

PAISIM : Pollution atmosphérique, inégalités sociales et infarctus du myocarde

Denis BARD¹, Sabrina HAVARD², Séverine DEGUEN³, Gaëlle PEDRONO⁴, Charles SCHILLINGER⁵, Daniel EILSTEIN⁶, Claire SEGALA⁴, Dominique ARVEILER⁷

¹Professeur EHESP, EA 4069, Université Paris Descartes. denis.bard@ehesp.fr; ²ANSES, Maisons-Alfort ; ³Professeur EHESP, IRSET, Rennes ⁴SEPIA-Santé, Baud, France ⁵Association pour l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace (ASPA), Schiltigheim ; ⁶Département Santé-environnement, InVS, Saint Maurice ; ⁷Laboratoire d'Épidémiologie et de Santé Publique, EA3430, Strasbourg

CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans la majorité des pays développés, les indicateurs sanitaires (mortalité, incidence, prévalence) de nombreuses pathologies (accidents cardiovasculaires, cancers, diabète...) montrent que les populations défavorisées sont plus à risque que des populations plus aisées (1).

Les rôles joués dans la création des ISS par certains facteurs de risques comportementaux (consommation d'alcool, de tabac, sédentarité...), psychosociaux (latitude décisionnelle au travail, cohésion sociale...) et par le système de soins (accessibilité...) sont bien établis (2). Cependant, la répartition de ces facteurs de risques connus entre populations de statuts socio-économiques différents n'explique qu'en partie les ISS observées (2). Parmi les facteurs susceptibles d'expliquer une part supplémentaire de celles-ci figurent les expositions environnementales (3).

L'objectif général du projet PAISIM est de contribuer à l'étude du rôle des expositions environnementales dans les inégalités sociales de santé en faisant converger deux champs de recherche habituellement étudiés de manière indépendante (champs "santé-environnement" et "inégalités sociales de santé"). Pour cela, nous avons choisi d'étudier les relations entre l'exposition à court terme à la pollution atmosphérique ambiante, le statut socio-économique des populations et la survenue de l'infarctus du myocarde dans la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS, Bas-Rhin). Ce choix était justifié par l'existence documentée d'un gradient socioéconomique vis-à-vis du risque cardio-vasculaire, ainsi que d'un lien de causalité raisonnablement établi entre l'exposition à la pollution atmosphérique et le risque d'infarctus du myocarde.

Relation "Pollution atmosphérique et infarctus du myocarde"

De nombreuses études internationales ont mis en évidence des relations entre concentrations élevées de polluants atmosphériques (Particules [PM], ozone [O₃], monoxyde de carbone [CO], dioxyde d'azote [NO₂], dioxyde de soufre [SO₂]...) et augmentation de la mortalité et des hospitalisations pour maladies cardiovasculaires (4-8).

Relation "Inégalités sociales de santé et infarctus du myocarde"

La littérature internationale décrit également de fortes inégalités sociales de distribution de l'infarctus du myocarde au sein des pays favorisés (9-11). Un faible statut socio-économique est associé à un risque relatif de mortalité par infarctus du myocarde plus fort qu'un statut socio-économique élevé (9). Les quelques études françaises disponibles sur ce sujet vont dans le même sens (12) et suggèrent que les fortes différences observées entre les catégories socioprofessionnelles et l'incidence des IDM peuvent en partie être reliées à la distribution sociale des facteurs de risques (tabagisme, hypertension...).

Objectifs spécifiques

PAISIM se décline en trois objectifs successifs et complémentaires :

- Décrire les inégalités socioéconomiques vis-à-vis de la distribution des cas d'infarctus du myocarde.
- Décrire les inégalités socioéconomiques au regard des concentrations ambiantes de polluants atmosphériques mesurées dans les zones de résidences des populations.
- Tester si les relations entre l'exposition à la pollution atmosphérique dans les lieux de résidence et la survenue de l'infarctus du myocarde diffèrent selon le niveau socio-économique de ces mêmes lieux de résidence.

METHODES

Le terrain d'étude retenu pour cette étude écologique est la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS) d'effectifs a priori suffisants pour obtenir au regard des données publiées assez de cas d'infarctus (452.000 habitants). L'unité statistique d'intérêt est l'IRIS 2000 (Îlots Regroupés pour l'Information Statistique) de l'INSEE (2000 habitants en moyenne), la plus petite unité statistique pour laquelle les données (effectifs par âge et sexe ; données socio-économiques) sont disponibles. L'association locale de surveillance de la qualité de l'air (ASPA) était en mesure de modéliser à l'IRIS et sur une base horaire les polluants que nous souhaitions étudier. Enfin, il existe sur le Bas-Rhin un registre des cardiopathies ischémiques depuis 1985.

Les données socio-économiques

Pour caractériser le niveau socio-économique des IRIS de la CUS, nous avons choisi de construire et de tester un indice composite par analyse factorielle (analyse en composantes principales et analyse hiérarchique ascendante) à partir des variables relatives à la description du niveau socio-économiques issues du recensement national de 1999 de l'INSEE (13).

Les données de santé

Les événements retenus pour PAISIM sont les infarctus du myocarde validés par le Registre des Cardiopathies du Bas-Rhin pour les années 2000 à 2003 chez les 35-74 ans. Chaque événement enregistré doit avoir été diagnostiqué dans les 28 jours suivant le début des symptômes. La survie à 28 jours est systématiquement recherchée. Un nouvel événement n'est enregistré que s'il a lieu plus de 27 jours après le précédent.

Les adresses des cas au moment du diagnostic ont été géocodés à l'IRIS de résidence du sujet à partir de son adresse postale à l'aide du Système d'Information Géographique (SIG) ArcView version 9.1 et des bases de données cartographiques Correspondances Adresses — Zonages Urbains — Edition 2004 et Contours...IRIS diffusées par l'INSEE. Seuls 6 événements n'ont pas pu être géocodés à leur IRIS de résidence et ont été définitivement exclus de ce travail.

Biais et facteurs de confusion éventuels

Les effectifs hebdomadaires de cas de grippe, facteur de confusion potentiel(14), déclarés à Strasbourg durant toute la période étudiée (2000-2005) ont été obtenus auprès du réseau Sentinelles de l'INSERM.

Les facteurs météorologiques, autre un facteur de confusion potentiel dans la relation "pollution atmosphérique - infarctus du myocarde" (15), les données météorologiques (température, humidité relative, pression atmosphérique) ont été obtenues de la station Météo France d'Enzheim pour la période d'étude.

Modélisation de la pollution atmosphérique

La modélisation de la pollution atmosphérique a été réalisée par l'ASPA à l'aide du modèle déterministe ADMS-Urban (16) pour toute la période d'étude (2000-2005), produisant des cartographies d'immissions de PM₁₀, O₃, CO, NO₂ et SO₂ à la résolution de l'IRIS et à un pas de temps horaire sur l'ensemble de la CUS.

Les données de modélisation nécessaires aux cartographies de chaque polluant pour toute la période d'étude (2000-2005) avaient déjà été testées et validées lors du projet de recherche PAISA (17). La performance de la modélisation des polluants s'est avérée très bonne pour les particules, l'ozone, et le CO, facteurs environnementaux les plus fréquemment associés significativement aux pathologies cardiaques ischémiques. La modélisation du SO₂ était insatisfaisante : ce polluant n'a pas été inclus dans nos analyses.

Analyse des données

Les cas ont fait l'objet d'une analyse cas-croisés stratifiée sur le temps.

RESULTATS

Pour des raisons de confidentialité, 16 IRIS dont les effectifs étaient inférieurs à 250 habitants ont été exclus (0,8 % de la population totale de la CUS). Au total, 1193 cas d'IDM survenus au cours de la période 2000-2003 ont été recueillis (Tableau I).

Pollution atmosphérique et statut socio-économique : analyse spatiale des inégalités environnementales à fine échelle

Nous avons estimé les associations entre l'exposition à la pollution atmosphérique liée au trafic et le niveau socio-économique des IRIS à l'aide de deux modèles de régression, l'un prenant en compte la présence d'autocorrélation spatiale dans les données et l'autre pas. Dans ce travail, la pollution liée au trafic a été estimée au travers des concentrations ambiantes de dioxyde d'azote (NO₂). Ce polluant a été sélectionné car il constitue un bon traceur de la pollution atmosphérique générée par le trafic et présente une hétérogénéité spatiale supérieure à celles des autres polluants atmosphériques. L'ensemble des analyses a également été mené avec les autres polluants (PM₁₀, O₃, CO) et les principaux résultats sont rapportés en appendice dans (18).

L'indice de NSE a été introduit dans les modèles comme variable catégorielle en cinq classes. Les niveaux moyens de NO₂ par IRIS pour l'année 2000 ont été modélisés par l'ASPA.

L'association entre les niveaux de NO₂ et le niveau socio-économique des IRIS a été estimée à partir d'un modèle de régression linéaire classique ne prenant pas en compte l'autocorrélation spatiale des données (modèle des moindres carrés) et d'un modèle de régression spatiale permettant de contrôler ce phénomène (modèle autorégressif simultané). L'autocorrélation spatiale dans les données et dans les résidus des modèles a été mesurée à l'aide de l'indice de Moran.

Sur la CUS, le niveau socio-économique des IRIS est associé positivement et significativement aux concentrations de NO₂. Cette association n'est cependant pas monotone et linéaire : quel que soit le modèle de régression mis en œuvre, les quartiers de défaveur moyenne, localisés à proximité des principales infrastructures routières et autoroutières, apparaissent comme les plus exposés à la pollution liée au trafic. Le contrôle de l'autocorrélation spatiale réduit fortement la force de l'association entre les concentrations de NO₂ et l'indice de défaveur mais améliore nettement la qualité d'ajustement du modèle.

Des résultats similaires ont été rapportés avec les autres polluants émis par le trafic (PM₁₀, CO). L'O₃ qui présente une distribution spatiale inverse de celle du NO₂ était associé négativement (mais toujours de manière non linéaire) avec le niveau socio-économique des IRIS.

Risque d'infarctus du myocarde et inégalités de santé

Nous avons voulu vérifier qu'il existait bien à Strasbourg un gradient des inégalités socio-économiques face à l'infarctus quel que soit sa distribution dans l'espace. Au vu du nombre limité de cas d'infarctus par IRIS, nous avons regroupé tous les cas d'une même classe de NSE et calculé pour chacune les taux bruts et spécifiques d'événements (Tableau I) et calculé des taux d'événements standardisés par l'âge chez les hommes et chez les femmes par classes de NSE (tableau II).

Tableau I. Caractéristiques de la population d'étude, 2000-2003

	Hommes (n = 912)		Femmes (n = 281)		Total (n = 1193)	
	n	%	n	%	n	%
Tranches d'âge :						
35-54 ans	347	38,0	70	24,9	417	35,0
55-74 ans	565	62,0	211	75,1	776	65,0
Antécédent d'IM ^a	116	12,7	29	10,3	145	12,2
Antécédent de CPI ^a	213	23,4	65	23,1	278	23,3
Décès à 28 jours	84	9,2	32	11,4	116	9,7
Nombre moyen d'événements par IRIS	5 (0-17) ^b		2 (0-6) ^b		7 (1-21) ^b	

^aIM, infarctus du myocarde ; CPI, cardiopathie ischémique. ^bNombres entre parenthèses, minimum-maximum.

Risque d'infarctus du myocarde et inégalités de santé

L'observation du tableau I suggère que ces taux augmentent avec la défaveur, chez les hommes comme chez les femmes. Le taux d'événements chez les hommes est toujours cependant, nettement supérieur à celui des femmes, en accord avec la littérature existant sur le sujet. Ces différences entre les classes perdurent également lorsqu'on s'intéresse au taux spécifiques par tranche d'âge, avec quelque soit le sexe, des taux d'événements toujours plus élevés chez les personnes plus âgées.

Enfin, lorsqu'on standardise ces taux sur l'âge (Tableau II), le gradient perdure, avec une augmentation quasi linéaire des classes favorisées vers les classes défavorisées.

Cartographie de l'infarctus du myocarde

L'autocorrélation spatiale (version ajustée de l'indice de Moran proposée par Assunção et Reis, 1999) (19) bien que significative reste toutefois faible pour les populations étudiées. On suppose que la faible autocorrélation détectée est le fait d'une puissance statistique limitée par le faible nombre de cas observés par unité statistique (les IRIS) ce qui « cache » un éventuel patron de répartition spatial des cas.

Tableau I. Taux bruts et spécifiques d'IDM par classes de NSE

	Classes de NSE				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Tx d'IDM H	226	238	246	252	270
H 35-54	111	134	146	178	148
H 55-74	433	405	431	401	518
Tx d'IDM F	50	54	64	79	118
F 35-54	9	16	22	28	81
F 55-74	122	109	129	165	192

Les taux sont exprimés pour 100.000 habitants par année (ou 100.000 personnes-années).

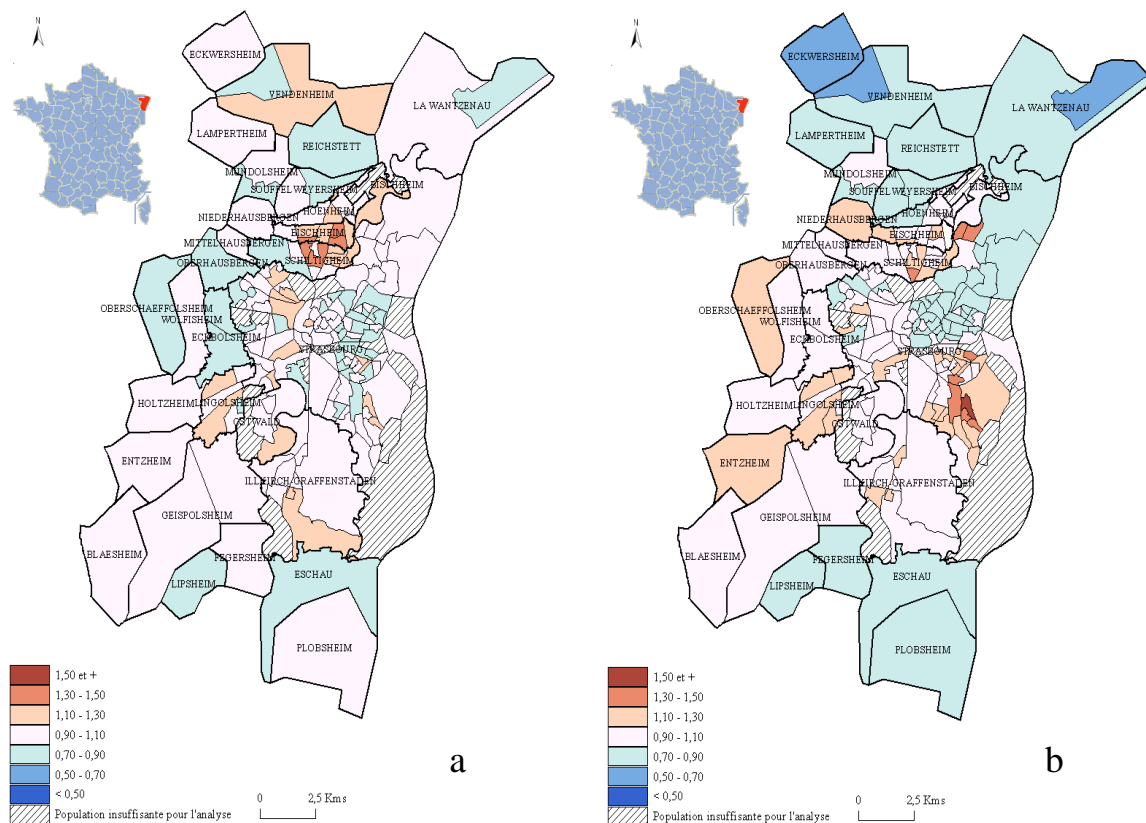
Les résultats issus du lissage des ratios de morbidité standardisés par méthodes bayésiennes sont illustrés par les Figures 1a et 1b. Le risque d'infarctus du myocarde augmente avec le niveau de défaveur des quartiers de résidence chez les deux sexes et est toujours plus élevé chez les hommes que chez les femmes.

L'augmentation du risque avec le niveau de défaveur apparaît en revanche plus marqué ($p < 0,01$) chez les femmes que chez les hommes (RR femmes = 2,49 [95%IC = 1,63-3,88] ; RR hommes = 1,24 [95%CI = 0,95-1,62] pour les individus vivant dans les quartiers les plus défavorisés relativement à ceux vivant dans les quartiers plus favorisés) mais suit une tendance différente ; respectivement exponentielle et linéaire. Les femmes vivant dans les quartiers les plus défavorisés présentent un excès de risque plus élevé que celui des hommes, relativement aux classes moins défavorisées (18).

Tableau II. Taux d'IDM standardisés sur l'âge par classes de NSE

	Classes de NSE				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Homme	227 (195-260)	232 (199-264)	249 (212-285)	260 (224-295)	281 (234-329)
Femmes	50 (35-64)	50 (36-63)	61 (44-77)	77 (59-96)	121 (92-150)

Population de référence : mondiale ; les taux sont exprimés pour 100.000 habitants par an avec leur intervalle de confiance à 95% entre parenthèses



Figures 1a et 1b. Cartographies des Rapports Standardisés de Morbidité par infarctus du myocarde lissés, chez les hommes (a) et chez les femmes (b)

Analyse cas-croisés

L'estimation des paramètres des associations a été réalisée par régression logistique conditionnelle ajustée sur les différents facteurs de confusion (paramètres météorologiques et épidémies de

grippe). Nous n'avons pas observé d'effet significatif de NO₂, O₃ ou CO. L'effet des PM₁₀ apparaît plus élevé chez les femmes, les sujets âgés de 55 à 74 ans et ceux présentant des antécédents de cardiopathie ischémique. Une forte et significative association entre les PM₁₀ et l'infarctus du myocarde est observée parmi les sujets vivant dans les quartiers les plus défavorisés.

Parmi cette sous-population susceptible, les femmes âgées de 55 à 74 ans, apparaissent comme particulièrement sensibles (figure 2) aux effets de l'exposition aux particules (pourcentage d'augmentation du risque de survenue d'infarctus du myocarde de 49,9% (IC à 95% : 4,9 – 112,9) associé à une augmentation de 10 µg/m³ de PM₁₀).

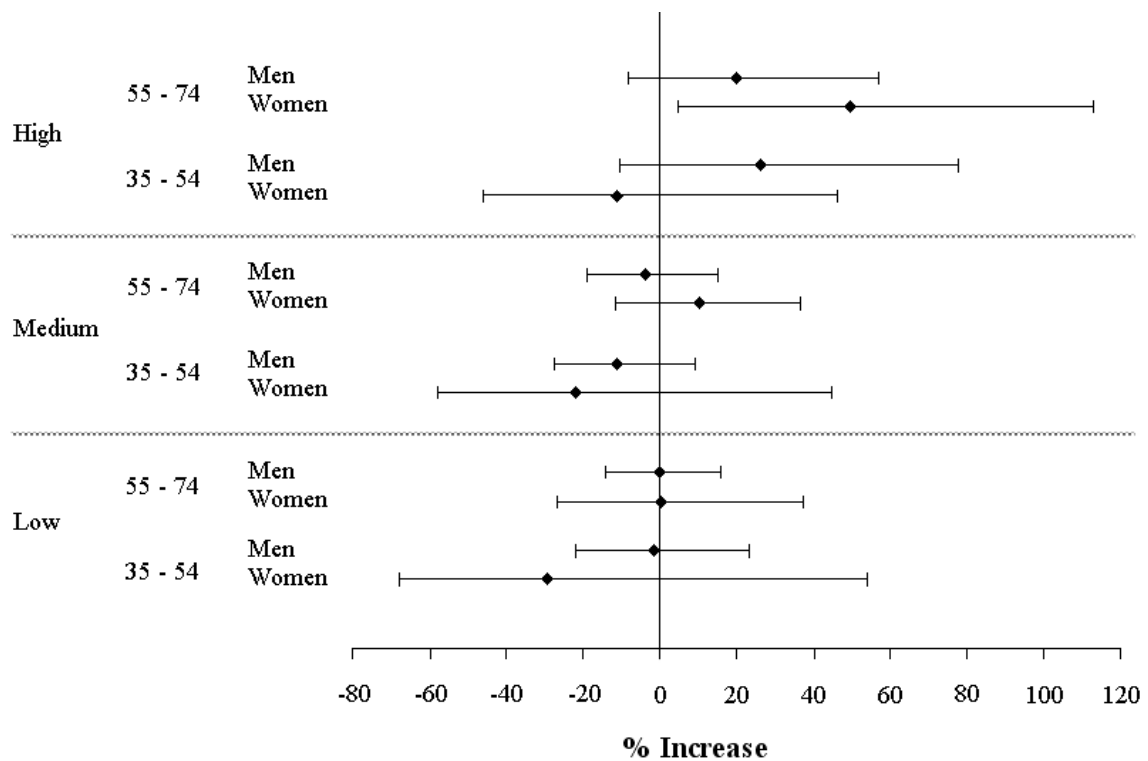


Figure 2. Pourcentage d'augmentation du risque d'infarctus du myocarde associé à une augmentation de 10 µg/m³ des niveaux de PM₁₀ atmosphériques (lag 0-1), par niveau de défaveur dans la Communauté Urbaine de Strasbourg, 200-2003.

Ces observations semblent être davantage le reflet d'un différentiel de susceptibilité (ou de vulnérabilité) que d'un différentiel d'exposition. Ils nécessitent néanmoins d'être confirmés dans de plus larges études. Un article portant sur ces résultats est en cours de soumission.

CONCLUSION

Ce travail a permis d'observer un risque accru de survenue d'infarctus du myocarde en rapport avec la pollution atmosphérique caractérisée ici par les concentrations de PM₁₀ chez les femmes les plus âgées et les plus défavorisées, en dépit de la taille relativement limitée de notre échantillon. Ce résultat est à notre connaissance original. Le protocole écologique adopté, bien que limitant le biais écologique du fait de la très petite échelle de notre unité statistique, ne l'élimine pas. Cependant, nous retrouvons l'association entre risque d'infarctus du myocarde et exposition aux PM₁₀ et le gradient social de risque pour cette pathologie largement établis dans la littérature.

RÉFÉRENCES

1. Adler NE, Newman K. Socioeconomic disparities in health: pathways and policies. *Health Aff(Millwood)*. 2002;21(2):60-76.
2. Schopper D. Les inégalités sociales de santé : du constat à l'action. Genève, Switzerland: Institut de Médecine Sociale et Préventive 2002.

3. Evans GW, Kantrowitz E. Socioeconomic status and health: the potential role of environmental risk exposure. *Annu Rev Public Health*. 2002;23:303-31.
4. Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, et al. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004;109(21):2655-71.
5. Kostrzewa A, Filleul L, Eilstein D, Harrabi I, Tessier JF. Air pollution and cardiovascular toxicity: known risks. *AnnCardiolAngeiol(Paris)*. 2004;53(2):71-8.
6. Routledge HC, Ayres JG. Air pollution and the heart. *OccupMed(Lond)*. 2005;55(6):439-47.
7. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *NEnglJMed*. 2000;343(24):1742-9.
8. Zanobetti A, Schwartz J, Dockery DW. Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease. *EnvironHealth Perspect*. 2000;108(11):1071-7.
9. Alboni P, Amadei A, Scarfo S, Bettiol K, Ippolito F, Baggioni G. In industrialized nations, a low socioeconomic status represents an independent predictor of mortality in patients with acute myocardial infarction. *Ital Heart J*. 2003;4(8):551-8.
10. Kolegard SM, Diderichsen F, Reuterwall C, Hallqvist J. Socioeconomic context in area of living and risk of myocardial infarction: results from Stockholm Heart Epidemiology Program (SHEEP). *JEpidemiolCommunity Health*. 2002;56(1):29-35.
11. Van Lenthe FJ, Gevers E, Joung IM, Bosma H, Mackenbach JP. Material and behavioral factors in the explanation of educational differences in incidence of acute myocardial infarction: the Globe study. *AnnEpidemiol*. 2002;12(8):535-42.
12. Lang T, Ducimetiere P, Arveiler D, Amouyel P, Cambou JP, Ruidavets JB, et al. Incidence, case fatality, risk factors of acute coronary heart disease and occupational categories in men aged 30-59 in France. *IntJEpidemiol*. 1997;26(1):47-57.
13. Havard S, Deguen S, Bodin J, Louis K, Laurent O, Bard D. A small-area index of socioeconomic deprivation to capture health inequalities in France. *Social Science & Medicine*. 2008;67(12):2007-16.
14. Gurfinkel EP, Leon de la FR, Mendiz O, Mautner B. Flu vaccination in acute coronary syndromes and planned percutaneous coronary interventions (FLUVACS) Study. *EurHeart J*. 2004;25(1):25-31.
15. Desroziers M, Matveieff M, Simon P, Simon V. L'influence des paramètres météorologiques sur le déclenchement de l'infarctus du myocarde en Haute-Garonne. *Climat et Santé*. 1990;4:65-94.
16. McHugh CA, Carruthers DJ, Edmunds HA. ADMS and ADMS-urban. *IntJEnvironPollut*. 1997;8(3-6):438-40.
17. Laurent O, Pedrono G, Segala C, Filleul L, Havard S, Deguen S, et al. Air pollution, asthma attacks and socioeconomic deprivation: a small-area case-crossover study. *Am J Epidemiol*. 2008;168:58-65.
18. Havard S, Deguen S, Zmirou-Navier D, Schillinger C, Bard D. Traffic-related air pollution and socioeconomic status: a spatial autocorrelation study to assess environmental equity on a small-area scale. *Epidemiology*. 2009 Mar;20(2):223-30.
19. Assuncao RM, Reis EA. A new proposal to adjust Moran's I for population density. *StatMed*. 1999;18(16):2147-62.