

Approche géographique de la relation entre pollution atmosphérique et santé

Aurélien HARIRÈCHE

Université de Pau et des Pays de l'Adour

L'air est considéré comme pollué lorsque l'on y trouve la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de ses constituants susceptible de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une gêne. Les études épidémiologiques montrent qu'il existe un lien réel entre pollution atmosphérique et santé. Divers polluants constituant la pollution de l'air ont été repérés et leur influence sur la santé humaine tend à être connue. Néanmoins, cette connaissance provient d'études épidémiologiques qui s'appuient sur des données hospitalières et des décès. Le rapport entre pollution et santé se fait par extrapolation des données. Ainsi, les résultats sont-ils réellement objectifs ? Une autre méthode, plus près de la population, existe aussi : la méthode du questionnaire. Mais existe-t-il une différence entre les deux méthodes ? Et influent-elles sur les résultats ? De plus, quelle est la spatialisation précise des études ? Celles-ci sont-elles organisées de façon homogène ou hétérogène ?

L'enjeu actuel se trouve donc en cet aspect : des études existent mais les résultats sont-ils à la hauteur des méthodologies. Quels liens subsistent entre les deux parties ?

1. La pollution atmosphérique : une combinaison de divers polluants

L'air est condamné, irrévocablement à être pollué par les actions de l'homme. Cette pollution se définit à travers divers polluants qui auraient des effets néfastes sur la santé humaine. Nous nous concentrerons sur les cinq polluants principaux. Les autres polluants apparaissent comme moins nocifs. Deux types de polluants peuvent être distingués : les polluants primaires et les polluants secondaires.

1.1. Les polluants primaires

Les polluants primaires sont considérés comme émis directement par les sources qui sont dites identifiées (automobile, industries...). Ils ne sont en aucun cas transformés.

1.1.1. Dioxyde de soufre : SO₂

Le dioxyde de soufre est l'un des polluants atmosphériques phares des agglomérations industrialisées (62,1% des émissions sont dues aux rejets industriels). En effet, il résulte des diverses combustions des charbons et des fuel-oils. Ces derniers sont très souvent fréquents dans les centres industriels du fait, par définition, de leurs activités. Lors de cette combustion, se dégage alors du soufre. Ce soufre va alors se mélanger à l'oxygène, ce qui produira le dioxyde de soufre.

La toxicité du dioxyde de soufre se trouve lors de l'inhalation du polluant : ce polluant est source de légers problèmes physiques comme l'irritation des yeux, ou bien une irritation des voies respiratoires. Pour une exposition de courte durée, dans un environnement où la présence du dioxyde de soufre est moyenne, l'homme ne risque pas de problèmes graves.

Néanmoins, lorsque l'on considère une exposition prolongée, les conséquences s'aggravent. En effet, au-delà des irritations oculaires et cutanées et de légères gênes respiratoires, le dioxyde de soufre peut provoquer des bronchites chroniques et des pharyngites. Ce polluant entraîne et aggrave l'incidence de ces maladies. Il est considéré que pour une

concentration de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ les incidences du polluant sur la santé sont conséquentes : il peut engendrer des effets morbides (toux chroniques, dyspnée, infections) comme provoquer le décès (due à des maladies respiratoires ou cardio-vasculaires) dans les cas les plus graves.

Le dioxyde de soufre peut donc devenir très dangereux, lors d'expositions prolongées, lorsqu'il touche des organismes plus ou moins faibles. Et souvent, il intervient en synergie avec les particules présentes dans l'air, ce qui présente encore un facteur aggravant.

1.1.2. Le monoxyde de carbone : (CO)

Ce polluant semble être le moins nommé lorsqu'on rapporte les termes de pollution atmosphérique et de santé. Il apparaît essentiellement lorsque l'on considère la pollution intérieure. En effet, ce polluant est caractéristique de pollution due au mauvais entretien de chauffage, ou d'eau chaude sanitaire. Néanmoins, il est aussi présent, à l'extérieur, dans l'atmosphère. Il est le résultat d'une combustion incomplète des divers gaz à échappement. Ce type de pollution se trouve surtout dans les sites urbains car le polluant provient des véhicules à moteur à explosion. Comme les autres polluants, le monoxyde de carbone est incolore et inodore.

Lors d'une combustion incomplète, les atomes de carbone ne se combinent qu'avec un seul atome d'oxygène, ce qui produit alors du monoxyde de carbone. Cela se produit lorsqu'il n'y a pas assez d'atomes d'oxygène. Ce polluant formé va ainsi fonctionner : dans notre organisme, il prendra la place des atomes d'oxygènes, puis il va aller se fixer sur l'hémoglobine du sang, en remplaçant l'oxygène. Alors le fonctionnement du corps sera perturbé par un manque plus ou moins important d'oxygénation du système nerveux.

Les conséquences de ce polluant peuvent être très importantes. Néanmoins, la source d'intoxication ne provient pas uniquement de l'air. Il semble qu'il y ait souvent une combinaison des sources : pollution atmosphérique, tabac, pollution domestique... La présence de monoxyde de carbone se traduit généralement ainsi : lors d'une faible intoxication, on note la présence de maux de tête. Mais plus l'intoxication est conséquente, plus les symptômes sont importants et dangereux. Le sujet « malade » est atteint de nausées, de vomissements et de lésions cérébrales. Dans les cas extrêmes cette intoxication entraîne le coma, voire le décès.

1.1.3. Les oxydes d'azote : (NO)

Le dioxyde d'azote représente une combinaison entre différents atomes : un atome d'azote (N) et de deux atomes d'oxygène (O_2). Cette combinaison formera le dioxyde d'azote (NO_2).

Au départ, les oxydes sont une constituante normale de l'atmosphère. Ils ne sont pas signe de pollution atmosphérique. La teneur de l'air en oxydes d'azote est évaluée entre 10 et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (selon les données météorologiques).

Généralement, le dioxyde d'azote provient d'une combustion de charbon, de pétrole ou de fuel. On considère que 32% des émissions de ce polluant dans l'air proviennent des diverses combustions dues au véhicules (moteur à combustion interne) et surtout aux automobiles diesel. Il est important de noter que les pics de concentrations de dioxyde d'azote dans l'air sont plus dangereux qu'une même concentration sur une période longue.

Les oxydes d'azote, sont plus solubles que l'azote vont se déposer plus aisément dans la partie supérieure de l'appareil respiratoire humain. Le dioxyde d'azote reste nocif seulement à des concentrations très élevées, cela bien évidemment pour des organismes sains. Il entraîne des troubles de la fonction respiratoire (des irritations notamment) mais aussi des irritations au niveau des yeux. Pour les individus asthmatiques, le dioxyde d'azote renforce leur sensibilité respiratoire et augmente donc les crises d'asthme ; il peut aussi provoquer une hyper réactivité bronchique. Ce polluant reste considéré comme toxique même s'il n'existe que quelques lieux

(exceptionnels) où sa dose est supérieure à $1\text{mg}/\text{m}^3$. Le dioxyde d'azote est donc un gaz irritant, pénétrant par les voies respiratoires.

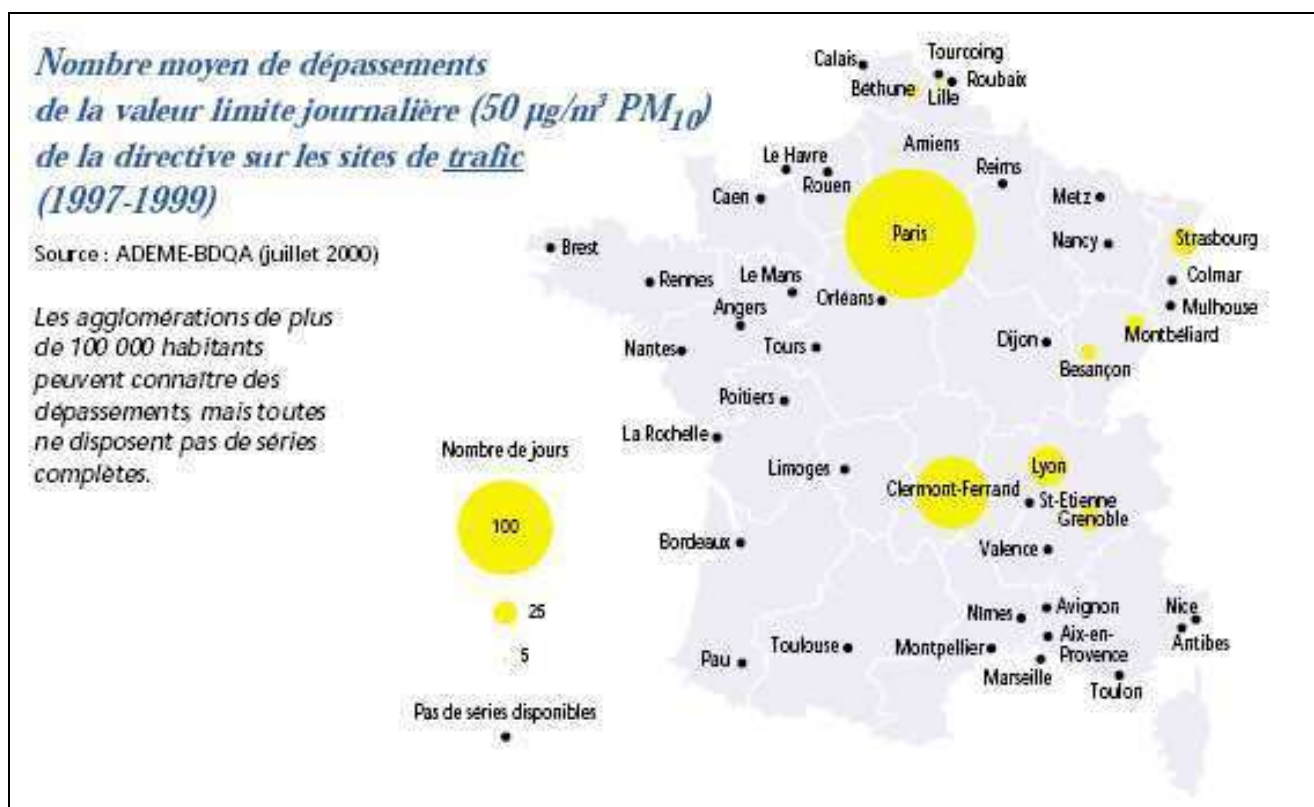
1.1.4. Les particules

La pollution par particules correspond à celle dégagée par les industries sidérurgiques, par les cimetières, l'ensemble des incinérations des déchets et enfin la circulation automobile. Les particules sont aujourd'hui une des pollutions atmosphériques les plus redoutées et ainsi les plus surveillées. Le nombre de mesures a plus que doublé au cours des dernières années. Les particules sont un type de pollution différent des autres : en effet, elles ne sont pas sous forme de gaz mais sous forme liquide ou solide.

Les particules peuvent être classées en deux groupes : les particules fines et les particules de grosse taille. Les particules les plus grandes possèdent un diamètre inférieur à 10 micromètres (PM_{10}) et les plus petites mesurent 2,5 micromètres de diamètre ($\text{PM}_{2,5}$). Il existe même des particules ultrafines de moins de 1 micromètre de diamètre. Les particules sont dangereuses à cause de leur densité dans l'air mais aussi de leur composition chimique. Leurs effets néfastes pour l'homme ont donc deux origines. Très souvent, la concentration de particules se traduit visuellement : on les nomme les fumées noires. Il est aujourd'hui un des polluants atmosphériques les plus redoutés, donc un des plus mesurés.

Les conséquences néfastes sont dépendantes de la taille des particules. Ces dernières sont intégrées dans le corps humains par inhalation. Les particules les plus grosses se localisent dans la partie extra thoracique : c'est-à-dire le nez, la gorge, et le larynx. En revanche, les particules dites ultrafines se déposent dans les alvéoles pulmonaires. Elles vont ensuite pénétrer dans le sang. À partir de là, le danger est très important. Car, ayant atteint le sang, les particules ultrafines peuvent atteindre les organes vitaux.

Au-delà de la taille, la composition a une part prépondérante dans le danger. Si ces particules sont composées d'hydrocarbures cancérigènes, de fluor ou de métal, le corps ingérant peut présenter une grave maladie, voire décéder. Une campagne d'étude (60 études réalisées) menée dans 35 villes a abouti à la conclusion suivante : pour une augmentation de $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgrammes par mètre cube) de PM_{10} et de $5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$, l'accroissement du risque de mortalité à court terme est estimé entre 0,5 et 1,5%. Les effets des particules sur la santé sont d'autant plus forts sur les sujets les plus fragiles : les personnes âgées et les enfants.



1.2. Les polluants secondaires

Ces derniers résultent d'un changement chimique, d'une réaction chimique ou photochimique (rayonnement solaire). Après émission, ils se transforment au contact de l'air ou d'autres polluants. Ils restent cependant souvent plus agressifs que les primaires. Le principal polluant secondaire est l'ozone.

L'ozone, tel qu'il est connu dans le langage commun est la haute couche présente dans l'atmosphère qui nous protège des rayons solaires. Elle ne laisse passer que les rayons UV non dangereux pour le corps. Cependant, lorsque l'on considère la pollution atmosphérique, l'ozone est un polluant. Il agit de façon néfaste sur notre organisme.

L'ozone est un gaz qui prend naissance lors de la transformation de certains polluants comme le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote et les hydrocarbures. Ces polluants, au contact des rayons solaires vont dégager l'ozone. Il reste peu dangereux sur les sites non pollués, mais lorsqu'il est en contact de milieux pollués et ensoleillés, sa proportion dans l'air croît de façon très importante. C'est dans ce cas qu'il est nocif.

Ce polluant est considéré comme très nocif pour l'homme. Il est un oxydant puissant, il est la cause des différentes irritations des yeux, de la gorge et des bronches. Son aspect dangereux demeure dans la quantité inhalée par l'être humain. La moitié va s'intégrer dans les voies oculaires. Tout cela va entraîner une réactivité bronchique, et faciliter des infections respiratoires. Les asthmatiques sont aussi touchés par l'ozone. Ce dernier engendre une baisse des défenses et donc une augmentation de la sensibilité respiratoire : les crises d'asthme en seront la conséquence.

1.3. Populations touchées

Il apparaît comme une évidence que toutes les populations, toutes les sociétés sont touchées par la pollution atmosphérique. À l'intérieur d'une population globale, il est possible de dégager différentes classes selon le critère de l'âge.

Tout d'abord, deux types de personnes semblent être plus fragiles face à la pollution atmosphérique : les nouveaux nés et enfants, mais aussi les personnes âgées.

Les enfants sont donc une des proies faciles pour la pollution atmosphérique. Une étude conduite sous la direction de chercheurs de l'Université de sud Californie (États-Unis) en septembre 2004 démontre qu'au contact d'un air pollué, ils ont 5 fois plus de chances d'encourir un risque de perturbation de la fonction pulmonaire. Un contact régulier avec un air pollué réduit de 20% leur activité pulmonaire normale. Dans certains cas, les effets peuvent aller jusqu'à l'apparition de cancer. Il est à noter que le polluant le plus dangereux pour les enfants provient des émissions de véhicules et des carburants fossiles (entre autre le monoxyde de carbone).

Les personnes âgées (plus de 65 ans) sont aussi une population très fragile face à la pollution. Toutes les études menées montrent une corrélation entre pollution et morbidité/mortalité, plus importante que sur les autres tranches d'âge. L'épisode de la canicule en France lors de l'été 2003 en est l'exemple flagrant. La chaleur (d'après certaines études) n'est pas une cause de mortalité directe. Cependant, la chaleur engendre une augmentation de la concentration de ces polluants : PM10, SO2, NO2,

Les relevés hospitaliers permettent de montrer les conséquences de la pollution par l'ozone sur les organismes : elle entraîne certaines pathologies cardio-respiratoires graves telles que l'infarctus, l'insuffisance cardiaque, l'asthme et les bronchites. Les personnes de plus de 65 ans de sexe masculin sont plus touchées que celles de sexe féminin.

2. Les différentes méthodes de recueil des données

Différentes enquêtes ont permis d'établir les liens entre pollution et santé. Néanmoins, ces enquêtes ne sont pas toujours identiques : les méthodes, les populations étudiées sont différentes. En cela, se pose la question de savoir dans quel cadre, une méthode est meilleure qu'une autre, et s'il existe une méthode objective et efficace. Pour tenter de l'étudier, il semble opportun de prendre comme support certaines grandes enquêtes qui ont déjà été effectuées.

2.1. Le programme Primequal-Prédit : point de départ des recherches.

Le programme Primequal (programme de recherche interorganisme pour une meilleure qualité de l'air à l'échelle locale) a été lancé en 1995 par l'État. Il est soutenu par le ministère de l'Aménagement du territoire. Les recherches sont menées par des membres du CNRS, de l'INSERM... Le programme a déjà permis 150 actions de recherche sur la pollution atmosphérique locale. Son principal objectif est d'acquérir la connaissance approfondie sur les problèmes de pollution, ce qui permettra ensuite d'élaborer des stratégies d'actions publiques. Les recherches s'intéressent à tout le système de la pollution, de ses sources à ses conséquences sur la santé.

2.2. Les études épidémiologiques réalisées grâce à des données concernant mortalité et morbidité.

2.2.1. PSAS-9 : une étude à l'échelle nationale

Cette campagne est une étude française dont le commanditaire est l'État. PSAS-9 représente un programme de surveillance de l'air et de la santé dans 9 villes choisies. Ce programme a été créé pour répondre aux attentes de la loi sur l'air (LAURE). Les 9 communes choisies sont : Bordeaux, Le Havre, Lille, Marseille, Lyon, Paris, Rouen, Strasbourg et Toulouse. Ces villes ont été choisies du fait de leur taille car l'enquête a pour but d'être représentative.

Les objectifs : Il s'agit d'étudier les risques sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique sur une population donnée. Ainsi, il sera alors possible d'exercer une évaluation correcte de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, et de renforcer l'expertise locale de surveillance épidémiologique. En quelque sorte, le programme PSAS-9 est un outil évolutif pour étudier la pollution atmosphérique et ses conséquences pour l'homme.

L'organisation du système de surveillance : le programme s'est organisé selon 7 grands pôles de surveillance (les villes citées sauf Paris). Quand à la capitale, elle possèdera à elle seule son projet, nommé ERPURS. Là encore, les données hospitalières sont prises en compte, de même que le nombre de décès. Cela permettra une extrapolation des données pour enregistrer une corrélation pollution et conséquences sur la santé.

Ces collectes de données ne correspondent qu'à divers relevés de chiffres représentant les hospitalisations, les décès. Tout cela, sera ensuite mis en relation avec les connaissances déjà acquises par les études épidémiologiques. Il reste très difficile de trouver des enquêtes exercées auprès des populations ; pourtant ces enquêtes permettraient de mettre en relation la pollution atmosphérique à travers la perception des populations, mais aussi le ressenti de cette nuisance et donc les effets directs de la pollution sur l'homme. Ensuite, l'extrapolation serait possible pour lier les deux types d'enquêtes.

2.2.2. ERPURS

Cette évaluation des risques sanitaires fut financée par le conseil régional mais aussi d'autres partenaires dont l'État. ERPURS est un programme d'étude lancé à l'échelle régionale. En effet, la zone étudiée est la région Île-de-France. L'objectif principal de ce programme est toujours la surveillance épidémiologique de la qualité de l'air, et ainsi les relations entre les thèmes de santé et environnement.

La méthode habituelle, utilisée régulièrement par les différents organismes enquêteurs, est utilisée ici (PSAS-9, APHEIS...) : la méthode d'analyse scientifique. À travers elle, il est dorénavant possible d'analyser les niveaux de chaque polluant atmosphérique.

L'étude s'exerce sur une période relativement longue, car il ne faut pas oublier de prendre en compte les variations des indicateurs selon les époques : jours fériés, vacances, épidémies, et conditions météorologiques.

Les diverses valeurs des polluants (voir ci-dessus) sont obtenues grâce à des stations « dites de fond » qui enregistrent les valeurs. Ces enregistrements ne sont jamais réalisés près des sources d'émissions pour ne pas fausser le résultat. Les indicateurs de polluants ont pour référence le niveau de base non dépassé pendant au moins 18 jours dans l'année (jours les moins pollués).

En ce qui concerne les données sanitaires, c'est-à-dire la mortalité et la morbidité, des classes ont été créées, et ce par causalité. L'étude prend en compte les décès pour causes non accidentelles, pour causes respiratoires, pour causes cardiovasculaires ; mais aussi les hospitalisations, pour causes de maladies respiratoires, pour asthme, pour broncho-pneumopathies, pour maladies de l'appareil circulatoire, et enfin les hospitalisations pour cardiopathies ischémiques.

Dans un souci de précision, l'étude considère chaque polluant à travers ses effets propres mais aussi les effets indirects du polluant induits par la constitution d'autres polluants.

2.3. Certaines études, basées sur la méthode du questionnaire, proposent une évaluation de la pollution atmosphérique par la population.

Une des enquêtes les plus connues est celle effectuée sur l'agglomération de Dunkerque.

2.3.1. *Méthodologie de l'enquête.*

L'enquête fut réalisée auprès d'un échantillon de 500 personnes représentatives de la population de la communauté urbaine, à l'aide d'un questionnaire standardisé (comportant une appréciation quotidienne de la pollution atmosphérique).

2.3.2. *Résultats de l'enquête.*

Même s'il est admis que la population de l'agglomération de Dunkerque ne possède qu'une connaissance empirique de la pollution atmosphérique (50,2% de la population l'identifie avec un effet visuel telles que les fumées noires, les poussières...), la pollution de l'air reste pour une grande majorité (92%) une particularité de la région. En cela, il est possible de « couper » la zone d'étude en deux parties : un territoire où les communes sont exposées aux usines (groupe A) et un autre territoire où les communes n'y sont pas exposées (groupe B).

Ainsi, il apparaît une corrélation entre la pollution atmosphérique et le lieu d'habitat. Les personnes habitant dans le groupe A pensent que l'air est mauvais au contraire du groupe B qui dit avoir un air de qualité moyenne.

De plus, il existe un fort décalage entre la réalité et les pensées des individus. Pour 81% de la population, la pollution atmosphérique est en pleine expansion dans la région, alors qu'en réalité, les mesures des polluants montrent qu'ils sont en baisse. Cela semble dû à la représentation que se font les personnes de la région. L'industrie est toujours présente, et elle semble se renforcer sur ce territoire.

Au-delà de ce décalage, les individus interrogés sont unanimes : la pollution de l'air engendre un effet sur la santé (91% de la population le pense). Ces problèmes sont en l'occurrence les infections respiratoires et les problèmes pulmonaires. 37% des individus disent aussi que l'asthme est un effet de la pollution atmosphérique, 6% pensent au cancer et 9% aux allergies.

En cela, il est possible de classer la population en sous-groupes : chaque groupe possède un comportement spécial face à la pollution, une appréciation de la pollution :

- Groupe 1 : Les habitants sont attachés au lieu, ils sont assez gênés mais restent passifs face aux polluants. (39% des individus interrogés).
- Groupe 2 : Les habitants sont peu gênés, passifs face à la pollution et ils envisagent la fuite du territoire. (17% des individus).
- Groupe 3 : Les habitants sont très gênés, veulent réagir et sont attachés à leur territoire. (17% des individus).
- Groupe 4 : les habitants ne ressentent aucun gêne, mais sont attachés à leur lieu. (27% des individus).

La région présente donc une pollution excessive pour une grande part de la population. Cette dernière en ressent des effets néfastes mais ne réagit point.

En définitive, les conclusions des deux méthodes d'enquêtes sont relativement identiques. La pollution atmosphérique est néfaste pour les populations et engendre des conséquences négatives sur la santé humaine. Les populations ne connaissent pas les effets réels de chaque polluant mais elle semble en ressentir la présence. C'est en cela que l'enquête par la méthode du questionnaire est plus subtile. Elle représente bien le ressenti des individus et cela est ce qui importe le plus. Les conséquences des polluants sur la santé sont plus ou moins connues mais il devient important de mesurer l'impact considéré par les populations.

Bien qu'il soit quasiment impossible de créer une méthode totalement objective, il est possible de regrouper deux méthodes pour l'obtention d'un résultat plus neutre et donc plus convaincant. Ce résultat permettrait d'évaluer quel est l'impact sur les individus, tant au niveau

de sa subjectivité (perception, ressenti, psychologie...) que sur le plan de la santé (données hospitalière, décès, ainsi que tout résultat le plus objectif possible). Alors, toutes les dimensions de la relations pollution atmosphérique et santé serait connues. Car comment évaluer le stress, par exemple, sans données subjectives ? Ce croisement d'étude situerait alors les conséquences de la pollution atmosphérique sur la santé humaine entre objectivité et subjectivité : donc toutes les composantes de l'homme...