

**Approche spatiale des inégalités d'exposition  
environnementale et socioéconomiques Quelle influence  
sur les inégalités de cancer ? Projet Cancer inégalités  
régionales, cantonales et environnement (CIRCE)**

Danièle Valdes-Lao, Christophe Declercq, André Cicoella, A. Sasco, Olivier Blanchard, Luc Mosqueron, Alain Trugeon, Isabelle Gremy, Philippe Pepin, Olivier Guye, et al.

► **To cite this version:**

Danièle Valdes-Lao, Christophe Declercq, André Cicoella, A. Sasco, Olivier Blanchard, et al.. Approche spatiale des inégalités d'exposition environnementale et socioéconomiques Quelle influence sur les inégalités de cancer ? Projet Cancer inégalités régionales, cantonales et environnement (CIRCE). 11. Congrès National des Observatoires Régionaux de la Santé "Les inégalités de santé. Nouveaux savoirs, nouveaux enjeux politiques", Oct 2008, Marseille, France. 6, Suppl. 1 (6), pp.S365-S366, 2008, <10.1016/j.respe.2008.07.036>. <ineris-00973325>

**HAL Id: ineris-00973325**

**<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973325>**

Submitted on 4 Apr 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Approche spatiale des inégalités d'exposition environnementale et socio-économiques. Quelle influence sur les inégalités de cancer ? Projet Cancer inégalités régionales, cantonales et environnement (CIRCE)

D. Valdes-Lao<sup>a</sup>, C. De clerq<sup>b</sup>, A. Cicoella<sup>a</sup>, A. Sasco<sup>c</sup>, O. Blanchard<sup>a</sup>, L. Mosqueron<sup>a</sup>, A. Trugeon<sup>d</sup>, I. Gremy<sup>e</sup>, P. Pepin<sup>e</sup>, O. Guye<sup>f</sup>, A. Sankou<sup>f</sup>, M. Colonna<sup>g</sup>, J. Caudeville<sup>a</sup>, J.-B. Masson<sup>a</sup>, G. Govaert<sup>h</sup>

<sup>a</sup> Institut national de l'environnement industriel et des risques, Verneuil-en-Halatte, France ; <sup>b</sup> ORS Nord - Pas-de-Calais, Loos, France ; <sup>c</sup> Inserm U897 Epidémiologie et biostatistique, Bordeaux, France ; <sup>d</sup> OR2S Picardie, Amiens, France ; <sup>e</sup> ORS Île-de-France, Paris, France ; <sup>f</sup> ORS Rhône-Alpes, Lyon, France ; <sup>g</sup> Registre des cancers de l'Isère, Meylan, France ; <sup>h</sup> Heuristique et diagnostic des systèmes complexes, CNRS 6599 - Université Technologique de Compiègne, France

### RESUME

**Introduction.** La progression de l'incidence du cancer en France et dans les pays développés suscite une interrogation sur l'origine de cette croissance et notamment sur l'importance de la composante environnementale de cette croissance. Les études de corrélations écologiques utilisant les Systèmes d'information géographique (SIG) peuvent apporter un éclairage nouveau sur la relation entre cancer et facteurs environnementaux et socio-économiques. Les objectifs sont de 1) Proposer une méthodologie utilisant des indicateurs permettant de mettre en évidence les inégalités spatiales d'exposition environnementale, de niveau socio-économique et de mortalité par cancer et 2) Comprendre les relations entre cancer et facteurs environnementaux et socio-économiques en croisant ces données par une étude de corrélation écologique à l'échelle cantonale.

**Matériel/Méthodes.** A partir des bases de données descriptives de l'environnement, des indicateurs de l'exposition environnementale sont proposés : un indicateur de pollution de l'air à partir du registre européen d'émission des polluants (*European pollutant emission register, EPER*) pour une cinquantaine de polluants, un indicateur général de contamination des sols à partir de BASIAS, un indicateur de pollution agricole ou urbaine à partir de Corine Land Cover. A partir du recensement INSEE descriptif de la population, l'indice de défaveur sociale de Townsend peut être construit. A partir des données du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc) de l'Inserm, le risque relatif de mortalité par cancer a pu être défini.

**Résultats.** La région Nord-Pas-de-Calais a été choisie pour illustrer les résultats. Chacun des indicateurs est cartographié à l'échelle des cantons mettant en évidence des disparités géographiques plus ou moins importantes. La carte de l'indice de Townsend fait ressortir la région Lilloise ainsi que le bassin minier comme les zones les plus défavorisées socialement. La cartographie des indices généraux d'exposition environnementale semble faire ressortir ces mêmes zones. Les indicateurs d'exposition à partir d'EPER mettent en évidence de fortes disparités spatiales de l'exposition, et des différences importantes suivant le polluant considéré. Concernant le cancer, les résultats sont variables selon la localisation cancéreuse analysée ; dans le Nord-Pas-de-Calais, les situations récurrentes de surmortalité sont localisées autour des grands pôles. Certains cantons semblent cumuler les inégalités sociales, environnementales et sanitaires. Le croisement de ces données spatialisées par canton permettra de définir les liens éventuels entre cancer, environnement et niveau socio-économique.

**Discussion et conclusion.** Bien que cette approche comporte quelques limites comme la non prise en compte de la mobilité à court et long terme des populations ou encore les temps de latence relativement long pour le cancer, l'utilisation des SIG dans le cadre d'études de corrélations écologiques apporte une vision nouvelle des disparités spatiales et permettent de mieux comprendre la complexité du lien environnement, social et santé.

Mots-clés : Exposition Environnementale, Inégalités Socio-Economiques, SIG, Inégalités Spatiales, Cancer, Etude de Corrélation Ecologique

Keywords: Environmental Exposure, Socio-Economic Inequalities, GIS, Spatial Inequalities, Cancer, Ecological Study.

## 1. Introduction/Objectif

Le cancer est depuis 2004 la première cause de décès en France. La mortalité diminue depuis quelques décennies, mais l'incidence augmente fortement. D'après l'INVS (2007) entre 1980 et 2005, l'incidence augmente de +93% pour les hommes et +84% pour les femmes, dont +52% et +55% respectivement sont attribuables à l'environnement au sens large (une fois corrigé du changement démographique). Les facteurs généralement invoqués pour expliquer l'épidémie de cancer sont les facteurs génétiques ou encore le comportement individuel (tabac, alcool, absence d'activité physique, exposition au soleil ...). Ces facteurs ont un rôle indéniable, cependant, ils ne suffisent pas à expliquer une telle hausse de l'incidence. L'impact de l'exposition des populations aux pollutions de l'environnement extérieur (via l'air, l'eau, le sol) et l'environnement intérieur (qualité de l'air intérieur) sur le cancer a pu être mis en évidence par de nombreuses études (Aschengrau et al., 1996, Sasco, 2007, Brody et al., 2004 ...). Le niveau socio-économique joue lui aussi un rôle capital sur l'épidémie de cancer (Vinnakota et al, 2006).

L'analyse des facteurs de risque a longtemps reposé sur les données expérimentales des études de cohorte et cas-témoins. Depuis quelques années est apparue une nouvelle approche dite de corrélation écologique qui permet l'analyse des inégalités géographiques à l'aide des Systèmes d'Information Géographiques (Nuckols et al., 2004).

On s'intéresse aux inégalités géographiques environnementales et socio-économiques afin de les comparer aux inégalités géographiques de cancer. Le concept d'inégalités environnementales est lié à deux questions sous-jacentes : comment définir l'exposition environnementale et comment quantifier les inégalités environnementales et sociales. Pour quantifier cette inégalité environnementale, Levy et al. (2006) et Fricker et Hengartner (2001) ont largement étudié ce concept et proposé divers outils pour pouvoir l'évaluer comme l'indice de Gini ou l'indice d'Atkinson par exemple. Pour définir l'exposition environnementale des populations, deux méthodes sont possibles: 1) la méthode classique d'évaluation des risques (mesure ou modélisation des doses d'exposition, identification du danger des substances chimiques, évaluation de la relation dose/réponse, évaluation des expositions, caractérisation du risque) qui permet la définition quantitative de l'exposition et du risque associé et 2) des proxys (indicateurs) qui permettent une évaluation indirecte de l'exposition des populations (par exemple la distance séparant la population d'une émission industrielle), c'est cette seconde méthode qui sera ici présentée.

Le travail présenté ici s'inscrit dans le projet CIRCE (Cancer Inégalités Régionales, Cantonales et Environnement), il s'intéresse aux inégalités spatiales de cancer, d'exposition environnementale et de niveau socio-économique à l'échelle des cantons afin de comprendre l'influence de ces facteurs sur l'épidémie de cancer. Les ORS de 4 régions sont associés à ce projet : la région Picardie, Nord-Pas-de-Calais, Ile-de-France et Rhône-Alpes.

Les objectifs sont de

- 1) Proposer des proxys permettant de mettre en évidence les inégalités spatiales d'exposition environnementale, de niveau socio-économique et de mortalité par cancer.
- 2) Comprendre les relations entre cancer et facteurs environnementaux et socio-économiques en croisant ces données par une étude de corrélation écologique.

Ces objectifs seront illustrés par les résultats du Nord-Pas-de-Calais à l'échelle cantonale.

## 2. Matériel/Méthodes

### 2.1. Matériel

De nombreuses bases de données permettent de décrire spatialement la qualité de notre environnement (BDQA : qualité de l'air, EPER : émissions industrielles, SISE-EAUX : qualité des eaux distribuées, Corine Land Cover : utilisation des sols, ...). L'utilisation de ces bases se heurte cependant à quelques difficultés : 1) il est souvent difficile d'estimer la qualité des données fournies (précision, échelle, ...), ces bases ayant été constituées à des fins réglementaires, 2) il existe certains problèmes de géoréférencement (le centre de la commune à la place des coordonnées du site), 3) seules les données récentes sont généralement disponibles, ne permettant pas une estimation des expositions passées, ...

Les recensements de l'INSEE de 82, 90 et 99 fournissent des informations détaillées sur les populations (structure âge-sexe, emploi, éducation, niveau socio-économique, logement, ...). Les informations ici utilisées sont agrégées à l'échelle des cantons (des échelles plus fines pourraient être proposées jusqu'à l'IRIS regroupant environ 2000 personnes).

### 2.2. Indicateurs d'exposition environnementale

A partir des bases de données environnementales géoréférencées sur la France, des indicateurs d'exposition environnementale peuvent être proposés et cartographiés à l'aide de SIG (ici ArcGIS)

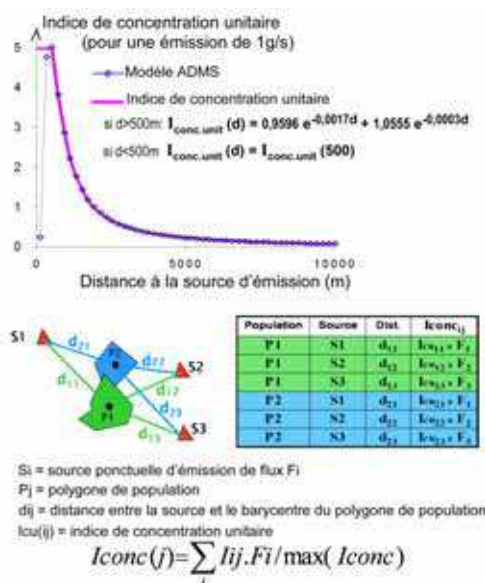
**Concentrations dans l'air :** Des cartes de concentrations dans l'air ont été produites par l'équipe MECO de l'INERIS à l'aide du modèle PREVAIR (modèle 3D de transport couplé à un modèle chimique atmosphérique). Les concentrations moyennes annuelles de PM10, PM2.5, O3, NO et NO2 sont modélisées sur des mailles de 10 km x 15km puis attribuées à chaque canton.

**Occupation des sols (Corine Land Cover):** Corine Land Cover est une base de données qui décrit le type d'occupation des sols suivant 44 catégories (territoires artificialisés, territoires agricoles, forêts et milieux semi-naturels, zones humides, surfaces en eau). Le pourcentage surfacique de chaque type d'occupation des sols peut être utilisé comme indicateur d'exposition. Le pourcentage surfacique de zones urbanisées sera utilisé comme indicateur d'exposition aux pollutions domestiques et celui des terres arables comme indicateur des pollutions agricoles.

**Contamination des sols (Basias) :** La densité par canton des sites et sols pollués en est un bon indicateur de l'exposition aux pollutions industrielles et commerciales. L'avantage de ce proxy est qu'il reflète l'exposition au cours des dernières décennies ; cependant l'hypothèse forte liée à son utilisation est que tous les sites sont contaminés de la même façon.

**Proxy d'exposition aux pollutions industrielles :** La base de données EPER fournit les principales émissions industrielles géoréférencées pour une cinquantaine de polluants. On cherche à construire un indice de concentration dans l'air qui soit fonction de la distance à la source d'émission et du flux d'émission.

Des essais de modélisation sur ADMS (émission unitaire de 1g/s dans des conditions isotropes de vent à 20km/h et une hauteur de cheminée de 30m) permettent de proposer une loi décroissante exponentielle (figure 1) si la distance est supérieure à 500m, en dessous, on prendra la valeur à 500m (la localisation des données EPER n'étant pas suffisamment précise pour donner une concentration nulle aux abords immédiats de la source). L'intensité de l'indice de concentration sera proportionnelle au flux d'entrée (en cohérence avec des essais ADMS pour différents flux d'émissions). Pour chaque population (polygone P), l'indice de concentration Iconc(j) sera la somme des indices de concentrations pour chacune des sources pondérées par leur flux d'émission Fi. Finalement, cet indice sera normalisé de telle sorte que sa valeur soit comprise entre 0 et 1.



**Figure 1: construction de l'indicateur de concentration dans l'air**

**Influence des pressings :** Un indice d'influence des pressings est proposé sur le même principe que l'indicateur précédent, mais avec un e fonction décroissant beaucoup plus rapidement suivant la distance et avec un flux d'émission constant pour l'ensemble des pressings.

### **2.3. Indicateur de niveau socio-économique**

L'indice de Townsend (1987) a été choisi pour décrire le niveau socio-économique à partir des données INSEE. C'est un indice de défaveur sociale défini par la somme des valeurs standardisées du logarithme de 4 variables : la proportion de chômeurs dans la population active, de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce, de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire et de ménages sans voitures.

### **2.3. Risque relatif de mortalité par cancer**

Les ORS des 4 régions concernées ont cartographié les données cantonales de mortalité par cancer à partir des données du CépiDc de l'Inserm pour 20 sites : lèvres, cavité buccale, Œsophage, larynx, Colon, Rectum, Estomac, Foie, Pancréas, Larynx, Trachée, bronches, poumon, plèvre, sein, ovaire, prostate, vessie, système nerveux central, lymphome malin non hodgkinien et leucémie. (ORS Nord-Pas-de-Calais, 2007, ORS Picardie, 2007, ORS Ile-de-France, 2007, ORS Rhône-Alpes, 2007). Afin de lisser le bruit causé par l'instabilité statistique du faible nombre dans certains cantons dépeuplés, une méthode de lissage a été mise en oeuvre permettant d'utiliser l'information disponible dans les cantons voisins pour estimer le risque relatif local.

### **2.4. Analyse de corrélations écologiques.**

Les liens entre données environnementales, socio-économiques et sanitaires se sont étudiés par différentes méthodes statistiques spatiales et notamment par les modèles hiérarchiques bayésiens.

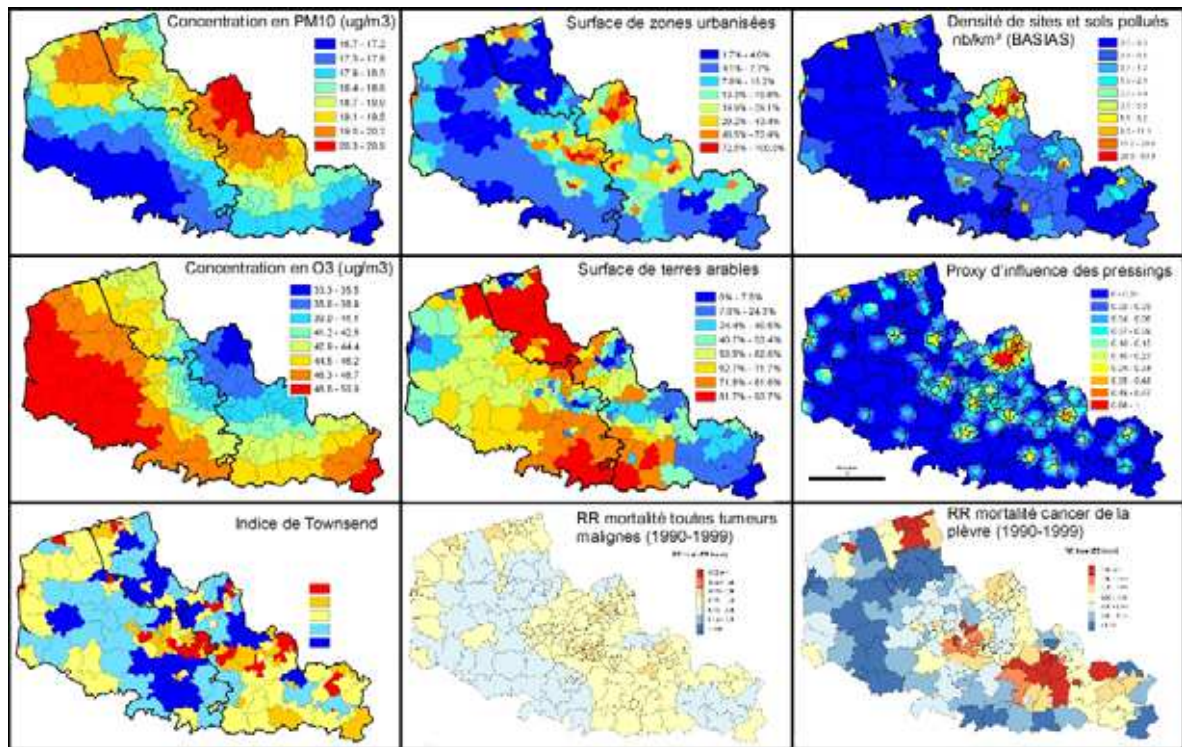
## **3. Résultats**

Un extrait des cartes d'indicateurs socio-économiques et environnementaux ainsi que les cartes de risque relatif par cancer est présenté en Figure 2. Chacune de ces cartes montre de fortes disparités spatiales intra-régionales.

## **4. Discussion/Conclusion**

L'objectif final de ce travail est de croiser les données environnementales et socio-économiques avec les données de cancer afin de comprendre le rôle de ces facteurs sur l'épidémie de cancer. Cette compréhension se heurtera à plusieurs difficultés : Certains cantons cumulent les inégalités sociales et environnementales (par exemple le bassin minier ou l'agglomération Lilloise), ce qui rendra difficile le discernement du rôle de chacun des facteurs. Le problème de la mobilité des populations à court terme (lieu d'activité différent du lieu d'habitation) ou à long terme (adresse au moment du décès différente du lieu de vie des dernières décennies) n'est pas pris en compte dans une approche collective au niveau du canton. Les données d'exposition sont actuelles, or les cancers ont un temps de latence moyen qui varie de quelques années à une vingtaine d'années environ. La question de l'échelle d'étude pourra aussi être discutée, notre choix a porté sur des données cantonales en un premier temps, une échelle plus fine comme l'échelle communale par exemple s'avérera peut-être plus pertinente. Enfin, les données de santé utilisées sont celles de mortalité par cancer, seules actuellement disponibles, or les données d'incidence semblent beaucoup plus pertinentes pour étudier la relation cancer – environnement. L'une de ses perspectives du projet CIRCE est de cartographier l'incidence des cancers.

Quelles que soient les limites de cette approche, les études de corrélations écologiques apportent une vision nouvelle des disparités spatiales et permettent de mieux comprendre la complexité du lien environnement, social et santé.



**Figure 2: Cartes au niveau cantonales dans la région Nord-Pas-de-Calais : 'indicateurs socio-économiques, indicateurs environnementaux et risques relatifs de mortalité par cancer.**

#### REFERENCES

- 1) Aschengrau, A., D. Ozonoff, et al. (1996). "Cancer risk and residential proximity to cranberry cultivation Massachusetts". *Am. J. Public Health* 86: 1289-1296.
- 2) Brody, J. G., A. Aschengrau, et al. (2004). "Breast Cancer Risk and Historical Exposure to Pesticides from Wide-Area Applications Assessed with GIS." *Environmental Health perspectives* 112(8): 889-897.
- 3) INVS (2007). "Estimation de l'incidence et de la mortalité par cancer en France de 1980 à 2005". [http://www.invs.sante.fr/surveillance/cancers/estimations\\_cancers/default.htm](http://www.invs.sante.fr/surveillance/cancers/estimations_cancers/default.htm)
- 4) Fricker, R.D. et Hengartner, N.W. (2001). "Environmental equity and the distribution of toxic release inventory and other environmentally undesirable sites in metropolitan New York". *Environmental and Ecological Statistics* 8: 33-52
- 5) Levy, J.I., Chemerynski, S.M. et Tuchmann J.I. (2006). "Incorporating concepts of inequality and inequity into health benefits analysis". *Environmental Health Perspectives* 115(5): 743-750.
- 6) Nuckols, J., Ward, M.H. et Jarup, L. (2004). "Using Geographic Information Systems for Exposure assessment in Environmental Epidemiology Studies". *Environmental Health Perspectives* 112(9): 1007-1015.
- 7) ORS Nord-Pas-de-Calais (2007). *Atlas de la mortalité par cancer dans la région Nord-Pas-de-Calais (1991-1999)*: 99p.
- 8) ORS Picardie (2007). "Atlas de la mortalité par cancer en Picardie" 103p.
- 9) ORS Rhône-Alpes (2007). "Atlas de la mortalité par cancer en région Rhône-Alpes": ??? p.
- 10) ORS Ile-de-France (2007). "Atlas de la mortalité par cancer en Ile de France": 135p.
- 11) Sasco A « Cancer, environnement et populations à l'heure de la mondialisation », *Oncologie* 9, n°3, Springer, mai 2007.
- 12) Townsend P (1987). Deprivation. *J Soc Pol*; 16:125-146.
- 13) Vinnakota, S. and N. S. Lam (2006). "Socioeconomic inequality of cancer mortality in the United States: a spatial data mining approach." *International Journal of Health Geographics* 5(9): 12p.