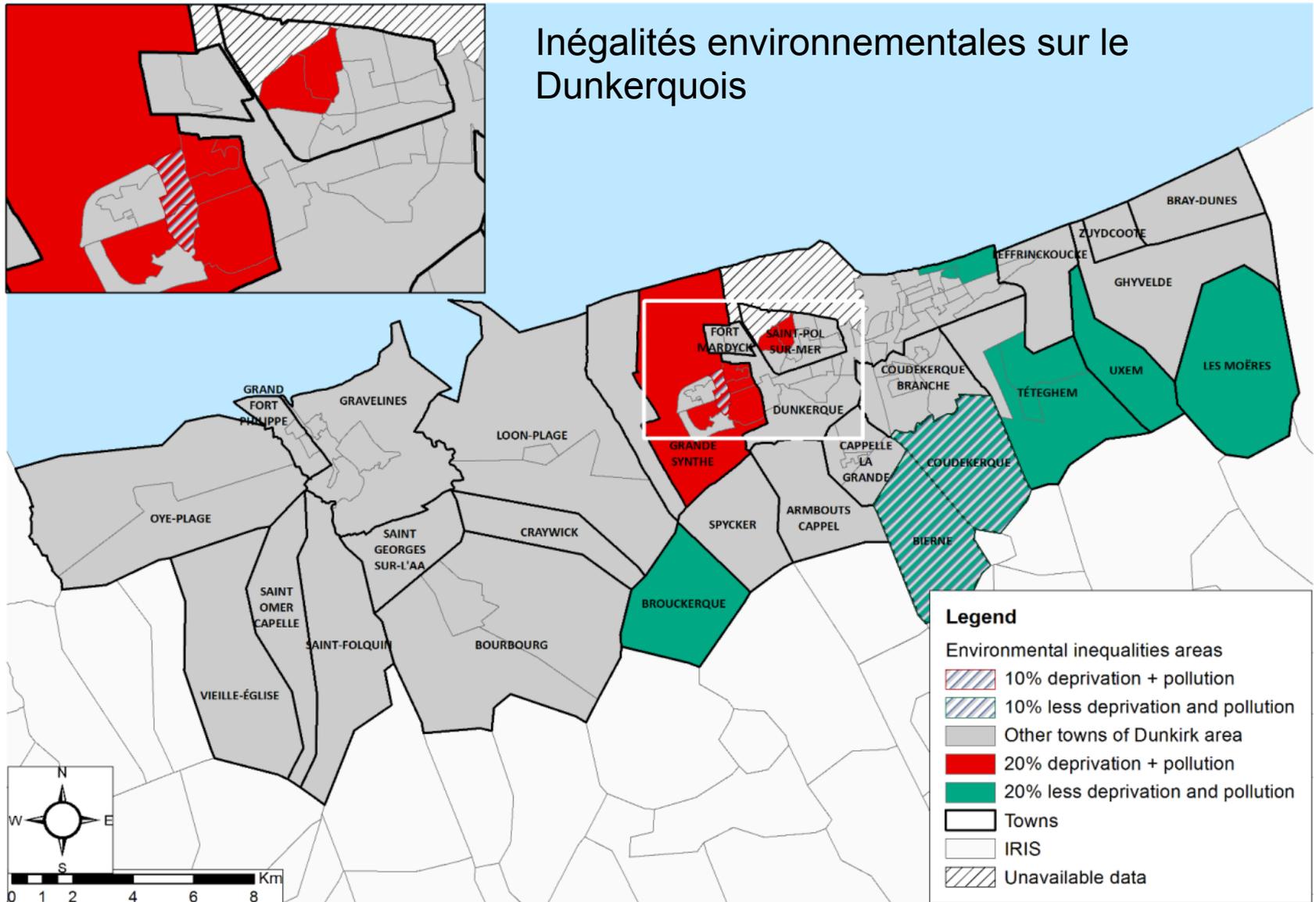


➤ Spearman coefficient : -0.55
($p < 0.01$)



Lien environnement – défaveur sociale

Inégalités environnementales sur le Dunkerquois





Systèmes
Information
Géographique
Liens
Environnement
Santé



SIGLES

Inégalités en santé environnement

Exemple sur la M.E.L

Damien Cuny, Annabelle Deram, Caroline Lanier, Florent Occelli

E.A. 4483, Impacts de l'environnement chimique sur la santé humaine (IMPECS)
Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques (LSVF)
Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques
3, rue du Professeur Laguesse, B.P. 83, 59006 Lille Cedex.

Objectif

Contexte

Consensus mondial sur la relation entre pollution de l'air ambiant et morbi-mortalité d'origine cardio-vasculaire

- Pollution atmosphérique complexe : NO₂, éléments traces métalliques (Cd), particules en suspension (PM10)
- Cocktail de polluants à faible concentration, issus de sources multiples

Problématique à l'échelle des territoires,

Évaluer les risques cardio-vasculaires dans un **contexte global local (Métropole Européenne de Lille)**

- Comment tenir compte des inégalités sociales ?
- Comment tenir compte des inégalités environnementales ?

Source des données des santé

Registre MONICA de Lille

Enregistrements des infarctus du myocarde et décès coronaires
Métropole Européenne de Lille (unité spatiale : IRIS)

Critères d'inclusion pour l'étude :

- 35-74 ans
- catégories d'évènement 1/2/3/5/6/7
- 1^{er} évènement enregistré (184 récurrences exclues)

→ **2518 évènements**

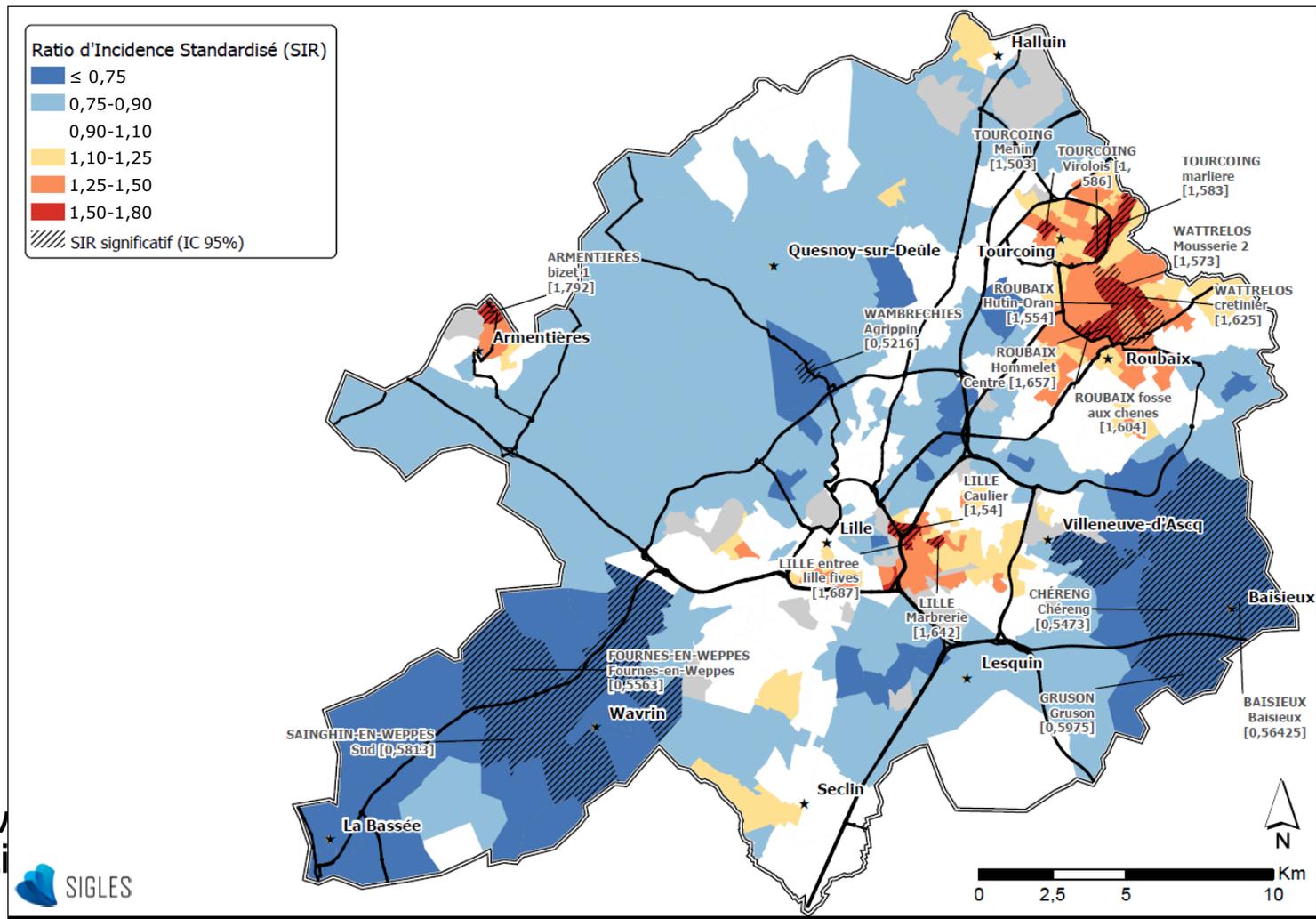
Catégories dans l'étude :

- Hommes/Femmes
- Âge : 35-44 ans / 45-59 ans / 60-74 ans

Hétérogénéité spatiale de l'incidence sur la MEL

Incidence des évènements coronaires sur la MEL :

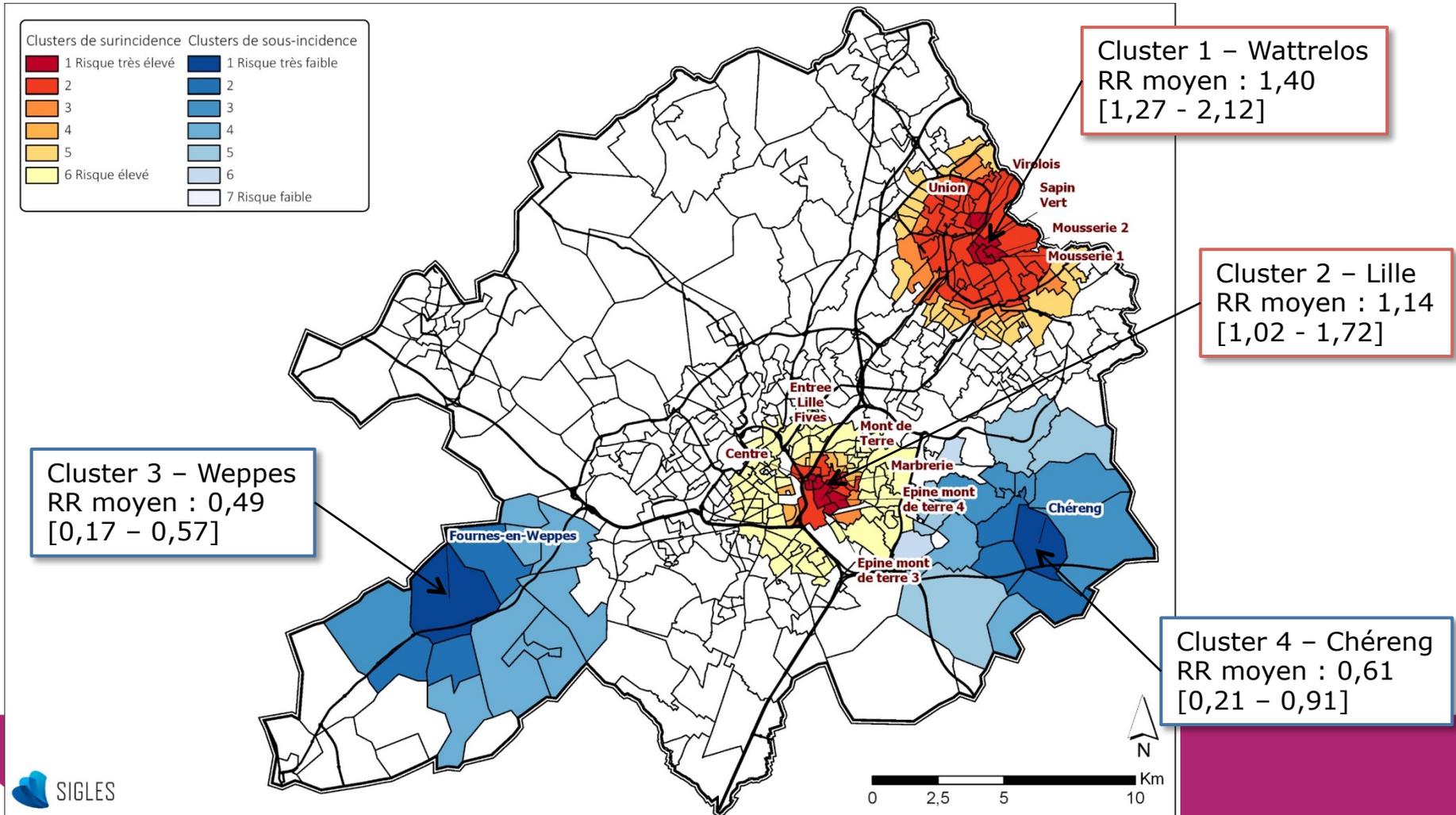
271 nouveaux cas annuels par million d'habitants
(28-957 selon les quartiers)



Zones atypiques en termes d'incidence

2 clusters ayant un risque élevé : Wattrelos et Sud-Est de Lille

2 clusters ayant un risque faible : Weppes et Chérengh



Inégalités territoriales de santé

Zones cumulant des déterminants d'inégalités sanitaires, socio-économiques et environnementaux

Les IRIS sont classés par déciles pour chaque variable.

4 catégories :

10% most : IRIS classés dans le décile le plus défavorisé pour les variables considérées (P90)

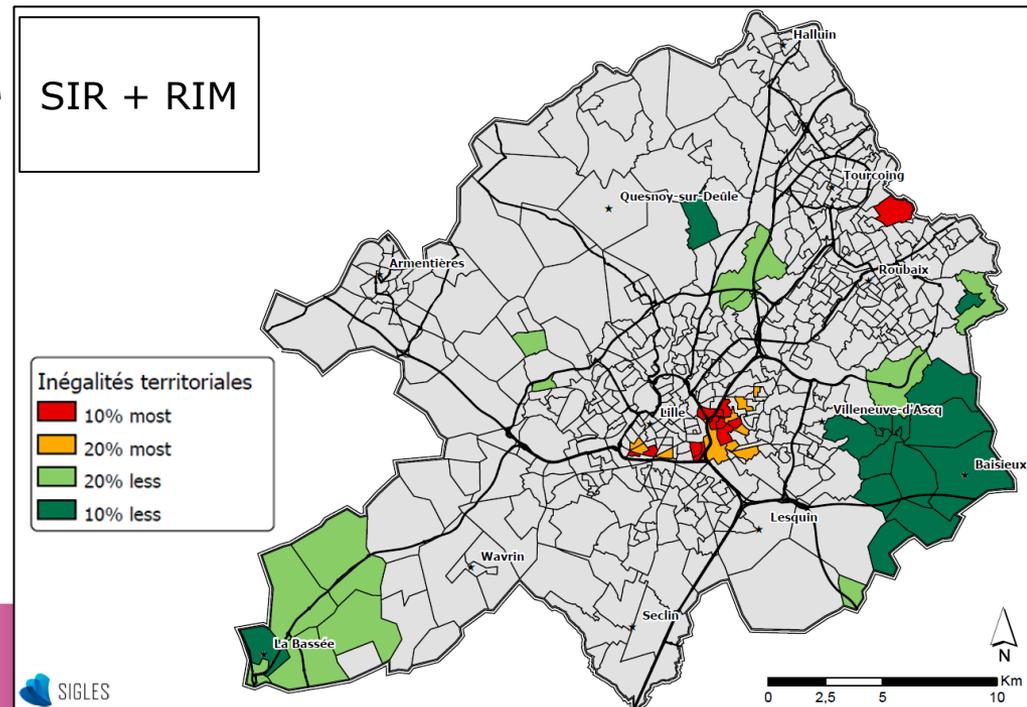
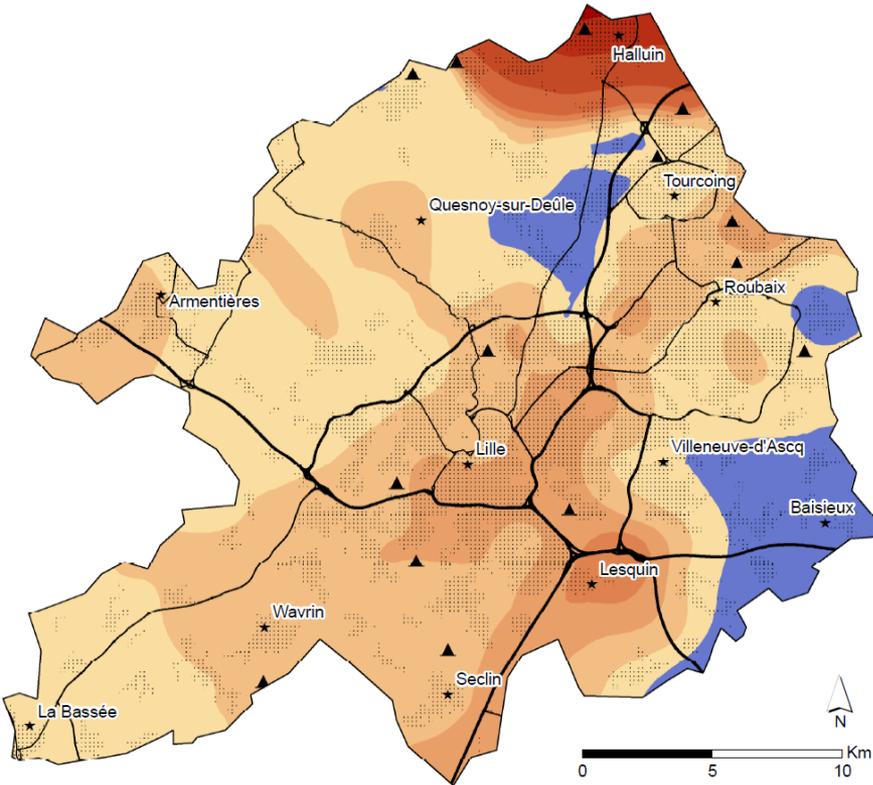
20% most : IRIS classés dans les 2 déciles les plus défavorisés pour les variables considérées (P90 + P80)

20% less : IRIS classés dans les 2 déciles les plus favorisés pour les variables considérées (P10 + P20)

10% less : IRIS classés dans le décile le plus favorisé pour les variables considérées (P10)

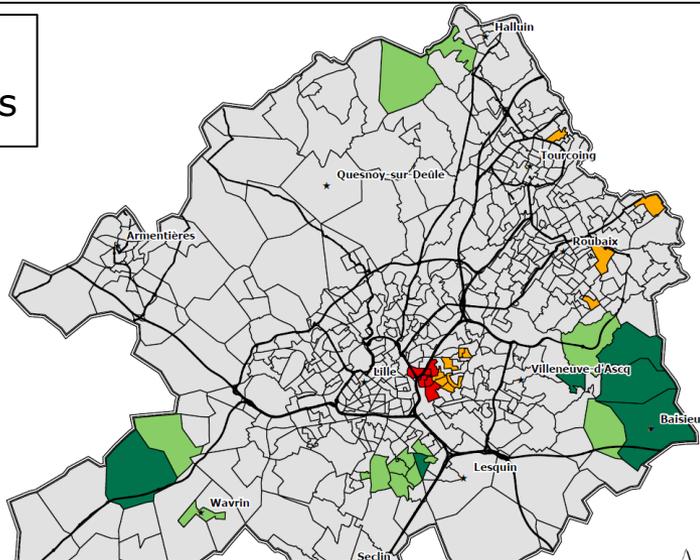
Inégalités environnementales de santé

Exemple de la pollution atmosphérique par les éléments traces métalliques

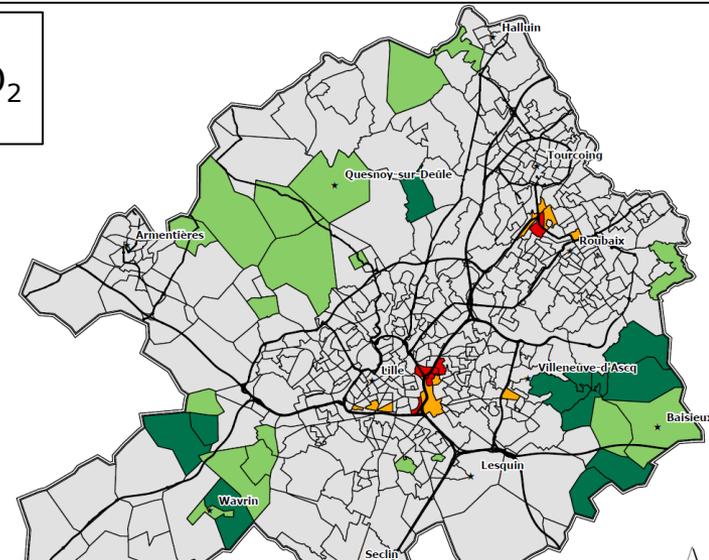


Inégalités environnementales de santé

SIR +
poussières



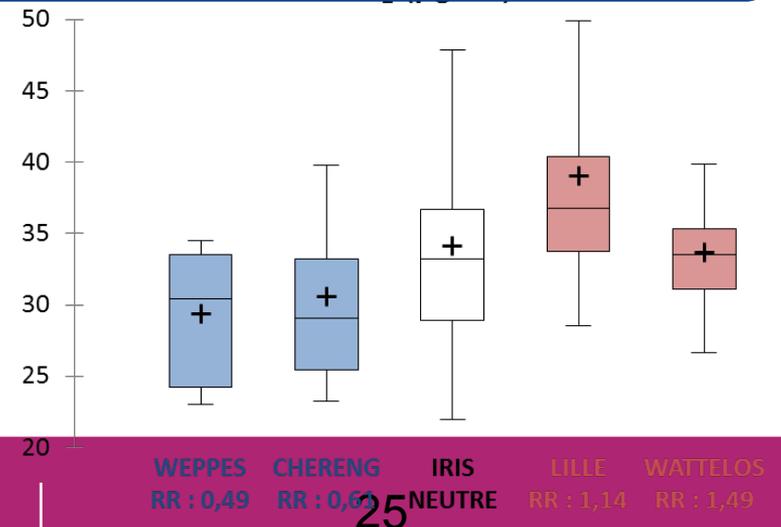
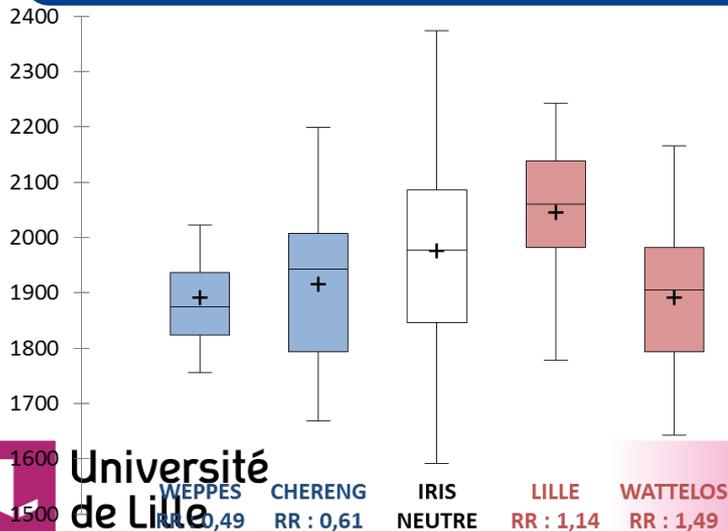
SIR + NO₂



Inégalités territoriales

- 10% most
- 20% most
- 20% less
- 10% less

Les populations les plus à **risque** vivaient dans un environnement **contaminé** (Cd, NO₂, PM₁₀ et poussières).

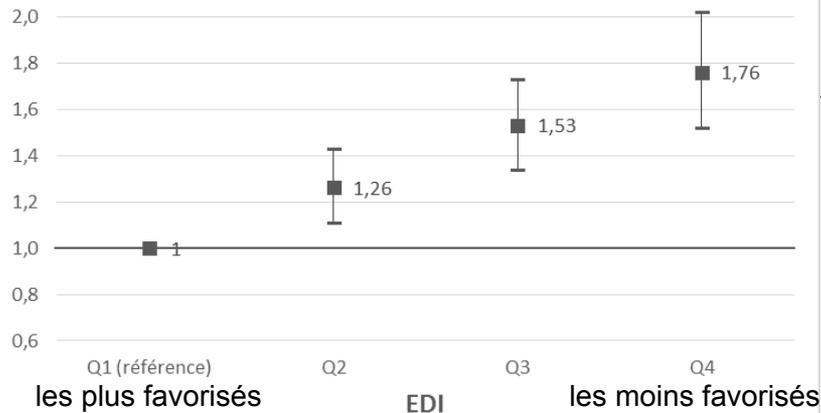


p < 0,0001

p < 0,0001

Inégalités socio-économiques de santé

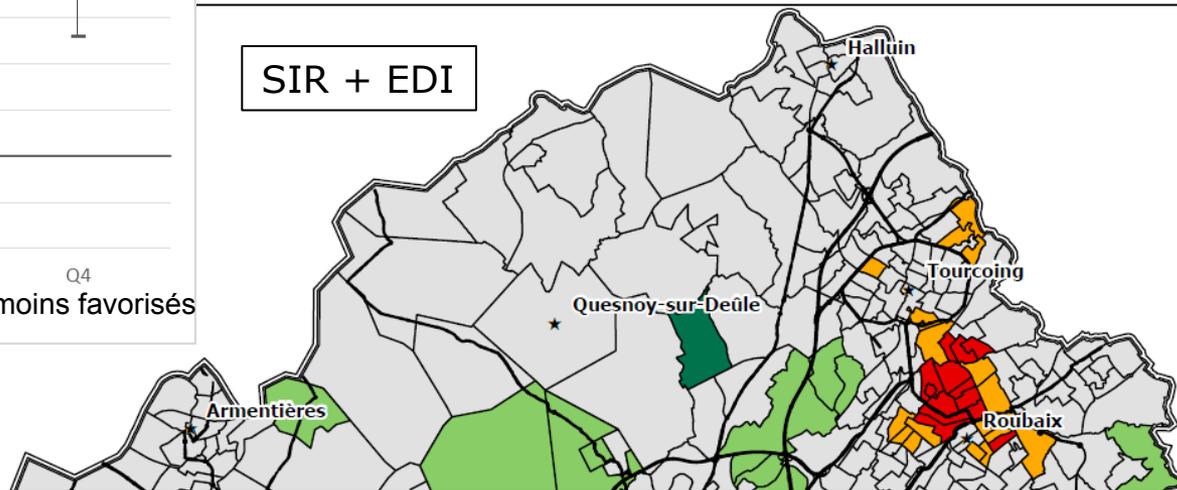
RR \pm IC95



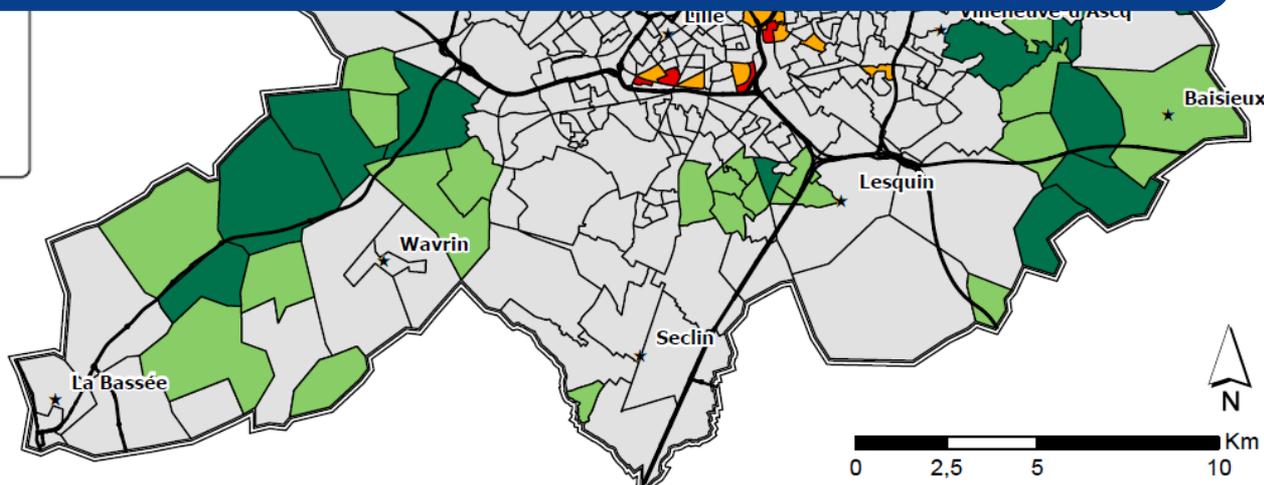
p < 0,05

Risque relatif croissant selon l'indice de défaveur socio-économique

SIR + EDI



Le **risque** de survenue d'un événement cardiovasculaire est **plus élevé** chez les populations **les plus défavorisées**.

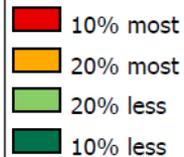


Inégalités territoriales de santé

QP : Lille secteur nord-est / Fives

IRIS : Lille-Fives / Caulier

Inégalités territoriales



SIR lissés

+

EDI

+

RIM lichens

+

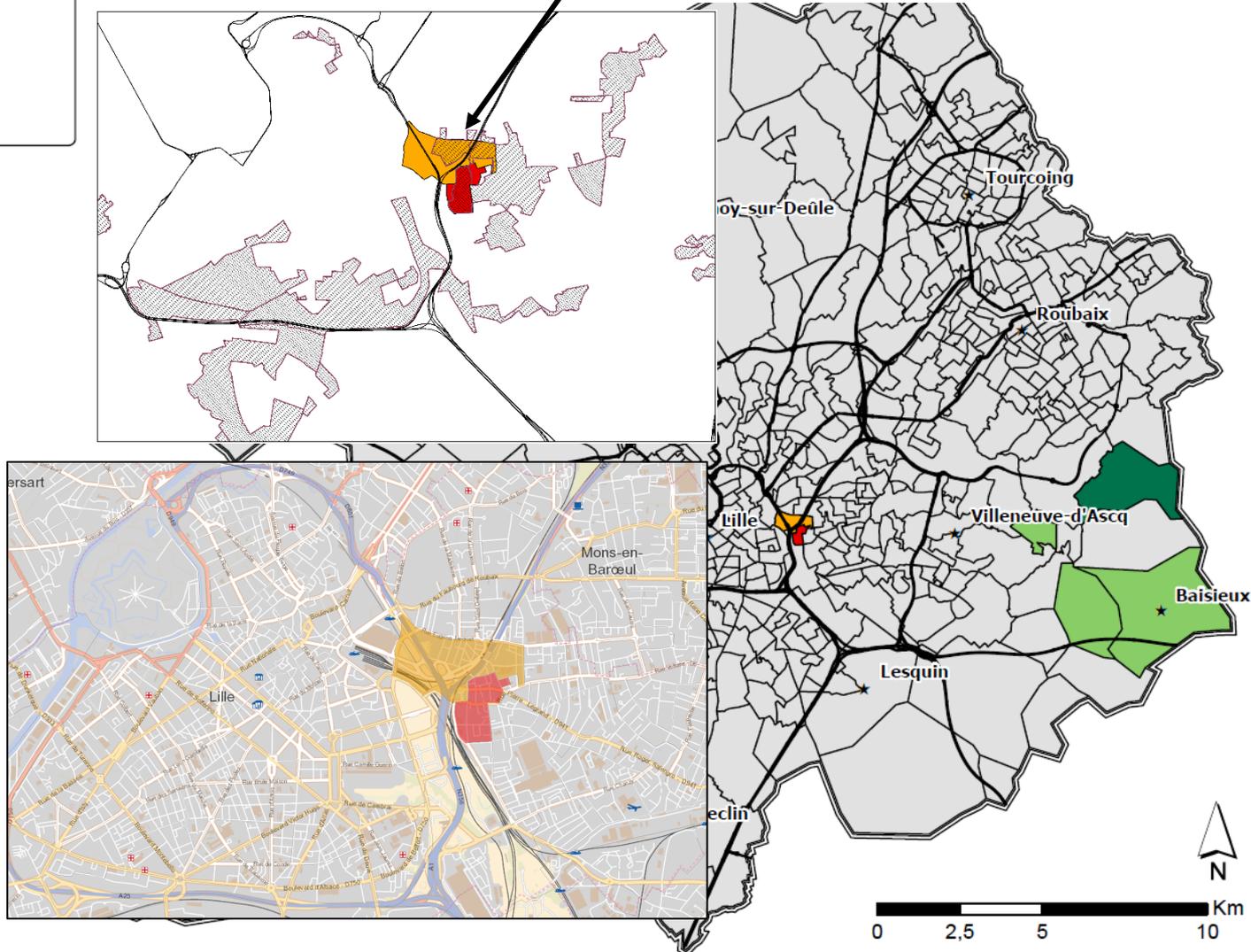
Poussières peuplier

+

PM₁₀

+

NO₂



Conclusion

- Définition d'une méthodologie spatiale et géostatistique fiable et robuste
 - Optimisation de l'interopérabilité des bases de données spatialisées
 - Développement d'un système intégré d'évaluation des territoires
 - Caractérisation du lien santé-environnement

- Approche multi-échelle et multidisciplinaire de l'hétérogénéité spatiale des caractéristiques territoriales
 - Évènements de santé : maladies cardiovasculaires, IRCT, maladie de Crohn...
 - Contamination environnementale : métaux, particules fines, gaz...
 - Indices composites de défaveur socio-économique

- **Détection fine d'inégalités territoriales de santé**
- **Orienter les politiques de prévention des risques**
- **Identification d'hypothèses étiologiques**

Collaboration et partenariats de l'axe SIGLES

EQUIPE SIGLE :

Florent Occelli
Annabelle Deram
Caroline Lanier
Michaël Génin



Centre Hospitalier Régional
Universitaire de Lille



Décrire la variabilité d'un phénomène de santé dans l'espace

➤ Recensement exhaustif d'évènements sur une période et zone géographique

- Lieu de résidence - unité administrative, Géocodage à l'adresse
- Âge au moment de l'évènement
- Sexe
- Antécédents...

➤ Disease mapping : variabilité spatiale de l'incidence

- Ratio d'Incidence Standardisé (SIR) \approx Risque sanitaire
 - Nombre de cas observés par unité
 - Nombre de cas attendus : population de référence (recensement INSEE)
 - Standardisation sur les facteurs de confusion (âge, sexe)

$$SIR_j = \frac{O_j}{E_j}$$

où

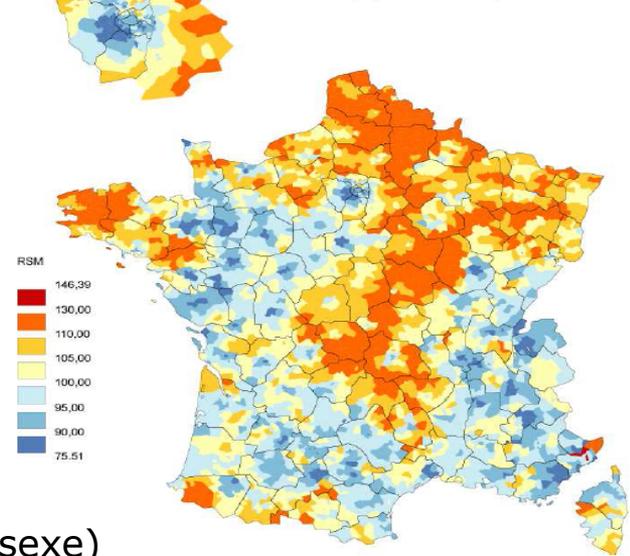
$$E_j = \sum_{i=1}^n N_{ij} T_i$$

SIR < 1 : sous-incidence

SIR > 1 : surincidence

Cartographie des SIR : hétérogénéité spatiale de l'incidence

Ratios standardisés de mortalité à l'échelle cantonale (carte "lissée") (1995-1999)



- Détection de clusters : zones géographiques comportant un nombre atypique d'évènements

Statistique de scan (SaTScan™ : Kulldorff, 1997)

- Balayage par une fenêtre de forme/taille variable
- Risque à l'intérieur d'un cluster candidat vs Risque à l'extérieur du cluster
- Niveau de significativité du cluster (p-value)
- Ajustement sur les facteurs âge et sexe

Statistique de scan isotonique (SaTScan™ : Kulldorff, 1999) **Au sein d'un cluster la répartition n'est pas homogène.**

- Identifie l'épicentre du cluster
- Décroissance du risque au sein du cluster

Décrire la qualité des milieux environnementaux

Surveillance physico-chimique

Concentrations en polluants dans les milieux

- Concentrations totales

Surveillance de la qualité des milieux : ex. Atmo
HdF pour l'air.



Biosurveillance

Effets des polluants sur le vivant

- Dommages moléculaires à écologiques

Imprégnation de l'environnement

- Concentrations internalisées

Impacts de la qualité de l'air sur l'environnement

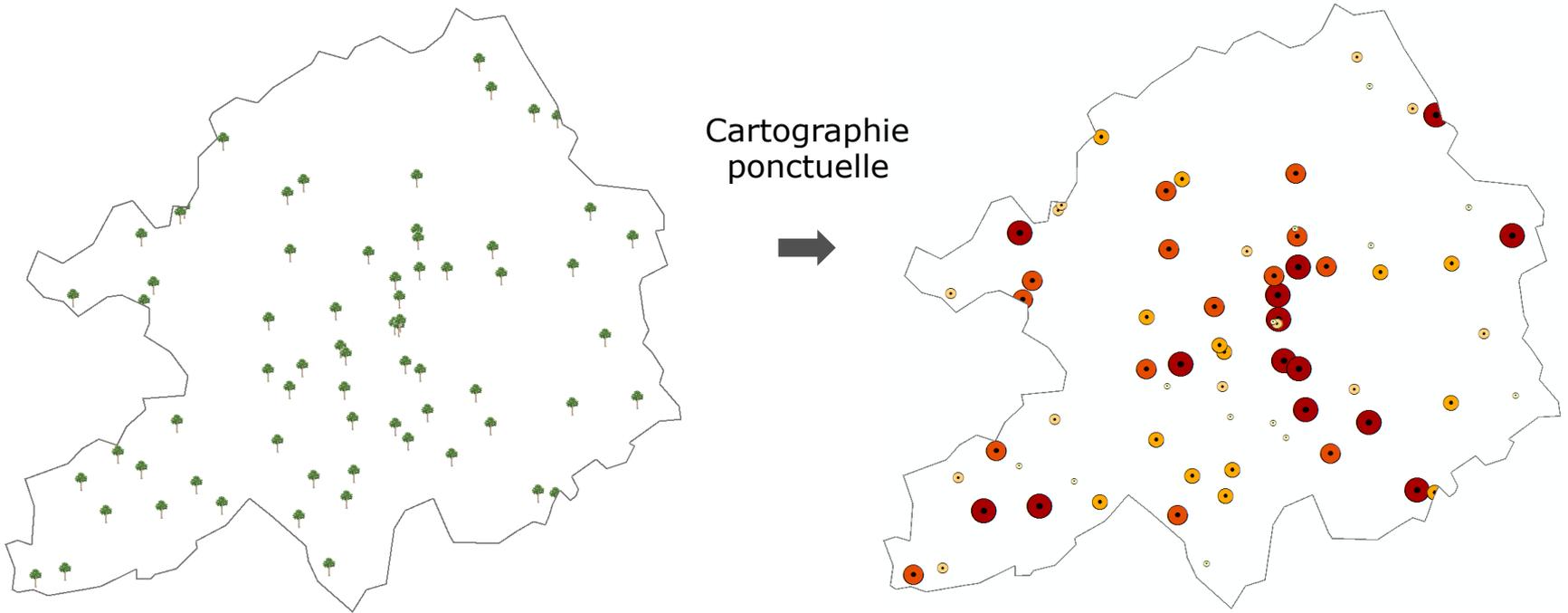
- Biosurveillance végétale et fongique



Décrire la qualité des milieux environnementaux

Base de données géostatistiques

- Information ponctuelle géoréférencée (coordonnées XY)
- Information quantitative continue (concentration, index...)

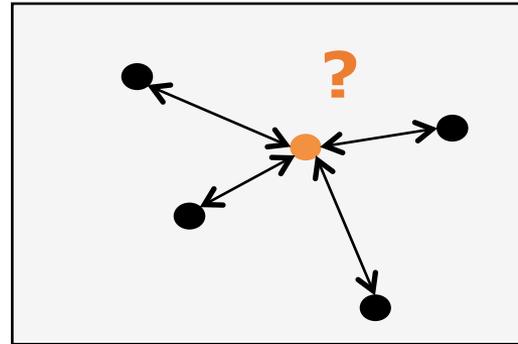


Décrire la qualité des milieux environnementaux

Interpolation spatiale :

Prévoit la valeur la plus probable d'un indicateur (phénomène naturel) en tous points de l'espace à partir d'informations ponctuelles mesurées et géoréférencées (Krigé, 1951).

➤ Modélise la valeur d'un point non échantillonné (adresse patient)

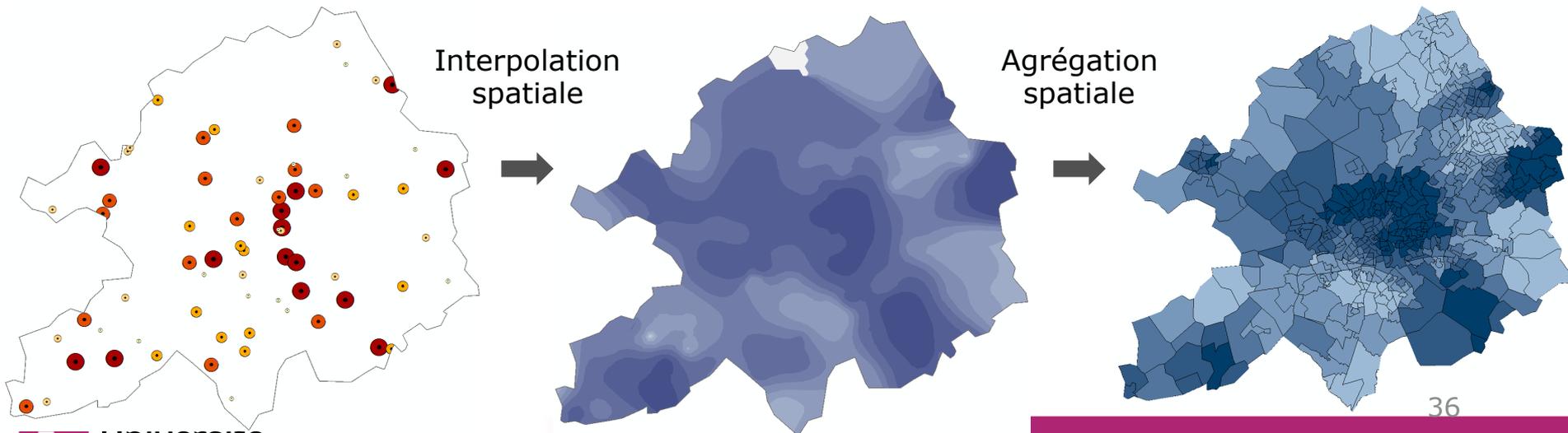


- Point échantillonné
- Point non échantillonné

↔ Distance = poids

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i)$$

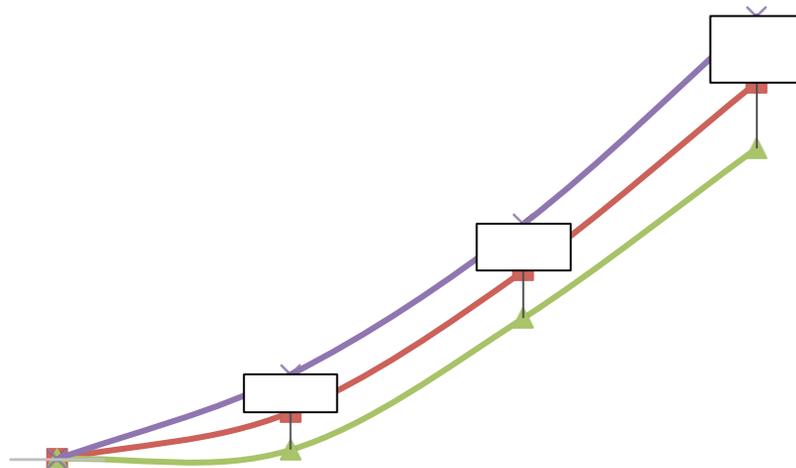
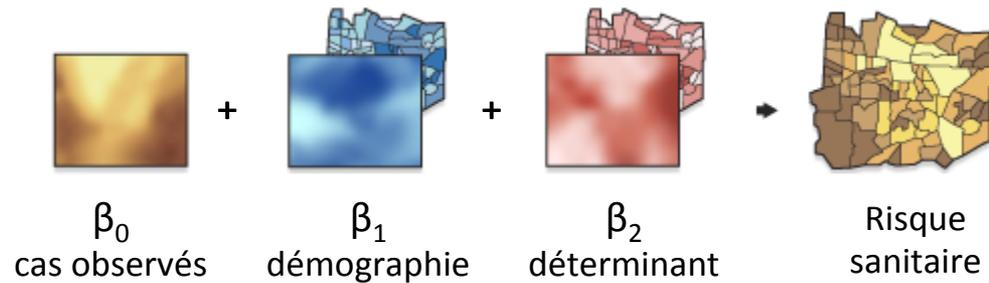
➤ Génère une surface continue / pixélisée (régression écologique)



Régression écologique géographique

Déterminer le risque d'apparition d'un évènement en fonction de plusieurs déterminants

➤ Co-variations spatiales à l'échelle de groupes d'individus



Hypothèses étiologiques :

Biais écologiques

→ Groupe \neq individu

Lien de causalité

→ Niveau pollution \neq niveau exposition

Identifier des inégalités territoriales

Cumul sur un territoire :

- Risque sanitaire important
- Population vulnérable
- Environnement dégradé

Classement des unités spatiales en déciles pour chaque déterminant

Identification des IRIS cumulant :

- les premiers déciles → inégalité favorable
- les derniers déciles → inégalité défavorable

-10% most : cumul des P90

-20% most : cumul des P90 ou P80

-20% less : cumul des P10 ou P20

-10% less : cumul des P10



Inégalité négative



Inégalité positive



Orienter les politiques de prévention