Pollution atmosphérique
ISSN : 2268-3798
Publisher : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique

236 | 2018
Varia

Systèmes d'Information Géographique et Liens Environnement-Santé (SIGLES) : un programme de recherche pour explorer les inégalités de santé-environnement à l'échelle des territoires

Geographic Information Systems and Environmental-Health Links (SIGLES): a research program to explore territorial inequalities in environmental health

Lanier Caroline, Occelli Florent, Deram Annabelle and Cuny Damien

https://www.peren-revues.fr/pollutionatmospherique/6471

DOI : 10.4267/pollution-atmospherique.6471

Electronic reference
Lanier Caroline, Occelli Florent, Deram Annabelle and Cuny Damien, « Systèmes d'Information Géographique et Liens Environnement-Santé (SIGLES) : un programme de recherche pour explorer les inégalités de santé-environnement à l'échelle des territoires », *Pollution atmosphérique* [Online], 236 | 2018, Online since 27 février 2018, connection on 09 mars 2026. URL : https://www.peren-revues.fr/pollutionatmospherique/6471

Copyright
CC-BY

Systèmes d'Information Géographique et Liens Environnement-Santé (SIGLES) : un programme de recherche pour explorer les inégalités de santé-environnement à l'échelle des territoires

Geographic Information Systems and Environmental-Health Links (SIGLES): a research program to explore territorial inequalities in environmental health

Lanier Caroline, Occelli Florent, Deram Annabelle and Cuny Damien

OUTLINE

1. Introduction : santé environnementale et inégalités territoriales
2. Le programme SIGLES
   2.1. Objectifs
   2.2. Quelles données utilisées ?
   2.3. Quels outils mis en œuvre ?
   2.4. Focus sur deux enjeux majeurs de SIGLES
      2.4.1. L'interopérabilité spatiale des données
      2.4.2. La prise en compte de la multi-exposition des populations
3. Quelques premiers résultats de SIGLES
   3.1. Des disparités infrarégionales d'incidence de l'Insuffisance Rénale Chronique Terminale (IRCT), influencées par la défaveur socio-économique des populations
      3.1.1. Contexte
      3.1.2. Source des données et méthodes
      3.1.3. Commentaire de la carte
   3.2. Des clusters de contamination multimétallique sur la Métropole européenne de Lille et le Dunkerquois
      3.2.1. Contexte
      3.2.2. Source des données et méthodes
      3.2.3. Description des résultats
      3.2.4. Conclusion
   3.3. Des inégalités environnementales sur le Dunkerquois - Apports de la biosurveillance lichénique de l'imprégnation de l'environnement par les métaux
      3.3.1. Contexte
      3.3.2. Source des données et méthodes
      3.3.3. Description des résultats
4. Conclusion

TEXT

Systèmes
Information
Géographique
Liens
Environnement
Santé

SIGLES

www.sigles-sante-environnement.fr/

1. Introduction : santé environnementale et inégalités territoriales

1 L'état de santé d'une population est la résultante d'un ensemble complexe de déterminants individuels, de facteurs sociaux et environnementaux (figure 1).

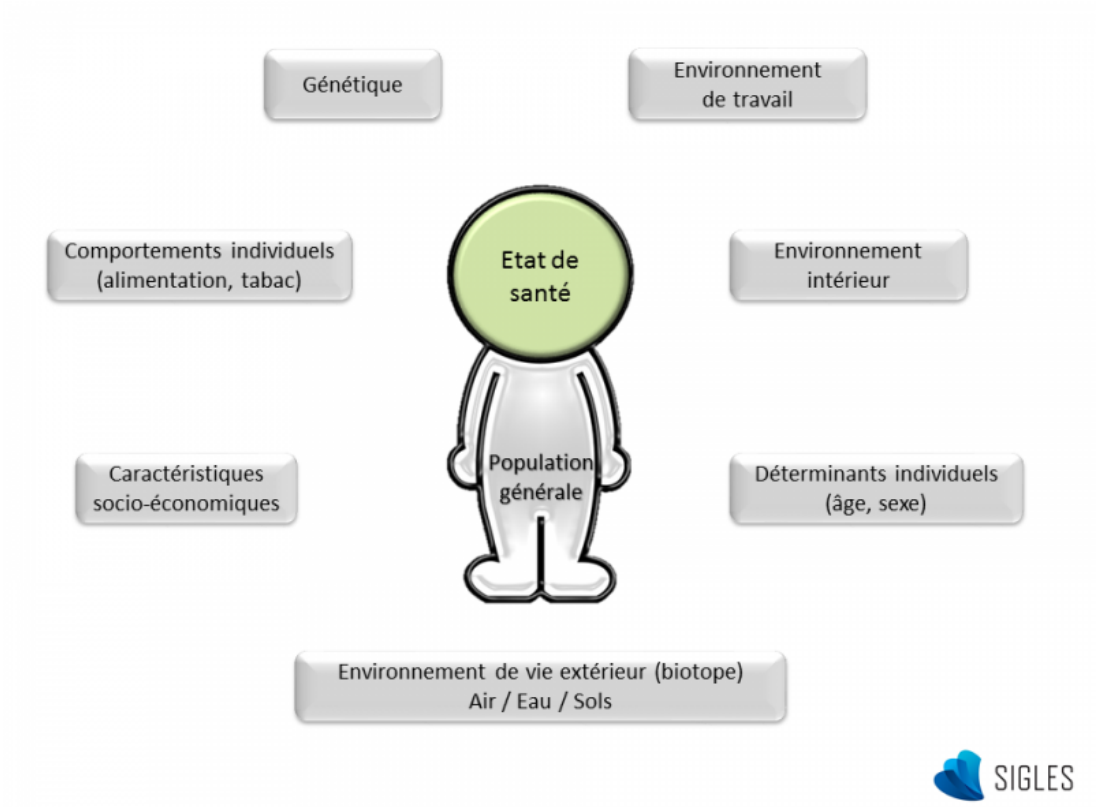


Figure 1. Facteurs influents de la santé (non-exhaustifs).

2 Dans son dernier bilan, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que les facteurs environnementaux sont responsables de 15 % des décès prématurés liés à des maladies chroniques(accidents vasculaires cérébraux, cardiopathies ischémiques, cancers et pneumopathies chroniques) dans le monde en 2012 (Prüss-Ustün *et al.*, 2016). Cela correspond à 7,9 millions de personnes décédées avant l'âge de 65 ans. Dans cette part environnementale, les principaux facteurs de risques recensés sont la pollution de l'air, de l'eau et des sols, l'exposition aux substances chimiques et le changement climatique.

3 Les populations ne sont pas touchées de façon égale. Les habitants des villes à revenu faible sont par exemple les plus exposés à un environnement dégradé et ont donc un risque plus important de développer ces pathologies. Ces impacts diffèrent également selon l'âge, car les enfants de moins de 5 ans et les adultes de 50 à 75 ans sont les plus affectés (Prüss-Ustün *et al.*, 2016). Enfin, la dimension géographique joue un rôle important dans l'exposition des populations aux

facteurs de risques environnementaux. La proximité aux sources de nuisance augmente ainsi le risque de maladie (Pascal et Médina, 2012). C'est ainsi que peut être perçu le concept d'inégalités de santé : les populations faisant face à une précarité plus prononcée sont à la fois plus exposées à des nuisances environnementales et plus sensibles aux effets sanitaires en résultant (Crosemarie et Frankreich, 2015). Dans un rapport du Secrétariat Général des Ministères chargés des Affaires Sociales (SGMAS) et du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), les inégalités environnementales et sociales de santé, à l'échelle des territoires, sont rapportées à deux dimensions cumulatives : un niveau d'exposition des populations à un environnement de vie dégradé et un niveau de vulnérabilité face à ces facteurs de risques, capables d'affecter la santé (Besse *et al.*, 2014).

4 En France, les Plan Nationaux Santé Environnement ont fait de la lutte contre ces inégalités territoriales une priorité. Les premiers PNSE (2004 et 2009) mettaient en avant la nécessité de coupler des données multidisciplinaires afin d'identifier des points noirs territoriaux. Le troisième PNSE élaboré en 2015 renforce cet axe en encourageant l'identification de zones de multi-expositions (concept d'exposome territorial[1]) et la caractérisation des inégalités à des échelles spatiales fines, à l'aide d'indicateurs spatialisés.

5 Dans cette optique, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont désormais considérés comme des outils incontournables en santé-environnement. Ils permettent non seulement de cartographier des jeux de données géoréférencées et multidisciplinaires (ex : pollution de l'environnement, statistiques démographiques et socio-économiques, morbi-mortalité des populations), mais surtout d'étudier leur interaction statistique dans l'espace-temps.

2. Le programme SIGLES

6 Dans ce contexte, le Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques (LSVF - EA4483 IMPECTS, IMpacts de l'Environnement Chimique sur la Santé humaine) de l'université de Lille Droit et Santé, avec le soutien du conseil régional, a mis en place depuis 2011 le programme SIGLES[2]. Ce programme de recherche permet de répondre aux différentes attentes des PNSE en adoptant une approche originale et transdisciplinaire de la santé environnemen-

tale, grâce à l'analyse spatialisée et concomitante de données environnementales, sanitaires et socioéconomiques.

7 Il fédère aujourd'hui une vingtaine de partenaires dont la vocation est d'optimiser la prévention en santé : chercheurs spécialistes des statistiques spatiales, de l'épidémiologie, de l'environnement et des sciences humaines et sociales, cliniciens, associations et institutions.

2.1. Objectifs

8 Ce programme de recherche scientifique a pour objectifs d'évaluer :

- les disparités spatiales de santé (cartographie des maladies et des paramètres biologiques) ;
- la variabilité spatiale des pollutions de l'air, de l'eau et du sol (qualité des milieux environnementaux, proximité aux sources de nuisance) ;
- les associations spatiales entre la morbi-mortalité des populations et les facteurs de risques environnementaux et socio-économiques ;
- la présence d'inégalités environnementales et sociales de santé à différentes échelles du territoire.

9 Ce programme se veut également un dispositif d'échange et de mise à disposition d'outils, répondant ainsi à la demande croissante des gestionnaires des territoires en matière d'aide à la décision et à la diffusion de l'information. Les acteurs de santé publique (élus, décideurs économiques publics et privés, cliniciens, associations menant des actions de prévention et de sensibilisation…) peuvent avoir accès à des éléments synthétiques sur le suivi de ces inégalités en région.

2.2. Quelles données utilisées ?

10 Les données sanitairessont recueillies par des équipes hospitalières ou de recherche partenaires du programme (insuffisance rénale chronique, maladie de Crohn, maladies cardio-vasculaires, cancers, arrêts cardiaques, hypospadias, fertilité masculine), puis fournies au LSVF en garantissant le respect de la confidentialité. Les données issues des registres de santé sont utilisées pour le calcul d'indicateurs d'incidence selon Waller and Gotway (2004) à l'échelle des territoires (quartier, commune, canton) en partenariat avec l'équipe de Santé Publique : épidémiologie et qualité des soins[3]. Celles issues des cohortes de population sont utilisées pour représenter l'évolution

dans l'espace de paramètres biologiques (imprégnation par les polluants, qualité spermatique…).

11 La démographie et les caractéristiques socioéconomiques des populationssont considérées au travers d'indices composites de vulnérabilité socio-économique générés à partir de données issues du recensement de la population mises à jour par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE). L'indice de Townsend (Townsend, 1987), l'indice de développement humain (IDH-4 : Marlier, 2009) ou l'indice européen de défaveur écologique (EDI : Pornet *et al.*, 2012) nous permettent une identification territorialisée des populations les plus vulnérables sur un plan socio-économique.

12 Les données environnementales sont sélectionnées en fonction de leur pertinence par rapport à l'évènement de santé étudié (voies d'expositions, plausibilité physiopathologique, temps de latence entre l'exposition et l'effet mesuré), de leur disponibilité et de leur intérêt pour le territoire d'étude. À ce jour, les données environnementales spatialisées évaluant la qualité des milieux et ses effets sur le vivant sont cependant peu nombreuses. Ces données sont aussi rarement disponibles à une échelle spatiale adaptée à la problématique et au milieu étudié. De fait, au sein de notre laboratoire, ont été créées, validées et analysées des bases de données issues de la biosurveillance végétale et fongique des milieux environnementaux, menée en partenariat avec l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique (APPA) :

- la biosurveillance lichénique de la qualité de l'air : Indice Biologique Lichen Épiphyte, imprégnation par les éléments traces ;
- la biosurveillance des poussières atmosphériques déposées sur les feuilles de peupliers ;
- la biosurveillance de la qualité des sols : taux de germination, mesure de la fluorescence chlorophyllienne, indice de nodulation, génotoxicité.

13 En plus des données de biosurveillance, le SIG est enrichi de bases de données environnementales obtenues auprès de nos partenaires publics :

- surveillance physico-chimique : émissions et immissions atmosphériques, sites et sols pollués, contamination des eaux souterraines, etc. ;

infrastructures sources de nuisances ou d'aménités : infrastructures routières, industrielles, urbaines et agricoles, espaces verts, occupation du sol, etc.

2.3. Quels outils mis en œuvre ?

14 Implémentées dans un SIG (figure 2), les données sont ensuite transformées et adaptées à la problématique (format, échelle) pour générer des indicateurs sanitaires, environnementaux et sociodémographiques robustes. La relation géographique entre ces indicateurs est ensuite étudiée, pour une interprétation globale de la dynamique spatiale des inégalités.

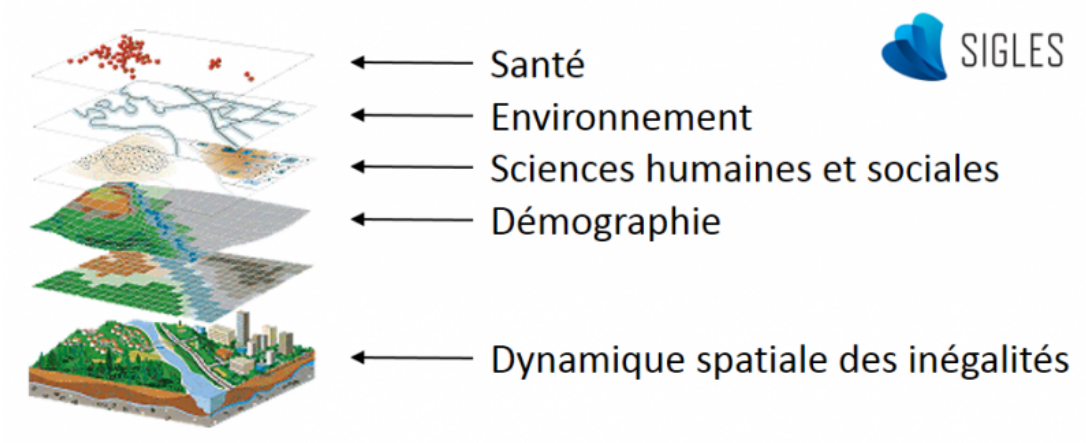


Figure 2. Schéma de gestion des couches de données dans un SIG (modifié à partir d'ESRI).

15 SIGLES développe une méthodologie fiable et robuste s'appuyant sur de puissants outils d'analyse spatialepermettant d'évaluer les structures et processus géographiques de plusieurs jeux de données. Ces outils se basent sur les concepts de la distance, de centralité ou d'interaction spatiale :

- le géocodage pour localiser des patients à partir de leur adresse de résidence ;
- l'analyse de distance pour calculer la proximité d'un individu aux axes routiers, sites et sols pollués, industries à risque, en tenant compte de la direction des vents dominants ;
-

le calcul d'accessibilité pour estimer le temps d'accès aux services de proximité comme les professionnels de santé, les services écosystémiques ;
- la jointure spatiale pour identifier les populations sensibles potentiellement exposées à un danger (ex : présence de crèches ou d'écoles sur d'anciens sites à risque) ;
- l'analyse de tendance pour identifier les points noirs environnementaux (détection de points chauds : zones géographiques présentant une pollution statistiquement atypique) ;
- la cartographie de maladies pour modéliser la distribution spatiale d'incidence des évènements de santé sur la base de registres (ex : cancers, maladies cardio-vasculaires) ;
- la détection de clusters pour identifier les zones géographiques de sur- et de sous-incidence atypique ;
- l'interpolation spatiale pour modéliser les données environnementales en tout point de l'espace à partir d'informations fragmentées ;
- la régression géographique pour étudier les liens géographiques entre indicateurs sanitaires, environnementaux et socio-économiques et identifier des facteurs de risques des maladies.

2.4. Focus sur deux enjeux majeurs de SIGLES

2.4.1. L'interopérabilité spatiale des données

16 La donnée constitue le carburant des SIG. La disponibilité des données environnementales, sanitaires et sociodémographiques sur des territoires communs, à des échelles suffisamment fines et à des temporalités adaptées au temps de latence des maladies est indispensable. L'établissement de conventions ou partenariats entre producteurs et équipes de recherche permet de répondre à ce besoin de données fiables et pertinentes. En ce sens, le SIG représente un support adéquat pour le montage de projets multidisciplinaires. Cependant, dans de nombreux cas, le verrou de la mise en relation de ces données issues de multiples sources et de natures diverses est à lever : il est rarement possible de directement intégrer les données de santé, les données socio-économiques et les données environnementales au sein d'une même analyse sans traitement préalable.

17 D'un côté, les données caractérisant l'état de santé ou le statut socio-économique des populations (ex : taux d'incidence d'un événement de santé ou taux de chômage) sont de nature agrégée. Elles caractérisent un groupe de population, représenté par une unité spatiale administrative (données latticielles). Il est rare de pouvoir disposer de la géolocalisation individuelle de patients, du fait de la confidentialité de cette information.

18 D'un autre côté, les données environnementales de pollution sont de nature géostatistique, c'est-à-dire non agrégée. Les modélisations de pollution des milieux sont bâties soit sur des modèles déterministes à partir de plusieurs paramètres d'entrée tels que les sources d'émissions, la topographie, la météo et la dynamique des fluides (ex : *Atmospheric Dispersion Modelling System*), soit sur l'interpolation spatiale de mesures réelles de terrain à partir d'un échantillon de points (ex : *Land Use Regression* ou Krigeage). Les méthodes géostatisques comme le krigeage sont basées sur l'utilisation d'un semivariogramme qui permet de quantifier l'autocorrélation spatiale des données. Ce graphique représente la variance de toutes les paires de points en fonction de leur éloignement géographique. L'hypothèse de départ, basée sur la première loi de géographie (autocorrélation spatiale : Tobler, 1970) est que les points plus proches sont plus connexes et ont une petite semi-variance, alors que les points plus éloignés sont moins liés et ont une forte semi-variance. L'ensemble de ces modélisations prédisent les concentrations selon une maille régulière, allant de quelques mètres à quelques kilomètres de côté. Il faut ensuite agréger ces données en calculant une valeur moyenne pour chaque unité administrative (figure 3). Assurer l'interopérabilité statistique entre les différentes bases de données fait aujourd'hui l'objet de nombreux travaux de recherche afin d'optimiser les méthodologies.

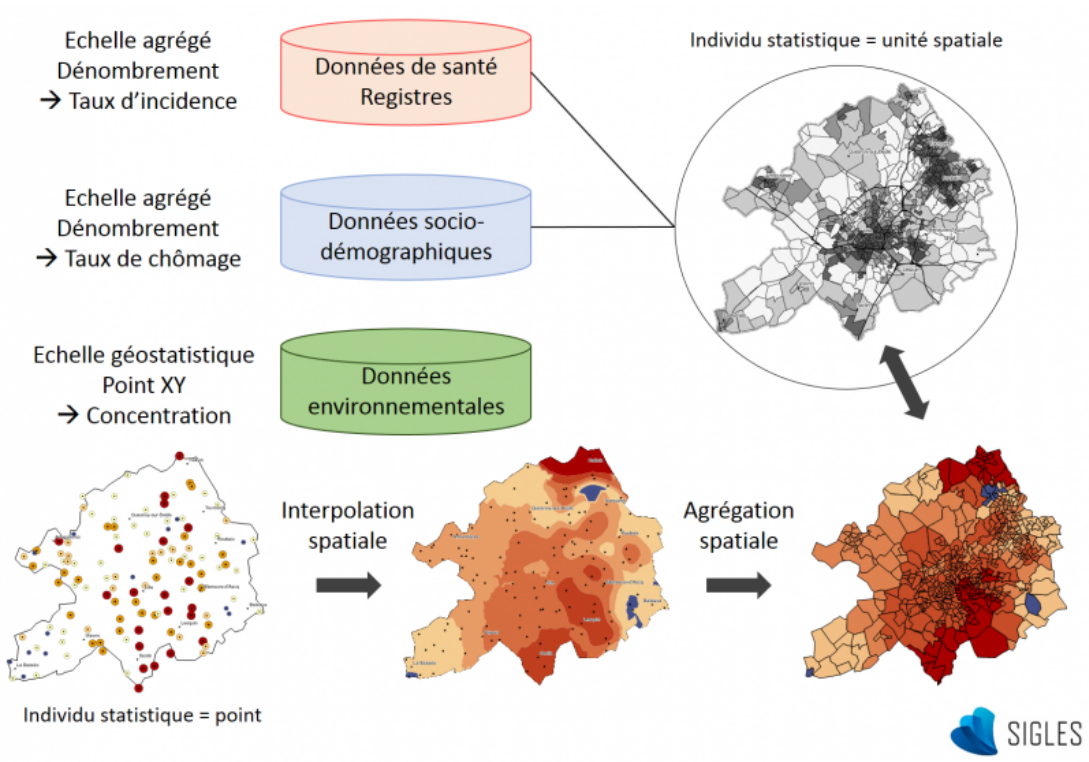


Figure 3. Interopérabilité spatiale des données sanitaires, sociodémographiques et environnementales.

2.4.2. La prise en compte de la multi-exposition des populations

19 L'homme se situe dans un contexte de pollutions complexes, du fait notamment de la multiplicité des activités anthropiques émettrices. Il est quotidiennement exposé à son environnement d'une manière globale, et donc à l'ensemble des contaminants présents. La mesure de l'exposition et des risques associés fait cependant aujourd'hui l'objet d'une interprétation substance par substance. Les effets des mélanges sont difficilement identifiables en toxicologie ou écotoxicologie, et l'additivité des risques reste encore peu utilisée dans les méthodes d'évaluation des risques sanitaires.

20 Afin de répondre aux attentes actuelles de la santé environnementale, nous nous intéressons à la dimension spatiale et intégrée de la pollution pour approcher l'exposition des populations aux facteurs de risques environnementaux. À partir de multiples bases de données géoréférencées, les approches spatiales développées actuellement

apportent de nouveaux indicateurs combinant différentes dimensions du risque, permettant l'identification des zones de cumul d'exposition. Il est alors possible d'explorer conjointement la proximité aux industries à risques, aux sites et sols pollués, aux axes routiers, ainsi que la modélisation des concentrations environnementales de plusieurs polluants dans l'air, l'eau et les sols. En ce sens, même s'il est encore difficile de générer un indicateur qui caractérise la qualité globale de l'environnement, tous polluants confondus, des indices composites de pollution intégrant plusieurs contaminants de manière concomitante peuvent être développés (Burgass *et al.*, 2017).

3. Quelques premiers résultats de SIGLES

21 La première phase de SIGLES a permis de réaliser plusieurs avancées pour une meilleure compréhension du lien entre santé et qualité des milieux environnementaux. Ainsi, les résultats présentés vont permettre d'illustrer pour chaque objectif majeur du programme un nouveau résultat scientifique : (i) la mise en évidence de l'hétérogénéité spatiale de la survenue d'évènements de santé, (ii) l'apport de la biosurveillance environnementale dans la caractérisation globale de l'environnement et (iii) l'hétérogénéité spatiale des inégalités sociales et environnementales.

3.1. Des disparités infrarégionales d'incidence de l'Insuffisance Rénale Chronique Terminale (IRCT), influencées par la défaveur socio-économique des populations

3.1.1. Contexte

22 L'IRCT constitue le stade ultime de l'insuffisance rénale chronique. La perte de la fonction rénale est telle que la vie de la personne est en danger à court terme. À ce stade, un traitement de suppléance par dialyse ou greffe rénale est indispensable. Avec 207 cas incidents pour 1 million d'habitants (pmh) en 2012, le Nord-Pas-de-Calais figure parmi les régions les plus touchées de France métropolitaine (154 cas incidents pmh) (Agence de Biomédecine, 2012). En collaboration avec

l'EA2694 de l'université de Lille Droit et Santé, l'objectif de cette étude est d'analyser l'hétérogénéité spatiale de l'incidence d'IRCT, en vue de préciser les déterminants environnementaux et socio-économiques en relation avec la survenue de la maladie. À terme, cela permettra d'intégrer la dimension géographique dans l'anamnèse, d'optimiser la prise en charge au niveau individuel et de parfaire les dispositifs de prévention.

3.1.2. Source des données et méthodes

23 Les patients incidents du Registre Néphronor (2005-2012) ont été géolocalisés au canton de résidence. Un ratio d'incidence standardisé (SIR) ajusté sur l'âge et le sexe de la population a été calculé pour chaque canton. Les SIR ont été lissés selon un modèle hiérarchique bayésien (Besag *et al.*, 1991). La carte du SIR montre l'hétérogénéité spatiale de l'incidence. Un SIR supérieur à 1 indique une surincidence (couleur chaude). Un SIR inférieur à 1 indique une sous-incidence (couleur froide). Un SIR situé entre 0,9 et 1,1 indique une incidence similaire à celle de la population régionale (gris). Une étude écologique a permis d'estimer le risque d'IRCT en fonction de la défaveur socio-économique, modélisée par l'indice de Townsend.

3.1.3. Commentaire de la carte

24 L'incidence globale de l'IRCT sur la zone est de 166 nouveaux cas pmh/an. Il existe des disparités infrarégionales, puisque cette incidence varie de 35 à 396 pmh/an selon les cantons.

25 La surincidence est observée sur le Dunkerquois (figure 4). En comparant au risque attendu sur cette zone, le risque observé de développer cette maladie est 55 % plus important pour le canton de Grande-Synthe. Il est 41 % plus élevé pour celui de Dunkerque. Au sud-est de la région, les populations des cantons de Maubeuge et Anzin figurent également parmi les plus touchées, avec un sur-risque de 56 % et 38 %, ainsi qu'au nord de Lille, où les cantons de Roubaix et Tourcoing présentent des risques 32 % et 34 % plus élevés.

26 La sous-incidence est observée au sud-ouest de la région, avec un risque 28 % plus faible de développer cette maladie pour le canton d'Auxi-le-Chateau, ainsi qu'aux alentours de Lille : risques respective-

ment 29 %, 27 % et 26 % plus faibles pour les cantons de Loos, Mouvaux et Bondues.

27 Ces disparités sont fortement influencées par la vulnérabilité socio-économique des populations. En comparaison aux cantons les plus favorisés, le risque de développer la maladie est 44 % plus élevé pour les cantons les plus défavorisés [4].

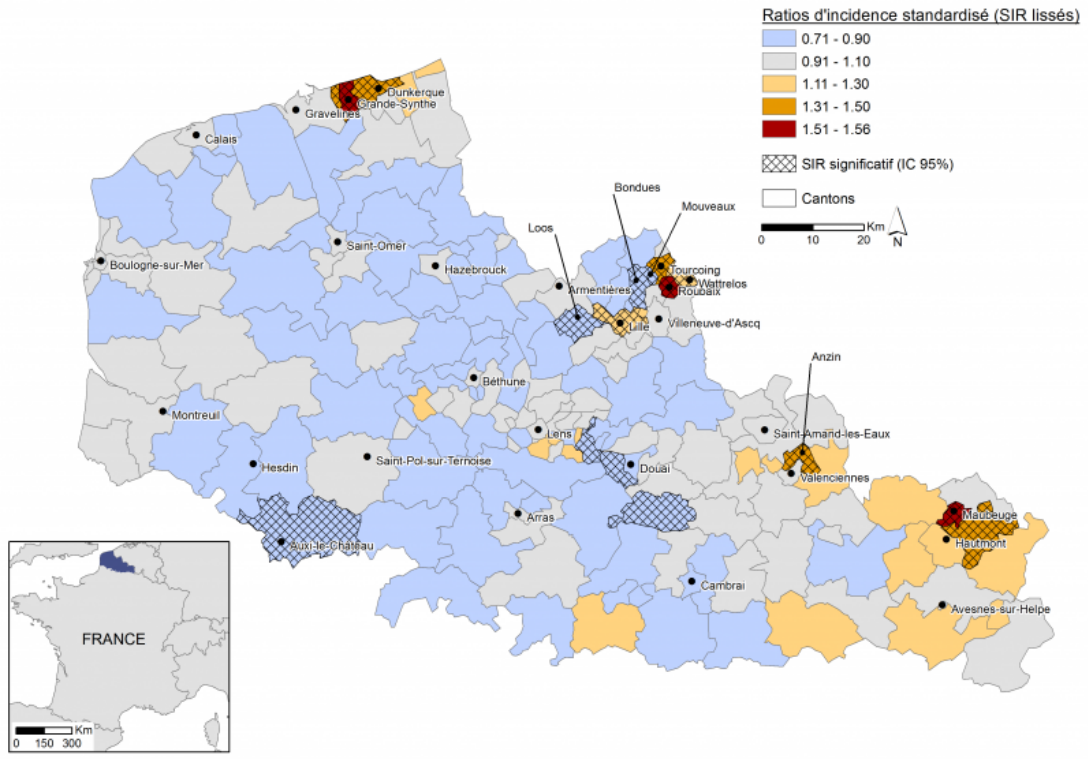


Figure 4. Incidence de l'insuffisance rénale chronique terminale en Nord-Pas-de-Calais, ratio d'incidence standardisé lissé 2005-2012.

3.2. Des clusters de contamination multimétallique sur la Métropole européenne de Lille et le Dunkerquois

3.2.1. Contexte

28 La statistique de scan (Kulldorff, 1997) est une méthode permettant de détecter des clusters spatiaux d'évènements, sans biais de présélection. Un cluster est une zone géographique (et/ou temporelle) comportant une concentration « anormalement » faible ou élevée de

ces évènements par rapport à celle attendue. L'objectif principal de la détection de cluster est d'alerter les scientifiques et gestionnaires de territoires sur des zones à risque significatif. Cette approche n'avait jamais été développée pour identifier des clusters de pollution environnementale multiple/complexe compte tenu des spécificités des données environnementales (par exemple, différentes granularités spatiales, différents pas de temps dans les mesures, variables quantitatives continues présentant une distribution non gaussienne). Grâce à une collaboration avec l'université de Montpellier [5] et l'EA 2694 de l'université de Lille Droit et Santé, une méthodologie robuste a été proposée. Celle-ci s'appuie sur une technique de pointe en statistique spatiale mais jusqu'alors uniquement appliquée pour la détection de clusters atypiques d'incidence d'évènements, notamment en santé à partir d'une variable quantitative discrète (répartition spatiale des cas de maladies ou dénombrement de ces cas au sein d'unités spatiales : Genin *et al.*, 2013).

3.2.2. Source des données et méthodes

29 La statistique de scan a ici été optimisée pour la détection de zones géographiques présentant une variance atypique à partir de multiples variables quantitatives continues (données géostatistiques), telles que les mesures de pollution. Cette méthodologie a été testée sur des données de biosurveillance lichénique de la qualité de l'air.

30 Les lichens épiphytes se développent sur les troncs d'arbres. Ils sont dépendants de l'atmosphère pour leur nutrition et constituent d'excellents bioaccumulateurs de la pollution atmosphérique de fond. En partenariat avec l'APPA, des lichens ont été récoltés sur le terrain pour mettre en évidence les niveaux d'imprégnation de l'environnement par les Éléments Traces Métalliques (ETM). Le lichen *Xanthoria parietina* a été récolté en 2009 à différents points au sein de la Métropole européenne de Lille (120 points) et du bassin dunkerquois (60 points). 18 éléments traces métalliques (Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, Ti, V, Zn : Norme NF X43-904) accumulés dans les thalles ont été dosés. Le Ratio d'Imprégnation Moyen (RIM) a été généré à partir de ces mesures pour représenter l'imprégnation multimétallique de l'environnement. Il reflète le niveau de dépassement global des concentrations naturelles régionales pour les 18 ETM (Occelli *et al.*, 2014b).

31 La statistique de scan gaussienne multivariée a été utilisée pour détecter des zones géographiques présentant une contamination atypique pour ces 18 ETM, en tenant compte de leur covariance.

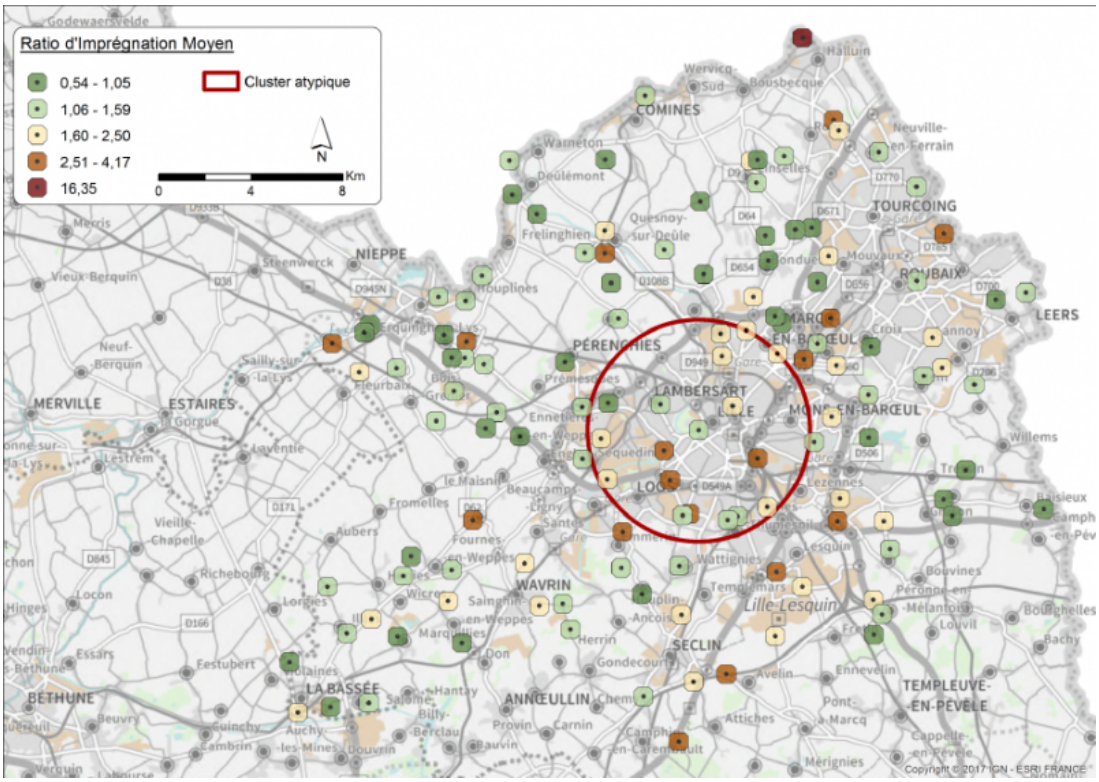
3.2.3. Description des résultats

32 Nous avons pu mettre en évidence la présence de clusters atypiques de contamination multimétallique (figure 5). Sur la métropole lilloise, le cluster comprend 18 points de mesure situés au centre du territoire (Lille, Loos, Lambersart, La Madeleine), où se concentrent de multiples sources d'émissions en ETM. Le RIM est de 1,95±0,64 à l'intérieur du cluster, et de 1,63±1,61 à l'extérieur du cluster.

33 Sur le Dunkerquois, le cluster comprend 20 points de mesures situés également au centre du territoire (Grande-Synthe et Saint-Pol-sur-Mer), sur des villes densément peuplées à proximité du complexe industrialo-portuaire. Le RIM est de 5,61±4,07 à l'intérieur du cluster, et de 3,41±7,69 à l'extérieur du cluster.

3.2.4. Conclusion

34 L'analyse des cartes ci-dessous permet de mettre en évidence une variabilité spatiale de la concentration en ETM sans qu'une structure spatiale soit identifiable en première intention. La statistique de scan gaussienne multivariée a permis d'identifier des zones atypiques de multi-contamination, où l'imprégnation en ETM au sein du cluster est significativement supérieure à l'imprégnation à l'extérieur de celui-ci. En assurant l'interopérabilité statistique entre les différentes bases de données, cette technique nouvellement adaptée va permettre de progresser dans l'évaluation des associations géostatistiques entre indicateurs environnementaux et sanitaires [6].


Ratio d'Imprégnation Moyen
0,54 - 1,05
1,06 - 1,59
1,60 - 2,50
2,51 - 4,17
16,35
Cluster atypique
N
Km
0
4
8
COMINES
TOURCOING
NIEPPE
ROUBAIX
LEERS
PÉRENCHIES
LAMBERSART
MERVILLE
ESTAIRES
WAVRIN
SECLIN
BETHUNE
LA BASSÉE
ANNŒULLIN
TEMPLEUVE-EN-PÉVÈLE
Lille-Lesquin
Copyright © 2017 IGN - ESRI FRANCE

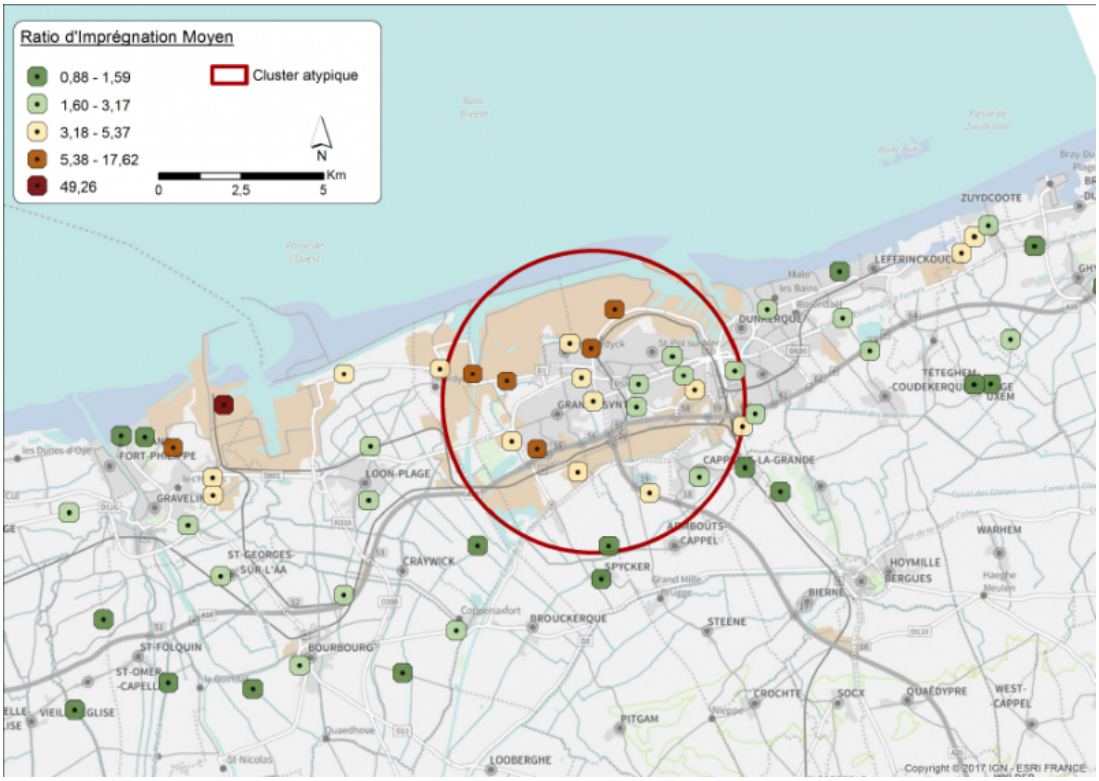

Ratio d'Imprégnation Moyen
0,88 - 1,59
1,60 - 3,17
3,18 - 5,37
5,38 - 17,62
49,26
Cluster atypique
N
Km
0
2,5
5
ZUYDCOOTE
LEFFRINCKOUKE
DUNKERQUE
TÉTEGHEM-COUDEKERQUE
FORT-PHILIPPE
LOON-PLAGE
GRAVELINE
ST-GEORGES-SUR-L'AA
CRAYWICK
SPYCKER
WARHEM
HOYMILLE
BERGUES
BROUCKERQUE
STEENE
ST-FOLQUIN
BOURBOURG
ST-OMER-CAPELLE
CROCHTE
SOCX
QUAEDYPRE
WEST-CAPPEL
PITGAM
LOOBERGHE
Copyright © 2017 IGN - ESRI FRANCE

Figure 5. Clusters de contamination multimétallique sur la Métropole européenne de Lille (en haut) et le Dunkerquois (en bas).

3.3. Des inégalités environnementales sur le Dunkerquois - Apports de la biosurveillance lichénique de l'imprégnation de l'environnement par les métaux

3.3.1. Contexte

35 Le concept des inégalités environnementales est basé sur la proximité de populations défavorisées sur un plan socio-économique ou de certaines minorités ethniques à des sources de nuisances, et s'est récemment étendu à la contamination des milieux environnementaux. La défavorisation est admise ici comme « un état de désavantage observable et démontrable relatif à la communauté locale ou plus largement à la société à laquelle appartient une personne, une famille ou un groupe » (Townsend, 1987). La défavorisation est un concept large, multidimensionnel, intégrant diverses conditions indépendantes, telles que le revenu, le logement ou le niveau d'éducation de la population.

36 Dans ce travail, ces inégalités ont été évaluées d'une manière novatrice à l'échelle des quartiers du bassin industriel de Dunkerque, en associant un indice de défaveur socio-économique, l'Indicateur de Défaveur Localisée (IDL) développé spécifiquement par le laboratoire TVES de l'ULCO [7] selon une approche écosociologique et un indice de mesures de biosurveillance environnementale.

3.3.2. Source des données et méthodes

37 Le recensement national de population 2009 de l'INSEE à l'échelle des Ilots Regroupés pour l'Information Statistique (IRIS) a été utilisé pour le calcul de l'IDL. Celui-ci est composé de 14 variables traitant des différentes facettes de la défaveur socio-économique, regroupées en six grands thèmes : les formes d'emploi, l'exclusion de l'emploi, l'éducation, le lien social, le revenu et le logement. L'IDL est un indice relatif : plus l'IDL d'un territoire est faible comparativement aux

autres territoires, plus celui-ci est considéré comme défavorisé au sein de la zone d'étude.

38 Cette étude reprend les données de biosurveillance lichénique présentées précédemment sur le Dunkerquois : imprégnation multi-métallique du lichen X*anthoria parietina* au niveau de 60 points de mesure. Une méthode d'interpolation spatiale (Krigeage Empirique Bayésien : Krivoruchko, 2012) a été employée pour estimer la valeur du RIM en tous points du domaine spatial d'étude. Une valeur moyenne de RIM a ensuite été déterminée pour chaque IRIS.

39 Les IRIS ont été classés en déciles selon le RIM et en déciles selon l'IDL. Les IRIS cumulant les déciles favorables ou défavorables ont été identifiés. Les inégalités favorables (faible contamination et faible défaveur socio-économique) sont représentées en vert. Les inégalités défavorables (forte contamination et défaveur socio-économique élevée) sont représentées en rouge sur la représentation cartographique.

3.3.3. Description des résultats

40 La spatialisation des conditions socio-économiques semble trouver écho, en partie, dans la construction historique du territoire de Dunkerque et plus précisément dans son héritage industriel. Les quartiers les plus défavorisés sont regroupés sur quatre communes voisines, proches des grandes industries : Dunkerque, Fort-Mardyck, Grande-Synthe et Saint-Pol-sur-Mer. Les communes les plus favorisées se situent globalement à la marge sud-est du territoire, notamment dans les territoires de banlieue proches de la ville de Dunkerque, mais également sur le littoral touristique de Malo-les-Bains.

41 Nous constatons parallèlement une contamination globale importante sur l'ensemble du bassin, avec des concentrations en ETM majoritairement supérieures aux valeurs régionales de fond sur toute la zone d'étude. Les concentrations les plus élevées, jusqu'à 13 fois supérieures aux niveaux de fond, sont retrouvées sur les secteurs industrialo-portuaires de Gravelines et Dunkerque. La brise de mer pousse et dilue les polluants vers l'intérieur des terres, globalement moins impacté. Les concentrations métalliques dans ces zones plutôt rurales sont plus faibles, avec des valeurs de RIM entre 0,88 et 2,23.

42 La mise en relation de ces deux indices témoigne de la présence d'inégalités environnementales à l'échelle des quartiers de l'agglomération de Dunkerque (coefficient de corrélation de Spearman : -0,56, p<0,0001). Les populations les plus défavorisées vivent dans un environnement atmosphérique fortement imprégné par les ETM. Les quartiers concernés se regroupent au niveau des communes de Grande-Synthe et St-Pol-sur-Mer, à proximité de la zone industrialo-portuaire de Dunkerque (figure 6). Les populations les plus favorisées se situent quant à elles d'avantage en marge de la zone portuaire et sont par ailleurs nettement moins exposées à un environnement extérieur contaminé par les métaux [8].

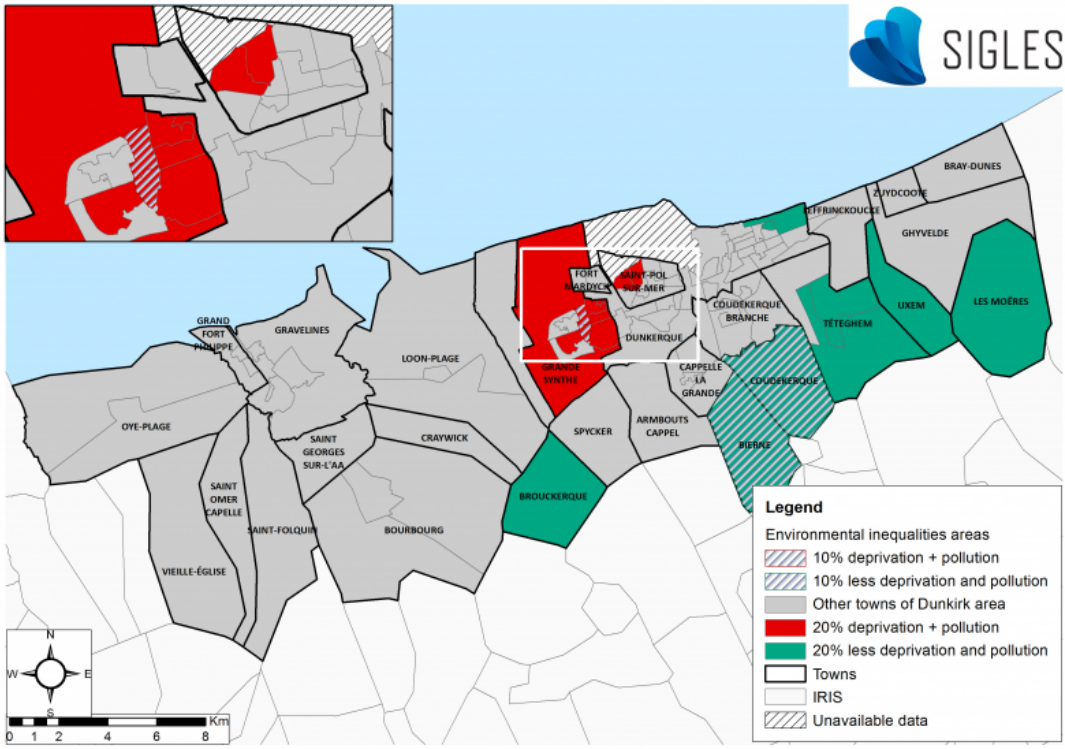


Figure 6. Inégalités environnementales sur le Dunkerquois : cumul d'une imprégnation multimétallique des lichens (RIM) et de populations défavorisées (IDL).

4. Conclusion

43 SIGLES est un programme de recherche développé au sein de l'université de Lille Droit et Santé, avec le soutien du conseil régional des Hauts-de-France. La fédération transdisciplinaire d'une vingtaine

d'équipes de chercheurs, cliniciens, associations et institutions dont la vocation est d'optimiser la prévention en santé permet aujourd'hui d'apporter un nouveau regard sur des zones géographiques pour lesquelles les populations sont plus à risque de développer des maladies chroniques. Au fur et à mesure de la levée des verrous scientifiques, un outil d'aide à la compréhension des inégalités territoriales en santé environnement sous la forme d'un atlas de cartes évolutives sera enrichi et mis à disposition des parties prenantes et du grand public. Cette stratégie de recherche s'adapte à plusieurs échelles géographiques (de l'IRIS au canton), pour être la plus pertinente au regard de la question soulevée et des données analysées. Elle se veut transposable à d'autres territoires régionaux. Plusieurs axes de recherche sont en cours, tels que l'adaptation géographique et statistique de données environnementales pour la recherche de facteurs de risques des maladies, malgré la difficile interopérabilité des bases de données ; une nouvelle approche de l'épidémiologie grâce à la biosurveillance environnementale ; la caractérisation de la vulnérabilité et de la résilience des territoires en vue d'une approche globale de la santé-environnementale.

NOTES

1 Le concept d'exposome territorial est une vision globale, intégrée et multidimensionnelle de l'exposition des populations aux facteurs de risques au sein d'un territoire.

2 http://www.sigles-sante-environnement.fr

3 EA2694 - Santé Publique : épidémiologie et qualité des soins – Université de Lille Droit et Santé

4 Plus de détails sur cette étude : http://www.sigles-sante-environnement.fr/?page_id=13753

Pour voir la publication originale : Occelli et al., (2014a).

5 Institut Montpelliérain Alexander Grothendieck – Département de Mathématiques – Université de Montpellier

6 Pour plus de détails sur cette étude : http://www.sigles-sante-environnement.fr/?page_id=13834

Pour voir la publication originale : Cucala et al., (2017).

7 Laboratoire Territoires Villes Environnement et Société EA4477 – Université du Littoral Côte d'Opale

8 Pour plus de détails sur cette étude : http://www.sigles-sante-environnement.fr/?page_id=14100

Pour voir la publication originale : Occelli et al., (2016).

AUTHORS

Lanier Caroline
Univ. Lille, CHU Lille, Institut Pasteur de Lille, EA 4483 - IMPECS - IMPact de l'Environnement Chimique sur la Santé humaine, 59000 Lille, Francecaroline.lanier (at) univ-lille2.fr

Occelli Florent
Univ. Lille, CHU Lille, Institut Pasteur de Lille, EA 4483 - IMPECS - IMPact de l'Environnement Chimique sur la Santé humaine, 59000 Lille, France

Deram Annabelle
Univ. Lille, CHU Lille, Institut Pasteur de Lille, EA 4483 - IMPECS - IMPact de l'Environnement Chimique sur la Santé humaine, 59000 Lille, France

Cuny Damien
Univ. Lille, CHU Lille, Institut Pasteur de Lille, EA 4483 - IMPECS - IMPact de l'Environnement Chimique sur la Santé humaine, 59000 Lille, France