



Ingénieur du Génie Sanitaire

Promotion : **2013 - 2014**

Date du Jury : **octobre 2014**

Prévoir et prévenir les inégalités environnementales en Aquitaine

Florence REBILLE

Organisme d'accueil : ARS Aquitaine – Délégation territoriale des Landes

Référents professionnels : Bernard Laylle et Claire Morisson

Référent académique : Séverine Deguen

R e m e r c i e m e n t s

J'exprime ma reconnaissance envers Madame Catherine Le Mercier pour son accueil au sein de sa délégation et son intérêt au quotidien pour le sujet. Je congratulate Bernard Laylle et Claire Morisson pour le choix pertinent du mémoire et leur participation au cheminement de ce rapport.

Je tiens à témoigner de ma gratitude envers ceux qui m'ont apporté leur expertise sur le sujet et m'ont ainsi permis d'avancer dans mes réflexions : Viviane Ramel, Cyrille Harpet et Severine Deguen. Leurs conseils ont considérablement amélioré ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à ceux qui m'ont fourni les informations et renseignements nécessaires :

- Julien Caudeville de l'INERIS
- André Ochoa de l'ORSA
- Pierre-Yves Guernion de AIRAQ
- Pascal Nancy de la DREAL Aquitaine
- Anne Tourdot de la DREAL Aquitaine
- Emmanuelle Fiard

Je remercie très chaleureusement tous les membres de la délégation territoriale des Landes et en particulier l'équipe du service Santé-Environnement : Christophe, Didier, Evelyne, Karine, Loïc, Pascal, Sophie, Sylvie, Valérie et Yolande de m'avoir intégrée à leur équipe et pour avoir fait preuve d'une grande attention à mon égard. Leur aide explique la réussite de ce stage.

Un grand « Merci ! » à Aline, Alexis et Michel pour leurs corrections et remarques.

Enfin, je tiens à rendre hommage à mes parents qui m'ont toujours soutenue et encouragée durant mes études. Leur soutien sans faille me permet d'atteindre mes ambitions et contribue à mon épanouissement.

S o m m a i r e

Introduction	6
Titre I : Les inégalités environnementales, un problème de santé publique	8
Partie 1 : Les inégalités environnementales : un problème de santé publique.....	8
I. Les inégalités de santé	8
II. Lien inégalités environnementales-inégalités de santé.....	10
III. Etat des lieux des inégalités	12
Partie 2 : Perception des inégalités au sein des politiques de Santé	13
I. La naissance du concept	13
II. Différentes perceptions en Europe	14
III. Un développement long et difficile en France.....	16
Partie 3 : Le Plan National Santé et Environnement, outil majeur de réduction des inégalités environnementales.....	19
I. Les inégalités environnementales dans les PNSE.....	19
II. La délicate évaluation du PNSE 2 en matière de réduction des inégalités environnementales	20
III. Des espoirs pour la suite du PNSE 2.....	22
Titre II : Méthodes et approches de représentation des inégalités environnementales	25
Partie 1 : La plateforme intégrée PLAINE de l'INERIS	25
I. Présentation de l'outil PLAINE.....	25
II. Applications de l'outil.....	29
III. Discussion autour de l'utilisation de PLAINE par l'Aquitaine.....	30
Partie 2 : Le programme de recherche d'Equit'Area	32
I. Présentation de l'approche	32
II. Premiers résultats	35
III. Discussion autour de l'approche Equit'Area	38
Partie 3 : L'approche des inégalités environnementales par la région PACA	40
I. Présentation de l'approche	40
II. Résultats.....	42
III. Une approche à optimiser	44
Titre III : Comment représenter les inégalités environnementales en Aquitaine ?	48
Partie 1 : Etat des lieux en Aquitaine	48
I. Etude des nuisances environnementales.....	48
II. Etude des données socio-économiques et sanitaires.....	49
III. Bilan de l'étude descriptive en Aquitaine	51
Partie 2 : Discussion autour des trois approches, laquelle pour l'Aquitaine ?	52

I. Comparaison des trois approches	52
II. Données pertinentes pour l'Aquitaine.....	57
III. Exploitation et représentation des inégalités environnementales en Aquitaine	62
Partie 3 : Discussion et perspectives	63
I. Représenter les inégalités : un travail complexe.....	63
II. Lien avec des données sanitaires et socio-économiques.....	67
III. Valorisation du mémoire.....	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	69
Bibliographie	70
Liste des annexes.....	I

Liste des sigles utilisés

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
ACP : Analyse en Composantes Principales
AFM : Analyse Factorielle Multiple
ARS : Agence Régionale de la santé
BASIAS : Base de données des anciens sites industriels et activités en service
BASOL : Base de données des sites et sols pollués nécessitant ou ayant nécessités une intervention de l'Etat
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CAH : Classification Ascendante Hiérarchique
CIRCE : Cancer Inégalités Régionales, Cantonales et Environnementales
CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DGS : Direction Générale de la Santé
DJE : Dose Journalière d'Exposition
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement et de l'Aménagement du Logement
EHESP : Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique
EPER : European Pollutant Emission Register
ETM : Elément Trace Métallique
FNORS : Fédération Nationale des Observatoires Régionaux de la Santé
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IDE : Indice de Défavor Environnementale
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
IRSET : Institut de Recherche en Santé Environnement et Travail
MEDDE : Ministère de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Energie
NO₂ : Dioxyde d'Azote
O₃ : Ozone
ORS : Observatoires Régionaux de la Santé
PLAINE : Plate forme
PM₁₀ : Particule fine dont le diamètre moyen est inférieur à 10 microns
PM_{2,5} : Particule fine dont le diamètre moyen est inférieur à 2,5 microns
PNSE : Plan National Santé Environnement
PPPI : Parc Privé Potentiellement Indigne
PRSE : Plan Régional Santé Environnement
RMQS : Réseau de Mesures de la Qualité des Sols
IRIS : Îlots Regroupés pour l'Information Statistique

I n t r o d u c t i o n

La problématique des inégalités de santé fait désormais partie des préoccupations majeures des acteurs de santé publique. Parmi les facteurs y contribuant, on évoque souvent les conditions socio-économiques mais elles ne demeurent pas les seules.

L'environnement est depuis longtemps reconnu comme un des déterminants de la santé. Pourtant apparu dans les années 1970 aux États-Unis, le concept des inégalités environnementales est repris seulement dans les années 2000 en France. Depuis, leur réduction s'inscrit dans de nombreux programmes nationaux, en particulier dans le Plan National Santé Environnement 2 (PNSE 2).

Avant d'instaurer des mesures pour leur réduction, il convient au préalable de les définir et de les caractériser. Qui sont-elles ? Où sont-elles ? Quelles sont leurs origines ? Quelle est la population touchée ? Différents projets ont été entrepris pour leur étude. L'environnement étant un domaine vaste et complexe, les modèles multi milieux permettant la prise en compte de plusieurs facteurs simultanément sont adaptés.

Avec un territoire particulièrement varié, la région Aquitaine peut également être concernée par le problème. En effet, on y trouve des zones plus ou moins rurales, plus ou moins urbanisées (avec des grandes agglomérations), des reliefs montagneux, un littoral très étendu... De plus, la région est économiquement dynamique avec des productions industrielles et agricoles importantes. Sa population est également très hétérogène socio-économiquement, culturellement et démographiquement. Il résulte des nuisances environnementales subies qualitativement et quantitativement très différentes. Les caractériser est indispensable afin d'identifier les leviers qui permettront leur réduction.

Ce mémoire est composé de trois grandes parties. La première fait état de l'art du concept des inégalités environnementales. La deuxième analyse trois approches qui étudient les inégalités dans leur ensemble : l'outil PLAINE, le programme de recherche Equit'Area et la caractérisation des inégalités environnementales en région Alpes-Provence-Côte d'Azur (PACA). Enfin, la dernière partie proposera une méthodologie pour décrire les inégalités environnementales en Aquitaine.

Les objectifs de ce mémoire sont ainsi de :

- Définir les inégalités environnementales et leurs potentielles conséquences sur la santé, et leur prise en compte dans les politiques publiques
- Analyser trois approches de caractérisation des inégalités environnementales pour en extraire les points forts

- Orienter et guider la région Aquitaine dans une démarche de caractérisation des inégalités environnementales sur son territoire.

Titre I : Les inégalités environnementales, un problème de santé publique

Partie 1 : Les inégalités environnementales : un problème de santé publique

I. Les inégalités de santé

L'espérance de vie n'a cessé d'augmenter et plus particulièrement ces cinquante dernières années, passant de 46,9 ans en 1950 à 68,7 ans en 2005 grâce à l'amélioration de l'état de santé et des conditions de vie de la population. Cependant, ce résultat est entaché d'importants écarts de santé entre différents groupes de population, écarts dépendant des caractéristiques socio-économiques des individus (Observatoire des inégalités, 2014). Il convient de comprendre et de connaître l'origine de ces inégalités pour engager une politique de lutte adéquate.

Définition

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit les inégalités sociales de santé comme des « *différences en ce qui concerne l'état de santé ou la répartition des ressources entre différents groupes de population qui découlent des conditions sociales dans lesquelles les gens naissent, grandissent, vivent, travaillent et vieillissent*¹ ». Cette définition comprend deux notions :

- Des différences d'état de santé ou de répartition des ressources : elles peuvent être observées au niveau des taux de mortalité, de l'incidence et/ou de la prévalence de certaines maladies, de mauvais comportements ou encore d'expositions à des substances néfastes à la santé (point que nous développerons plus tard) entre des individus issus d'un milieu aisé et des individus issus d'un milieu défavorisé.
- Les origines ou les causes de ces différences : elles sont les conséquences des conditions dans lesquelles les gens vivent. Ces conditions découlent bien souvent du statut social des individus.

Ces inégalités sont qualifiées d'injustes ou inéquitables lorsqu'elles découlent de circonstances qui pourraient être évitables et qui sont indépendantes de la responsabilité des personnes. (Harpet et Le Gall, 2013).

Les inégalités suivent un gradient social : plus la condition est basse, moins la santé est bonne. Il ne s'agit donc pas de se limiter à l'étude de la population la plus défavorisée, car les autres subissent également des nuisances bien que moins importantes. Elles ne

¹ Organisation mondiale de la Santé (OMS), 1946. Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé

concernent pas uniquement les situations de précarité, de pauvreté ou d'exclusion sociale, elles persistent au sein de toute la société (Haut Conseil de Santé Publique HCSP, 2009). A titre d'illustration, un ouvrier a une espérance de vie à 35 ans de sept ans inférieure à celle d'un cadre supérieur, même s'ils possèdent tous les deux un emploi, un logement et une insertion sociale (Lang, 2010).

Origines des inégalités de santé

La santé est définie par l'OMS comme « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (OMS, 1946). Elle est donc la résultante de nombreux facteurs pouvant être à l'origine d'inégalités de santé. Ces facteurs peuvent être regroupés par famille que l'on appelle les déterminants de santé.

Dahlgren et Whitehead² ont établi un schéma explicatif de l'influence et de l'interaction entre ces différents déterminants et leur contribution aux inégalités de santé :

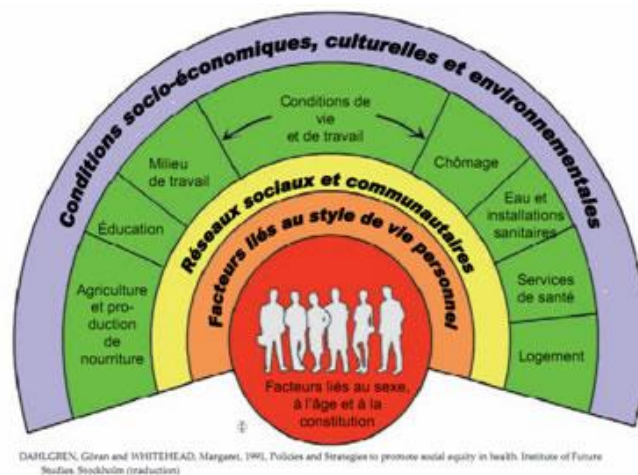


Figure 1 : Les déterminants de la santé selon Dahlgren et Whitehead

Cinq déterminants de santé ressortent de ce schéma :

- Les caractéristiques biologiques des individus.
- Les comportements et styles de vie
- Les réseaux sociaux et communautaires
- Les conditions de vie et de travail (emploi, besoins fondamentaux : alimentation, hydratation, système de soin et éducation)
- Les conditions socio-économiques, culturelles et environnementales

Ces déterminants peuvent être établis avant la naissance, dépendre des conditions de vie de chacun et évoluer au cours du temps. Ils sont difficiles à dissocier les uns des autres. Il s'avère donc très complexe d'étudier leurs impacts respectifs sur la santé de l'individu (Ramel, 2011).

² Dahlgren et Whitehead, 1991. « What can we do about inequalities in health ». *The lancet*, 1991, n° 338 : p. 1059–1063

Ainsi les différences d'état de santé entre les individus ne proviennent pas uniquement des différences biologiques ou génétiques ; d'autres facteurs sociaux, politiques, économiques et culturels entrent aussi en jeu. Il est donc complexe, voire impossible, d'attribuer un état de santé (par exemple une maladie) à un seul facteur. Les maladies sont le plus souvent plurifactorielles et l'environnement est l'un de ces facteurs.

II. Lien inégalités environnementales-inégalités de santé

Il n'est plus à démontrer que l'environnement joue un rôle majeur dans l'état de santé de la population. Agir sur des paramètres environnementaux s'avère être ainsi un levier judicieux pour lutter contre les inégalités de santé.

L'environnement et la santé deux dimensions indissociables

En 2006, 24% du fardeau de la maladie (réduction de l'espérance de vie en bonne santé) et 23% de la mortalité prématurée étaient dus à des facteurs environnementaux dans le monde (Ramel, 2011). D'ailleurs, les relations entre environnement et santé sont très anciennes. Leur compréhension a entraîné le développement de l'hygiénisme, outil majeur d'intervention sanitaire, avant l'apparition des techniques médicales (Roussel et Charles, 2011).

Plusieurs études (Deguen et Zmirou-Navier, 2010 ; Forastière et al., 2007 ; OMS, 2012,...) ont retrouvé le même gradient social dans les expositions environnementales et dans les inégalités de santé. Les populations socio-économiquement défavorisées sont plus exposées à des nuisances et aux pollutions environnementales. A cela, s'ajoute une plus grande sensibilité aux effets sanitaires de ces nuisances de par un moindre recours aux soins et des conditions de vie (travail difficile, habitat, hygiène, alimentation...) pas toujours optimales. Ceci renforce le lien avec les inégalités de santé.

Les mécanismes des inégalités environnementales ont été représentés par un schéma (cf. Annexe 1) dans un rapport de l'OMS sur le sujet (OMS, 2012). Il montre comment les variables sociodémographiques influencent la nature et la distribution des conditions environnementales, l'exposition, la relation dose-réponse et l'accès aux soins.

Ce lien nous amène à nous intéresser au concept des inégalités environnementales afin de comprendre leurs origines.

Les inégalités environnementales : quelle définition ?

Bien qu'employée depuis les années 2000 en Europe, l'expression « inégalités environnementales » reste floue. Selon les études et la discipline de leurs auteurs, la définition varie, pouvant se révéler parfois contradictoire (Boutaud, 2012). Un vocabulaire dense est utilisé pour aborder les inégalités environnementales : il est parfois question d'inégalités écologiques, d'iniquités environnementales ou encore d'injustice environnementale.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous limiterons aux inégalités environnementales qui « expriment l'idée que les populations ne sont pas égales face aux pollutions, aux nuisances et risques environnementaux, pas plus qu'ils n'ont un accès égal aux ressources et aménités environnementales » (Caudeville, 2013). Ces inégalités s'observent à l'échelle mondiale, nationale, régionale, communale et souvent même entre les quartiers. Elles se retrouvent pour de nombreux facteurs de risques environnementaux : qualité de l'eau, de l'air, du sol, de l'habitat ou encore de l'alimentation.

Quelles inégalités ?

Quatre types d'inégalités peuvent être évoquées (Laurent, 2011 ; Institut Français de l'Environnement, 2006) :

- Les inégalités territoriales concernent les différences de qualité des milieux entre les territoires et de répartition des groupes de population caractéristiques sur ces milieux. Certaines études (Kihal-Talantikite et al. ; 2013, Saib et al. ; 2014...) ont observé que les personnes aux revenus modestes vivaient dans les milieux de vie les plus défavorables.
- Les inégalités d'accès à l'urbanité et à un cadre de vie de qualité renvoient aux différences de facilité de mobilité, d'usage des espaces et des biens publics, d'accès aux services ainsi que les différences dans les choix des lieux de résidence.
- Les inégalités face aux risques désignent d'une part les inégalités de production et d'exposition aux nuisances environnementales (naturelles, technologiques ou sanitaires) et d'autre part les différences de réponses et de perception de ces nuisances et de protection face à ces risques. Un différentiel d'exposition est donc mis en évidence. : des groupes de populations sont plus exposés à des nuisances environnementales que d'autres. Il est couplé à un différentiel de « vulnérabilité » : les nuisances environnementales ont un impact sanitaire plus important chez les populations défavorisées pour une exposition donnée.
- Les inégalités de pouvoir réfèrent à la capacité d'agir sur l'environnement et d'interpeller la puissance publique pour améliorer le cadre de vie. Globalement les personnes les plus aisées semblent plus à même à se protéger et se faire entendre sur les problématiques environnementales (Boutaud, 2012).

Ainsi, l'expression « inégalités environnementales » ne se résout pas seulement à l'inégale répartition de concentration ou présence de nuisances environnementales (appelés aussi disparités territoriales), mais elle englobe aussi les caractéristiques propres à chaque individu. C'est pourquoi des actions doivent être entreprises spécifiquement pour chaque groupe d'individus (Harpet et Le Gall, 2013).

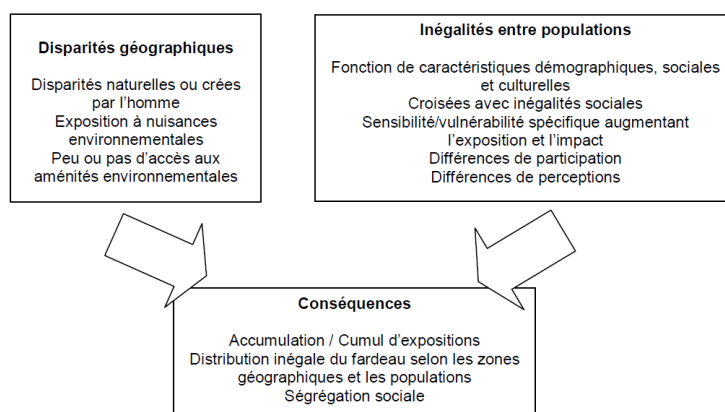


Figure 2 : Concept des inégalités environnementales (Ramel, 2011)

La notion de vulnérabilité reste très difficile à prévoir ou modéliser. Ainsi, la compréhension de ces inégalités passe d'abord par la représentation du différentiel d'exposition (Benmarhnia, 2009).

Bien qu'il soit très complexe d'associer l'état de santé à l'environnement au sens large du terme (qualité du milieu mais aussi accès aux aménités environnementales), il est intéressant d'étudier en parallèle les inégalités de santé et les inégalités environnementales dans le monde et en France, pour évaluer l'ampleur du problème.

III. Etat des lieux des inégalités

Les inégalités de santé et les inégalités environnementales peuvent s'observer à différentes échelles : internationale, nationale, et locale. Elles suivent malheureusement la même tendance que l'espérance de vie : elles augmentent (Observatoire des inégalités, 2014).

Dans le monde

La qualité de l'environnement et l'accès aux ressources diffèrent d'un pays à l'autre. Une illustration peut être donnée par des cartes, extraites du site de l'OMS³ et présentées en annexe 2. Elles montrent bien que la qualité de l'air extérieur ou de l'eau et leur conséquence sur les DALYs (Disability Adjusted Life Year) sont hétérogènes dans le monde avec des situations plus défavorisées en Afrique Subsaharienne pour la qualité de l'eau et en Asie du Sud pour la qualité de l'air.

Les facteurs socio-économiques sont mis en avant mais comme déjà évoqué, les facteurs environnementaux y sont fortement liés. Certes, les inégalités environnementales ne sont pas les seules responsables de ces écarts de santé, cependant, elles y contribuent plus ou moins fortement. L'échelle internationale permet de visualiser de forts contrastes entre les pays, sachant toutefois qu'au sein même d'un Etat, il existe souvent une grande hétérogénéité en matière de santé et de qualité de l'environnement.

³ Site internet OMS: cartothèque : <http://gamapserver.who.int/mapLibrary/app/searchResults.aspx>

En France

Pour illustrer le propos des inégalités observables à l'intérieur d'un pays, nous pouvons nous intéresser à la France, car les inégalités de santé y sont plus marquées que dans les autres pays de l'Europe (Haut Conseil de Santé Publique, 2009). Elles sont observées par des différences d'espérance de vie à la naissance entre les régions mais aussi par des différences d'état de santé (maladies, incapacités...). En toute logique, elles concernent aussi bien les maladies que leurs facteurs de risques, les deux étant liés. Le site score santé⁴ développé par la fédération nationale des observatoires régionaux de santé (FNORS) permet de les visualiser. On en y voit entre autres que le taux de mortalité prématurée le plus faible en France est de 170 pour 100000 en Rhône Alpes contre 273 au Nord-Pas-De-Calais pour le plus fort taux (cf. Annexe 2).

Ces inégalités constituent désormais une des préoccupations majeures des politiques de santé publique nationales mais aussi internationales. Selon la Commission des Déterminants Sociaux de la Santé (CSDH) de l'OMS, créée en 2005 pour lutter contre ce problème, « les inégalités tuent à grande échelle » (CSDH, 2008). Agir sur les déterminants environnementaux demeure un des leviers efficaces pour engager une lutte efficace.

Partie 2 : Perception des inégalités au sein des politiques de Santé

I. La naissance du concept

Le concept des inégalités environnementales est en parti hérité d'un mouvement dit « Environmental justice » apparu aux Etats Unis dans les années 1970. Ce mouvement porté par des communautés à la fois ethniques, religieuses et scientifiques, a permis de revendiquer des droits au nom du concept de justice environnementale. Sous l'impulsion des instances internationales, il s'est développé ensuite dans les pays anglo-saxons, puis dans certains autres pays européens.

Les Etats Unis précurseurs

L'idée des inégalités environnementales trouve ses origines aux Etats-Unis. A ses débuts, elle renvoyait au constat que les minorités raciales (en particulier les Africains-Américains, les hispaniques et les indiens) subissaient des discriminations sociales et de ce fait étaient victimes d'une plus forte exposition aux risques environnementaux (pollutions, déchets et inondations). Le terme employé était celui « d'injustices environnementales » puisqu'il concernait des ségrégations raciales et sociales. Ces injustices ont été reconnues par l'Executive Order, sous l'administration Clinton dans un texte de 1994. Ce texte visait à garantir que les impacts environnementaux des activités économiques et des infrastructures

⁴ FNORS, Site score santé : <http://www.scoresante.org/score2008/presentation.html>

n'affectent pas davantage les classes défavorisées. Cette contrainte doit depuis être respectée dans l'élaboration des projets d'implantation tels que des installations de traitement des déchets, des sites industriels polluants ou des extensions de pistes d'aéroports (IFEN, 2006).

Diffusion dans le monde

La notion d'inégalités environnementales est évoquée en Europe le 25 juin 1998 à Aarhus, lors de la quatrième conférence ministérielle du processus « Un environnement pour l'Europe ». L'article premier de la convention qui en est issue, nommée Convention d'Aarhus « *garantit les droits d'accès à l'information sur l'environnement, de participation du public au processus décisionnel et d'accès à la justice en matière d'environnement* » (Laurent, 2011). Peu à peu la réduction des inégalités environnementales s'inscrit dans les réunions et rapports institutionnels ainsi que dans les objectifs des plans et programmes en lien avec la santé et/ou l'environnement. On peut citer le rapport de l'OMS (A. Prüss-Üstün et Corvalán, 2006) qui évoque la nécessité d'élaborer des stratégies de lutte contre les problèmes de santé liés à l'environnement. Le programme de santé de l'Union Européenne 2008-2013 fait de la réduction des inégalités de santé en agissant sur les déterminants environnementaux, une des priorités, priorité reprise dans le nouveau programme 2014-2020 (European Commission, 2014).

Les Etats ont ainsi pris conscience de l'importance du sujet et ont réfléchi à des politiques publiques pour lutter contre ces inégalités. Cependant, la perception de celles-ci conditionne fortement les méthodes d'action.

II. Différentes perceptions en Europe

En Europe il existe différentes approches du concept des inégalités environnementales. Celles-ci sont liées à la culture sociopolitique, philosophique (conception de la justice, du droit et de l'environnement) et à l'organisation politico-institutionnelle de chaque pays. Ainsi la problématique est abordée différemment (Laigle et Tual, 2007). Ce paragraphe s'intéresse à la vision du concept en Grande-Bretagne, en Allemagne, en Italie et en Espagne et à son application sur le champ de l'aménagement du territoire.

En Grande-Bretagne

Pionnier européen sur le sujet dès le début des années 2000, le Royaume-Uni a inscrit la lutte contre les inégalités sociales et environnementales de santé dans une stratégie politique. L'approche est fondée sur l'idée portée par le mouvement de justice environnementale (« Environmental justice ») issu des Etats-Unis. Elle stipule le droit de tout individu de vivre dans un environnement sain. Ce droit fait parti des droits fondamentaux appelés aussi droits naturels. L'action publique de l'Etat doit contribuer à la protection de ce droit, tout en gardant à l'esprit que l'homme et l'environnement entretiennent des rapports

étroits. Il est donc nécessaire de préserver l'environnement pour sauvegarder l'humanité. Une volonté de réparer les situations jugées injustes est affichée. Les institutions ont d'ailleurs pris conscience de l'intérêt économique et socio-sanitaire de la qualité environnementale. Dès 2004, les pouvoirs publics britanniques ont inscrit les inégalités environnementales dans la stratégie de développement durable (Finidori, 2014).

Au niveau du développement urbain, l'objectif de résorption des injustices environnementales a été introduit dans la politique nationale de 2004 (National Sustainable Development Research Network). De plus, l'agence nationale pour l'environnement (Environment Agency) est régulièrement mandatée par le gouvernement pour intégrer la problématique dans les politiques nationales. Les ministères chargés de l'environnement et de la santé travaillent ensemble sur ce sujet transversal. Les collectivités sont ainsi sollicitées par des programmes nationaux visant à encourager le développement durable et restaurer un habitat et des espaces de vie favorables à un environnement de qualité. Chaque politique doit être évaluée en fonction de son impact sur l'environnement par les agences régionales de l'environnement avant leur mise en application.

Cependant le modèle présente des limites et ne s'avère pas toujours efficace pour la réduction des inégalités environnementales ; plusieurs raisons peuvent l'expliquer :

- Le relais entre les différents niveaux institutionnels (national, régional et local) n'est pas toujours assuré malgré l'impulsion du gouvernement
- La politique de développement durable doit être compatible avec le développement économique du territoire, ce qui soulève des contradictions et contraintes fortes.
- Quand ces politiques de développement durable sont mises en place, elles n'intègrent pas toujours des actions pour la réduction des inégalités environnementales (Laigle et Tual, 2007).

En Espagne et Italie

Les inégalités sont observées au travers des déséquilibres de développement entre les territoires. Ces déséquilibres engendrent des dégradations de l'environnement et/ou des ressources. Les différences d'attractivité, d'utilisation des ressources ou encore d'aménagement d'un territoire à l'autre peuvent en être à l'origine. L'action publique se doit de réparer les préjudices infligés, en s'appuyant sur des mécanismes de solidarité et des principes d'équité.

Dans ces pays, la décentralisation est de rigueur et c'est ainsi que les gouvernements régionaux contrôlent le développement urbain. On favorise une offre équilibrée entre les territoires et la réduction des niveaux d'exposition aux risques de la population, on parle « d'équité d'accès à la qualité de vie »

Au niveau du développement urbain, l'objectif est de maintenir les avantages des villes « compactes » : proximité, accessibilité, transports facilités..., tout en limitant les nuisances générées (habitat dégradé, trafic routier dense, rues insalubres...).

L'absence de cohésion nationale (pas de stratégie nationale de réduction d'inégalités environnementales, rôle marginal des structures institutionnelles intermédiaires, pas de plan national santé-environnement) demeure ici une vraie faiblesse à une prise en charge globale et transversale de la problématique. (Laigle et Tual, 2007).

L'Allemagne

Les inégalités environnementales sont abordées par la même approche qu'en Espagne et qu'en Italie. En revanche, l'accent porte plutôt sur la qualité du milieu que sur l'accès à la qualité de vie. L'Etat fédéral et les landers allouent parfois des subventions aux communes pour la mise en œuvre de réduction des nuisances environnementales.

L'Etat est également largement décentralisé mais à la différence de l'Italie et de l'Espagne, le gouvernement fédéral dicte les orientations sociales, sanitaires et environnementales. Il impose les grands principes directeurs en matière d'environnement afin que les landers et les collectivités intègrent les préoccupations environnementales dans leur action publique. La coordination entre les différents niveaux institutionnels est nettement plus aboutie, d'où un plus grand impact des politiques sur la réduction des inégalités environnementales.

De plus, ce pays a connu un développement industriel précoce ; et l'émergence d'un courant écologiste puissant politiquement a induit de ce fait très tôt des actions pour limiter les dégradations de l'environnement, sources d'inégalités environnementales (Laigle et Tual, 2007).

En conclusion

Cette partie met en évidence que derrière les inégalités environnementales, se cachent selon les pays, des notions de situations de cumul, de discriminations raciales, sociales et environnementales mais aussi des différences dans l'accès aux ressources et aux aménités.

L'analyse de ces quatre pays montre un certain nombre de faiblesses et limites dans les capacités des politiques publiques pour réduire ces inégalités. Il serait pertinent de mener une action publique moins sectorisée, plus décentralisée, globale et plus ouverte sur la société civile tout en gardant des lignes directrices érigées à l'échelle nationale.

Enfin ce qui est paradoxal en Europe, c'est la tendance au désengagement de l'Etat sur les sujets environnementaux alors que la législation environnementale est de plus en plus conséquente. (Laigle et Tual, 2007).

Au regard de ces pays, la France développe une approche différente, de laquelle découlent des stratégies de politiques publiques particulières.

III. Un développement long et difficile en France

La prise en compte du rôle de l'environnement dans les politiques de santé publique est apparue tardivement et a mis un certains temps à être traduite en plans concrets.

L'environnement longtemps relayé au second plan

La vision française se concentre sur les situations qui génèrent les inégalités plutôt que sur les situations qui en découlent.

L'Etat français s'est longtemps contenté de réduire ces inégalités sociales en espérant réduire ainsi les inégalités de santé. L'intervention publique avait pour objectif une redistribution et une correction des mécanismes producteurs d'inégalités. L'accès aux aménités environnementales (parcs et jardins par exemple) et aux services publics (transports, équipements, habitat...) a été développé, sans vraiment d'intérêt à la notion de vulnérabilité. Cette orientation peut s'expliquer par le fait qu'en France, l'Homme et l'environnement étaient considérés comme deux entités à part qui évoluaient indépendamment l'une de l'autre. Ainsi, la lente prise de conscience des dégradations de l'environnement causées par l'activité humaine par la société se comprend mieux (Laigle et Tual, 2007).

Or, il n'est semble-t-il pas suffisant de s'intéresser uniquement aux inégalités sociales et il est complexe d'inscrire des actions transversales pour la protection de l'environnement dans les différents plans socio-économiques. La prise en compte de l'environnement requiert alors un caractère obligatoire (Laigle et Tual, 2007).

Prise en compte des inégalités environnementales

En France, la notion d'inégalités écologiques est apparue dans les premières politiques de l'environnement dans les années 1970 mais sans traduction concrète en mesures ou actions. Il a fallu attendre les premiers écrits scientifiques pour que la problématique émerge (Boutaud, 2012). En 2002, le Comité français qui avait en charge la préparation de la participation de la France au sommet de Johannesburg avait mis en place un groupe de travail sur les inégalités sociales et écologiques (IFEN, 2006). L'idée commence à faire son chemin, parallèlement les inégalités augmentent et leur prise en compte devient nécessaire. Ainsi en 2003, la stratégie nationale de développement fait de la caractérisation des inégalités et de leur diminution, un de ses objectifs. S'ensuivent des programmes de recherche ministériels sur la problématique, comme celui sur « politiques territoriales et développement durable » lancé par les ministères de l'équipement et de l'écologie et du développement durable. Cependant, aucune disposition n'est réellement prise.

Une mission d'expertise sur la « lutte contre les inégalités écologiques et l'amélioration de la qualité de vie en milieu urbain » a été demandée en 2004 par Serge Lepeltier ministre de l'écologie et du développement durable, alors en exercice. Le rapport de l'inspection générale de l'environnement qui en découle regrette l'absence de définition universelle et construite de ces inégalités et l'absence de preuve de relation avec la santé. Elle va même jusqu'à écrire que l'intérêt de cette notion « n'allait pas de soit » dans les disparités en zones urbaines en France (Bidou et al. 2005). Ces travaux ont eu néanmoins le mérite d'évoquer le problème des inégalités environnementales.

La charte de l'environnement de 2005 reconnaît le rôle de l'environnement comme déterminant de la Santé. Son article premier cite : « *le droit de vivre dans un environnement équilibré et favorable à la santé* ». Comme nous le verrons plus loin, elle instaure la création de plans nationaux en santé environnement (PNSE).

Enfin, la problématique touche de nombreuses disciplines, et le cloisonnement de l'administration et le manque de communication entre les différentes institutions sont un véritable frein à l'étude transversale de la question. A titre d'exemple, les politiques urbaines évoquent peu les enjeux environnementaux tandis que les politiques environnementales s'interrogent peu sur l'accès aux aménités environnementales. (Boutaud, 2012).

Le premier Grenelle de l'environnement de 2007⁵ reprend la nécessité de prise en compte des inégalités environnementales par l'Etat et la société civile. Le pacte de solidarité écologique qui constitue le volet social et sociétal du Grenelle propose de mettre en œuvre des mesures pour lutter contre les quatre types d'inégalités vues dans le chapitre précédent. On retiendra, en particulier, la création d'outils de mesure de situations d'inégalités, ainsi que l'instauration de politiques d'accès équitables aux aménités et services entre territoires. Le deuxième Plan National en Santé Environnement s'inspire largement des conclusions de ce Grenelle.

Les inégalités environnementales ont ensuite été à de nombreuses reprises évoquées dans des travaux de recherches ou dans des initiatives des pouvoirs publics. A titre d'exemple, la conférence environnementale de septembre 2012 fixe la feuille de route du gouvernement en matière d'environnement. Elle reprend l'idée que « *Nos concitoyens et en particulier les publics sensibles (enfants, femmes enceintes,...) ne sont pas exposés de manière équivalente. Les zones où il est observé une surexposition à des substances ou des agents physiques sont à traiter prioritairement. Le gouvernement luttera contre les inégalités environnementales, qui se cumulent souvent avec les inégalités sociales* » (Wahl, 2012).

Désormais, plusieurs plans nationaux regroupent des actions autour de cette problématique. Ainsi, les enjeux environnementaux sont présents dans le plan « Cancer » à travers trois grandes orientations : accroître la connaissance sur les cancers liés à l'environnement, protéger en réduisant les expositions aux polluants atmosphériques et lutter contre les inégalités. Cependant, le PNSE est le plus qualifié pour traiter du sujet.

⁵MEDDEE, Grenelle de l'environnement : www.developpement-durable.gouv.fr/-Le-Grenelle-de-l-environnement-de-.html

Partie 3 : Le Plan National Santé et Environnement, outil majeur de réduction des inégalités environnementales

I. Les inégalités environnementales dans les PNSE

L'environnement et sa dégradation deviennent une source de préoccupation majeure auprès des citoyens. Il paraît alors indispensable pour les pouvoirs publics d'en tenir compte dans l'élaboration des politiques de santé publique.

Naissance des PNSE

Lors de la troisième conférence interministérielle sur l'environnement et la santé organisée par la région européenne de l'OMS à Londres en 1999, tous les Etats participant dont la France, se sont engagés à mettre en œuvre des plans d'actions dans le domaine de la santé environnementale. Peu après, la Commission Européenne formulait sa volonté de créer un programme d'action, pour la période 2004-2010, en faveur de la santé environnementale.

Face à ces impulsions, le président de la République Française en exercice, Jacques Chirac, annonça en janvier 2003, la nécessité pour la France de se doter d'un Plan National en Santé Environnement (PNSE). Il serait une des composantes importantes de la stratégie de développement durable et permettrait le respect d'une des lignes directrices de la loi de Santé Publique, encore à l'état de projet à cette date.

La loi organique de santé publique n°2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique se fixe, parmi ses objectifs majeurs, la réduction des inégalités de santé. Elle instaure, pour ce faire, la réalisation de plans nationaux, pour la santé environnementale au même titre que pour le cancer, les comportements à risques et les conduites addictives, la violence routière, la qualité de vie des personnes atteintes de maladie chronique, les maladies rares. Ainsi, le PNSE 1 (2004-2008) devient le premier plan adopté par le gouvernement français dans le domaine de la santé environnementale. Tous les cinq ans, un nouveau PNSE doit être élaboré dans la continuité des précédents et être décliné dans chaque région, en Plan Régional de Santé Environnement (PRSE). Il doit être compatible avec les autres plans de santé publique et ceux relatifs à la protection de l'environnement et les compléter, en s'intéressant prioritairement aux répercussions sur l'Homme, de la dégradation de l'environnement et de ses milieux de vie.

PNSE et inégalités environnementales :

En matière de réduction des inégalités environnementales, le PNSE 1 évoque la protection des populations sensibles (enfants et femmes enceintes). Malgré la volonté affichée par la loi de santé publique de réduire les inégalités de santé, les inégalités environnementales ne sont que très peu évoquées.

En revanche, suite à la promulgation de la Charte de l'environnement en 2005 et au Grenelle de l'environnement, le PNSE 2 (2009-2014) voit son champ s'élargir à de nouvelles thématiques, dont celles portant sur la réduction des inégalités environnementales, thématique constitutive de son deuxième axe stratégique.

Le différentiel de « vulnérabilité » est abordé par l'identification de trois groupes particulièrement vulnérables et des actions qui leur sont spécifiques :

- Réduction de l'exposition aux substances cancérigènes, neurotoxiques, reprotoxiques et aux perturbateurs endocriniens pour les enfants, femmes enceintes et femmes en âge de procréer
- Gestion des allergies, information et prise en charge des personnes atteintes de pathologies provoquées ou aggravées par des facteurs environnementaux
- Lutte contre l'habitat insalubre particulièrement observé chez les populations défavorisées

On voit ici que la « vulnérabilité » ne se limite pas aux facteurs socio-économiques mais qu'elle s'étend à ceux liés à l'âge et à l'état physiologique des individus (stade de développement et de procréation, état de santé et conditions de vie (habitat).

Pour le différentiel « d'exposition », il propose des actions autour de quatre paramètres :

- Accès à une eau potable et à des ressources de bonne qualité.
- Proximité de zones à fortes densité d'activité et de contaminations passées.
- Les nuisances liées au bruit et notamment les points noirs du bruit.
- Exposition à certaines substances ou agents d'origine naturelle présents dans l'environnement.

Il est précisé que, bien souvent, plus le revenu de la personne est faible, plus elle est exposée aux nuisances environnementales. Cependant, le lien entre inégalités sociales et inégalités environnementales n'apparaît dans aucune de ses actions.

Ces mesures témoignent de la volonté de l'Etat de réduire ces inégalités. Il convient, par conséquent, de connaître les résultats de ces actions afin de faire ressortir des pistes d'amélioration, pour une lutte efficace.

II. La délicate évaluation du PNSE 2 en matière de réduction des inégalités environnementales

Comme chaque plan d'action, le PNSE a fait l'objet d'évaluations. Cette partie présentera les différents points et difficultés qui ont été relevés à partir des analyses faites par :

- La mission d'évaluation du PNSE2 confiée à trois instances d'inspection générale : l'IGAS (Inspection Générale des Affaires Sociales), le CGEDD (Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable) et l'IGAENR (Inspection Générale de l'Administration, de l'Education nationale et de la Recherche), (Chièze et al., 2013)
- Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP, 2013), dans son évaluation du PNSE 2

- Viviane Ramel, dans le cadre de son mémoire pour le Master International de Santé Publique (Ramel, 2011)
- Cyrille Harpet et Judith Le Gall, dans le cadre d'une mission confiée par l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (Harpet et Le Gall, 2013)

Une absence de diagnostic de la situation initiale

Dans le PNSE, la description de la situation initiale des inégalités environnementales n'est pas établie. Il n'y a pas de diagnostic clair du problème et de ses caractéristiques pour les différents paramètres (qualité de l'eau, de l'air, exposition...). Il est pourtant nécessaire de connaître la situation de départ pour fixer des objectifs mais aussi pour prioriser les actions à mettre en place, afin de parvenir à une amélioration notable. Aucune étude épidémiologique n'est par ailleurs venue confirmer l'existence de ces inégalités. Une comparaison antérieure et postérieure n'a donc pas pu être menée.

En revanche entre 55% et 71% des PRSE 2 présentent le problème et ses spécificités (différentiel d'exposition, disparités géographiques, lien avec les inégalités sociales...) (Ramel, 2011). Certains décrivent la situation avec des cartes ou graphiques, comme nous le verrons plus tard pour la région Lorraine ou Provence-Alpes-Côtes d'Azur (PACA). D'autres décrivent les inégalités observées pour un problème de santé environnementale considéré. Cependant, leur contenu souffre de l'absence d'un diagnostic national et de méthodes identiques à toutes les régions.

Par ailleurs, l'apparition de ces inégalités n'y est pas expliquée : aucune information sur les déterminants environnementaux, ni sur les expositions responsables, pas plus que sur les mécanismes à l'origine de leur survenue.

En conséquence, l'identification des populations cibles, et donc vulnérables, se réfère à des généralités : enfants, femmes enceintes et malades. Les facteurs sociaux n'ont pas été pris en compte dans l'élaboration des actions bien que le lien inégalités environnementales - inégalités sociales de santé soit mentionné dans les présentations des PRSE.

Les différents rapports pointent tous du doigt ce manque et encouragent à mener un travail de diagnostic, en particulier en croisant les données environnementales avec les données socio-économiques.

Absence d'actions et de méthodes spécifiques aux inégalités

Cinq mesures, sur les douze du PNSE 2, participent à la réduction des inégalités environnementales, mais aucune intervention n'y est spécifiquement dédiée. Ces inégalités sont donc traitées donc indirectement

Une action efficace pour réduire les inégalités environnementales demande de s'attaquer à l'écart entre les zones, les groupes plus ou moins vulnérables, plus ou moins exposés, plus ou moins pauvres, en abordant les quatre types d'inégalités environnementales. Or, les actions du plan visent à réduire l'exposition ou à protéger des nuisances, mais pas à

diminuer l'écart et encore moins le gradient observé au sein de la population. L'ensemble de la population est en effet ciblé. Il est probable que cette approche puisse contribuer à réduire les inégalités environnementales, mais l'effet inverse peut aussi se réaliser : si il est fait abstraction du différentiel d'efficacité et d'impact des politiques publiques, ces inégalités risquent d'augmenter !

Le PNSE ne cite pas de pratiques qui permettent de réduire les inégalités environnementales. Les Agences Régionales de la Santé (ARS) rapportent qu'elles manquent de support national ou inter-régional pour agir efficacement sur ce point. Il en résulte que 62% des personnels des ARS impliqués disent qu'ils ne disposent pas d'outils spécifiques pour la prise en compte des inégalités environnementales (Ramel, 2011).

Dans la même idée, il n'existe pas d'indicateurs qui permettent de mesurer les inégalités environnementales. Cette faiblesse est aussi à l'origine de l'absence de diagnostic initial. Les indicateurs instaurés visent à étudier la réduction de l'exposition globale, mais pas celle des inégalités. La création d'un indice de défaveur environnementale pourrait résoudre ce problème. Etudier son évolution au cours du programme servirait à évaluer l'efficacité des actions.

Des effets au long terme

Enfin, la principale contrainte réside dans le délai nécessaire pour observer l'impact des actions sur la réduction des inégalités environnementales. En effet, la réduction d'une émission d'un polluant, ou autre facteur d'exposition, n'aura pas un effet immédiat sur la réduction des inégalités environnementales et encore moins de santé, car elles sont multifactorielles et découlent d'un processus long.

Ces faiblesses soulignent la difficulté de réaliser un bilan concret des impacts du PNSE 2 sur la réduction des inégalités environnementales. Le HCSP écrit d'ailleurs qu'il regrette l'impossibilité de se prononcer sur l'effet du PNSE en faveur de la réduction des inégalités environnementales, avec les informations disponibles. Ces remarques seront prises en compte pour l'élaboration d'un prochain PNSE qui prolongera la volonté gouvernementale de lutter contre les inégalités et de les mesurer.

III. Des espoirs pour la suite du PNSE 2

Des recommandations pour l'élaboration du prochain PNSE 3 ont été émises afin de garantir l'efficacité d'un tel programme sur le problème des inégalités.

S'attaquer aux inégalités de pouvoir

Le PNSE n'évoque pas l'inégalité de participation aux décisions relatives à l'environnement. Il en découle que le renforcement des capacités des populations, ainsi que les actions participatives, ne font pas partie des priorités inscrites dans les PRSE. Pourtant, s'attaquer à

ce type d'inégalités a été identifié comme un des leviers les plus pertinents pour une lutte efficace (OMS, 2011b).

Toutefois, des initiatives encourageantes ont vu le jour, par exemple dans le Nord-Pas-De-Calais. De nombreuses personnes qui ont participé à l'élaboration des PRSE indiquent que les actions sont mises en place avec la collaboration des habitants (Ramel, 2011).

Il faudrait agir selon le concept de l'universalisme proportionné : il consiste à lutter contre les nuisances et dangers liés à l'environnement pour toute la population, tout en concentrant les moyens sur les populations les plus touchées et celles qui souffrent d'un cumul d'exposition. Cela suppose d'associer les interventions générales avec les interventions particulières.

Développer la recherche

Pour cela, comme le souligne le rapport de la mission d'évaluation du PNSE 2 (Chièze et David, 2013), en facilitant l'accès aux données infra communales que peuvent constituer les IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique). Une coopération consisterait à rassembler les données nécessaires aux diagnostics des inégalités environnementales mais également à leur corrélation probable avec l'état de santé et le statut socio-économique des individus. A titre d'exemple, il n'existe pas de données de mortalité à cette échelle.

Ce même rapport encourage la réalisation de travaux sur la vulnérabilité, les comportements individuels, les aspects socio-économiques et la répartition géographique des inégalités en santé et environnement.

Ces travaux poursuivraient ceux entrepris dans les différentes régions et pourraient amener à la création d'un indice de défaveur environnementale.

Prolonger la dynamique du PRSE 2

Le PNSE 2 a permis de rassembler un grand nombre d'acteurs agissant dans le domaine de la santé environnementale : les ARS, les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), les Conseils régionaux et départementaux, les communes ou encore les associations. Même si l'implication de ces organismes diffère, ce plan a permis de mettre en place des actions collectives.

Le PNSE est le premier à s'être engagé dans la l'étude et la réduction des inégalités environnementales, par le développement de démarches adéquates. Des travaux de recherche ont été entrepris et doivent être poursuivis en ce sens. Il est ainsi possible d'espérer que le Plan National de Santé Environnement de 3^{ème} génération (PNSE 3) aura pour priorité, la lutte contre les inégalités environnementales.

Les inégalités de santé ne cessent d'augmenter dans le monde (UNEP, 2011) et deviennent une source de préoccupation majeure pour la société. En outre, l'environnement est bien un déterminant de santé, en ce sens que des écarts observés sur la qualité des milieux et l'exposition aux nuisances peuvent être des facteurs d'apparition d'inégalités de santé. Ils

suivent en général le gradient social de la société. Leur prise en compte dans les politiques publiques est désormais une priorité mais des efforts restent à poursuivre pour concrétiser cette volonté. En France, le PNSE demeure à ce jour le programme de référence dans la lutte contre les inégalités environnementales.

Titre II : Méthodes et approches de représentation des inégalités environnementales

Partie 1 : La plateforme intégrée PLAINE de l'INERIS

I. Présentation de l'outil PLAINE

L'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) a développé en 2011, à la suite des recommandations du PNSE 2, la plateforme PLAINE (outil intégré d'évaluation spatialisée de l'exposition) pour la caractérisation des inégalités environnementales. La consultation de son site Internet⁶, un entretien avec Julien Caudeville (INERIS), ainsi qu'un questionnaire complété par Pamela Borr (DREAL Lorraine) m'ont permis de procéder à son analyse.

Création et intérêt

L'évaluation des impacts sanitaires liés à l'environnement est désormais une étape essentielle pour prévoir et prévenir les effets d'une mauvaise qualité des milieux ou de leur dégradation. (INERIS, 2011a)

Depuis 1997, la réglementation a imposé l'étude d'impacts sanitaires dans chaque procédure d'autorisation d'exploitation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Elle s'appuie sur la méthode d'évaluation des risques sanitaires (ERS). Cependant ces études ne prennent pas en compte l'exposition réelle des individus. En effet, elle se concentre uniquement sur les effets de l'installation. (*ibid*)

Dès le premier PNSE, les pouvoirs publics ont évoqué la nécessité d'une nouvelle approche. Le premier axe de son action 3.2 insiste sur le besoin de « *développer de nouvelles méthodes permettant de coupler les données sur la santé avec celles sur les facteurs environnementaux et celles caractérisant les populations* » (PNSE 1, 2004). Le PNSE 2 va plus loin, car il estime qu'une telle approche est indispensable pour lutter efficacement contre les inégalités environnementales. Le plan sollicite l'INERIS en tant que partie prenante pour l'action n°32, dans laquelle on retrouve « *l'identification et la gestion des zones susceptibles de générer une surexposition à des substances ou polluants toxiques* ». La réduction des inégalités environnementales a par la suite été inscrite dans le contrat d'objectifs de l'INERIS 2011-2015 (INERIS, 2011b).

L'outil PLAINE (Plateforme d'Analyse des Inégalités Environnementales) a été développé pour répondre à cette volonté d'une évaluation des risques plus approfondie. La mesure de l'exposition se doit d'être réalisée de manière décroisée et dynamique, en relation avec un

⁶ Site de l'INERIS : <http://www.ineris.fr/>

espace géographique, dans une évolution temporelle continue et répondant à des déterminants multiples qui se combinent pour déclencher un effet (pluralité des sources de pollution, diversité des vecteurs de transfert via différents milieux, variété des modes d'exposition...) (*ibid*).

Objectifs

L'objectif principal de l'outil est de caractériser les inégalités environnementales en cartographiant l'exposition des populations.

Pour cela, la plateforme croise des données de différents types :

- Environnementales : quantité de rejets, caractéristiques des milieux, concentration et comportement des polluants.
- Sanitaires : mortalité, morbidité, ...
- Comportementales : alimentation, mobilité, ...
- Socio-économiques : démographie, niveau social, revenu, ...

Ces données sont associées à un modèle d'exposition multi-milieux et à un système d'information géographique (SIG), pour l'obtention de cartes.

Ce modèle englobe donc les différents paramètres de l'exposition, y compris l'accumulation des expositions à différentes sources d'exposition, le comportement et le budget espace-temps des populations (description des activités d'une personne et du temps moyen passé pour chaque activité).

L'objectif est aussi de fournir des cartes d'incertitude (INERIS, 2012a) pour chaque variable étudiée, afin d'orienter de nouvelles campagnes de mesures.

Méthode :

L'outil PLAINE a pour ambition, à terme, de croiser les données des différents compartiments présentés ci-dessous :

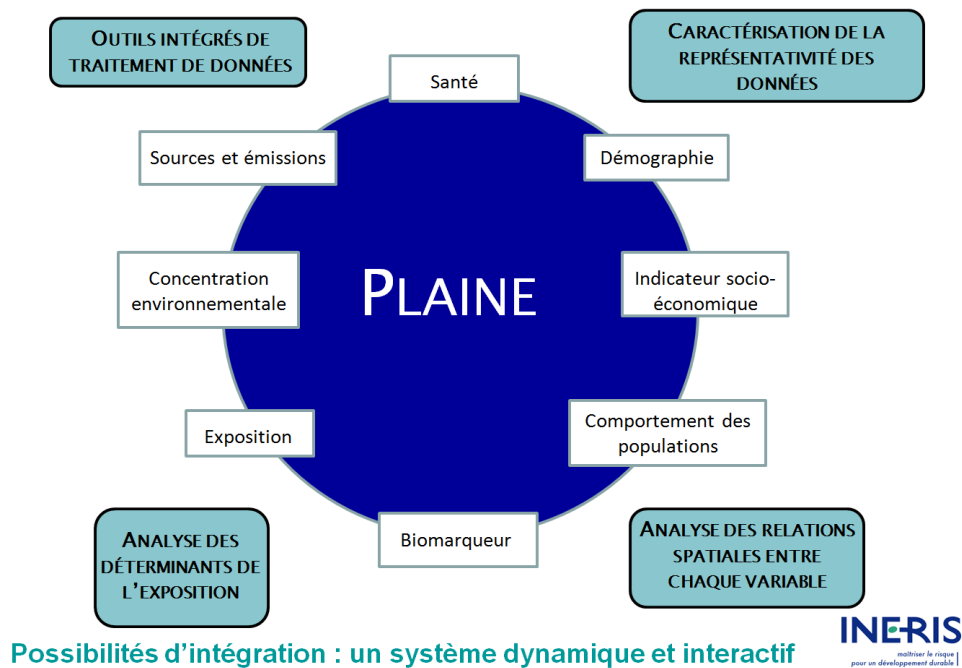


Figure 3 : Paramètres pris en compte par l'outil PLAINES extrait de la présentation de PLAINES pour la région Aquitaine (INERIS, 2012a)

Le paragraphe suivant détaille les données utilisées et les manières de les exploiter :

➤ Sources et émissions :

- Construction d'indicateurs de proximité aux sources polluantes : à partir des sites recensés sur BASOL et BASIAS, un choix des sources à retenir est effectué à partir des critères d'activité et de toxicité. Une zone tampon pouvant être impactée est définie. Un indicateur du risque lié aux émissions est ensuite calculé en prenant en compte le flux et la toxicité des polluants émis par la source.
- Spatialisation des données d'émissions polluantes : sur les cartes, sont représentées par un cercle, les émissions industrielles, par des lignes, les axes routiers et par des surfaces, les émissions agricoles. Est également représentée la dispersion des émissions.

➤ Concentrations environnementales :

Elles s'appréhendent par le recueil de données auprès des institutions compétentes :

- L'INERIS, pour la qualité de l'air (PREV'AIR et modèle CHIMERE).
- Les ARS et la Direction générale de la santé DGS (Base SISE eaux) pour la qualité de l'eau.
- La base de données BD ETM et RMQS, développée par l'INRA, pour la qualité des sols.

➤ Indicateur spatialisé du risque :

Il est calculé à partir d'un modèle développé par l'INERIS. Les données et indicateurs détaillés précédemment sont repris pour calculer les doses journalières d'exposition à partir de la concentration dans les milieux, médias et la caractérisation des voies d'exposition.

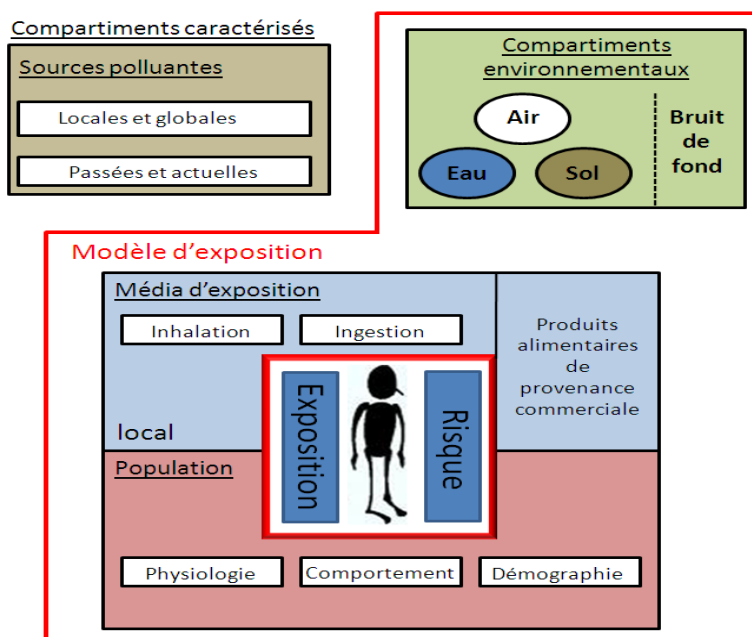


Figure 4: Principe du modèle de l'INERIS extrait de la présentation de PLAINÉ⁷

On obtient ainsi une Dose Journalière d'Exposition (DJE = quantité de substance ingérée par un individu). Celle-ci sera ensuite combinée avec la dose d'inhalation et les deux seront pondérées par les valeurs toxiques de référence, pour aboutir au calcul d'un indicateur de risque spatialisé (ISR). La somme des ISR de plusieurs polluants donnera un indicateur de risque spatialisé combiné. (INERIS, 2012a).

➤ Indicateurs socio-économiques :

Ils s'appuient sur la construction d'un indice de précarité applicable sur l'ensemble du territoire qui correspond à la somme de quatre variables (taux de chômage, proportion de diplômés, proportion d'ouvriers et revenus), chacune pondérée d'un coefficient obtenu par analyse en composantes principales (ACP, cf. Annexe 3). L'INERIS utilise l'indice de défaveur (FDep), développé par l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) (Rey et al., 2009).

Croiser les différents indices et données permet la caractérisation d'un cumul des inégalités, en prenant en compte les trois éléments de l'exposition aux substances chimiques :

- Les sources émettrices.
- Les milieux et voies d'exposition qui servent de vecteurs.

⁷ Caudeville J. Développement d'une plateforme intégrée pour la cartographie de l'exposition des populations aux substances chimiques: construction d'indicateurs spatialisés en vu d'identifier les inégalités environnementales à l'échelle régionale. Compiègne : Université Technologique de Compiègne, 2011, 198 pages.

- Les groupes humains exposés et leurs caractéristiques (modes de vie, conditions socio-économiques, âge...)

Les représentations cartographiques des différents indicateurs permettent d'identifier les inégalités. De plus, il est possible de se focaliser sur un site et de connaître alors la valeur de l'indice et les déterminants de l'exposition, pour identifier les facteurs qui ont le plus d'impact.

II. Applications de l'outil

L'outil a été mis en application sur différentes régions dans un objectif d'aide pour la caractérisation et la compréhension des inégalités (INERIS, 2011a).

Les travaux préliminaires

Afin de valider la pertinence et la faisabilité des méthodes envisagées, des travaux de recherche ont été menés en Picardie et Nord Pas de Calais. Ils ont porté sur quatre éléments traces métalliques (ETM) : le nickel, le cadmium, le chrome et le plomb. Leur étude est complexe car ces polluants sont ubiquitaires, ils peuvent se retrouver dans l'air, l'eau et le sol. Les deux voies d'exposition, l'inhalation et l'ingestion, doivent être prises en compte.

Le travail a consisté à analyser l'exposition future sur 70 ans en supposant constantes les expositions calculées en 2004.

Quelques résultats ont consolidé la validité de l'outil :

- Des zones de surexposition cohérentes : en Picardie, elles correspondent à des communes pour lesquelles les plus fortes concentrations en plomb dans les eaux de consommation ont été relevées. Pour le Nord-Pas De Calais, les indicateurs confirment la contamination des sols en plomb et cadmium sur des sites ayant connu un passé industriel important.
- Les enfants de 2 à 7 ans ont bien été identifiés comme les plus vulnérables pour tous les polluants.
- L'influence des modes de vie sur l'exposition : en toute logique, celle-ci dépend du poids de l'autoconsommation elle-même liée au niveau de ruralité des individus. Une différence d'exposition a été observée entre les deux lieux de vie extrêmes : rural et urbain (*ibid*).

Ces résultats encourageants ont ainsi conforté la validité de la plateforme et permis son utilisation dans d'autres régions.

Cartographie des points noirs environnementaux en Lorraine

Des outils spécifiques ont été développés par l'INERIS pour la région Lorraine, en vue d'établir la cartographie des « points noirs environnementaux », qui reprennent les développements méthodologiques de PLAINE mais intègrent une quantité plus importante de données : 8 éléments traces métalliques dans les sols, indicateurs de proximité aux sites et sols pollués, indices de qualité de l'air, indicateurs de qualité des eaux potables, relevés de niveaux sonores.

Ces données ont ensuite été traitées et compilées afin d'obtenir un indicateur composite de l'exposition. Les résultats visent à identifier deux types de zones :

- Zones restreintes présentant un cumul d'exposition : actualisation des informations, état des lieux des actions déjà mises en œuvre sur ces zones et engagement de nouvelles actions en vue de diminuer les expositions.
- Zones plus étendues présentant un niveau de dégradation supérieur à la «normale» régionale : des études sanitaires, socio-économiques et de ressenti des populations devront alors être entreprises.

La partie environnementale du projet a été confiée à l'équipe de l'INERIS qui s'appuie sur un comité de pilotage composé de l'ARS, la DREAL, le bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), l'Association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) et le Conseil régional. Les résultats sont toujours en cours de traitement.

Les travaux mis en œuvre autour de la plateforme PLAINE sont prometteurs pour la compréhension des inégalités environnementales, mais des limites sont à connaître et des améliorations à venir pourraient rendre son utilisation particulièrement bénéfique pour l'Aquitaine.

III. Discussion autour de l'utilisation de PLAINE par l'Aquitaine

Les atouts de PLAINE sont limités par la disponibilité des données environnementales mais la continuité des travaux de recherche laisse présager le développement d'un outil nécessaire et performant.

Un véritable outil d'aide à la décision

L'outil PLAINE est une véritable avancée dans la compréhension et la modélisation des inégalités environnementales. Il a offert la possibilité aux pouvoirs publics de répondre aux objectifs du PNSE 2 et par suite des PRSE 2. Les résultats, qu'ils soient sous forme de graphiques, tableaux ou cartes, sont facilement compréhensibles et interprétables par tous. Il constitue un véritable outil d'aide à la décision en facilitant l'appropriation par les gestionnaires de l'analyse des zones de surexposition et des déterminants de l'exposition. Il permet ainsi de hiérarchiser les actions à mettre en place.

Les résolutions fines, fonction de la représentativité des données, sont également un atout considérable quand on sait que les inégalités existent parfois même entre les quartiers. Cette capacité est indispensable dans une région comme celle de l'Aquitaine qui contient une grande diversité de territoires : littoral, montagnes, milieux urbains, ruraux....

La carte des incertitudes est un autre résultat utile aux pouvoirs publics. Elle permet d'identifier les campagnes de mesures qui doivent être entreprises pour fournir des résultats complets et interprétables.

De plus, au-delà de la dimension environnementale, le croisement avec les dimensions sociales et sanitaires permettra à terme de répondre à de véritables enjeux de santé publique.

Robustesse des résultats

La méthodologie mise en œuvre est le fruit de travaux de recherche de plus de 5 ans et constitue l'approche parmi les plus abouties actuellement. Les développements méthodologiques sont publiés dans les revues scientifiques revues par les pairs.

Des limites pénalisantes

La principale difficulté pour mener à bien l'utilisation de PLAINÉ est la collecte des données actualisées. Cela demande la contribution de nombreux acteurs et l'accès à des données ou paramètres qui ne sont pas toujours mesurés ou disponibles.

Pour faire face à cette absence de données, des modélisations sont utilisées. Prenons l'exemple de la qualité de l'air en Aquitaine : seulement quinze stations mesurent la concentration en ozone et treize seulement le dioxyde de soufre. On devra donc faire appel à des modèles (par exemple le modèle CHIMERE) pour avoir des valeurs sur toute la région. Par nature, une modélisation génère des erreurs de précision et des incertitudes.

La liste des substances étudiée est loin d'être exhaustive. Au niveau national, seuls les ETM et les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) ont bénéficié d'études. Au niveau régional, cela dépend des données fournies par les régions mais de nombreuses molécules, dont les effets néfastes sur la santé sont avérés, ne sont pas encore prises en compte, ni même mesurées. Dans le cas de l'Aquitaine, région agricole, il serait ainsi intéressant de connaître l'exposition aux pesticides, de la population. Dans la même idée, la voie cutanée n'est pas prise en compte. Or, il est désormais reconnu que certaines substances sont capables de pénétrer la barrière épidermique et se révéler ainsi toxiques, comme par exemple certains pesticides (Rébeillé et al., 2014).

Enfin, les prévisions sur 70 ans reposent sur de nombreuses hypothèses. On suppose que les conditions d'exposition constatées dans la période de mesure restent constantes et ne se modifient pas. Certes, ces hypothèses sont modulables, mais il reste difficile d'évaluer les conditions d'exposition future. En particulier en Aquitaine, cinquième région pour la création d'entreprises en France en 2011, avec un taux de création dans l'industrie et la construction de 5,6% (Conseil général et Chambre de commerce et d'industrie et Conseil régional d'Aquitaine, 2011) potentiellement émettrices de substances polluantes, il s'avère bien complexe, voire

impossible, de prévoir les concentrations à l'avenir de certaines substances qui pourraient être émises par des entreprises qui s'installeraient prochainement.

Toutefois, il faut garder à l'esprit que le développement de la plateforme est encore récent et que des travaux de recherche sont en cours pour compléter les compétences de cet outil et le rendre rapidement plus performant. Il est à supposer que la liste des substances prises en compte devrait s'allonger et que la voie cutanée pourrait être étudiée.

Dans l'optique de compléter les fonctions de l'outil PLAINE, la participation de la région Aquitaine pourrait être ainsi une opportunité.

Perspectives pour la région Aquitaine

Le projet CIRCE (Cancer Inégalités Régionales, Cantonales et Environnementales) cherche à quantifier les relations spatiales entre indicateurs environnementaux, socio-économiques et sanitaires, à travers la caractérisation des inégalités au niveau régional (Caudeville et al., 2013). Les observatoires régionaux de la santé (ORS) de sept régions sont associés à ce projet : Picardie, Nord-Pas-De-Calais, Ile-de-France, Bretagne, Lorraine, Rhône-Alpes et Aquitaine. Plusieurs résultats ont mis en évidence des inégalités, même s'il reste difficile d'établir un lien entre exposition et cancer, compte tenu du long temps de latence de l'apparition de la maladie. D'autres projets de recherche sont en cours, comme, par exemple, celui relatif à l'évaluation de l'exposition des populations aux pesticides. Il a pour objectif, la construction d'un indicateur spatialisé d'exposition de la population aux pesticides, prenant en compte les sources et les milieux.

Un croisement des données de concentration des molécules dans l'eau, le sol et l'air, d'une part, et d'épandage, d'autre part, permettra de construire un indicateur d'exposition aux pesticides. Le développement de cet indicateur se fera à travers différents projets de recherche. Cet indicateur sera opérationnel courant 2015, sachant qu'alors, une expérimentation sur une région sera nécessaire pour le valider. En tant que région agricole, la région Aquitaine serait le partenaire idéal pour les étapes de qualification de cet indicateur.

Partie 2 : Le programme de recherche d'Equit'Area

I. Présentation de l'approche

Une équipe de chercheurs de l'EHESP (Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique), membres de l'UMR Inserm 1085-IRSET (Institut de Recherche en Santé, Environnement et Travail), coordonnée par Séverine Deguen, conduit le projet de recherche Equit'Area. Certains résultats obtenus sont disponibles.⁸ Les informations de cette partie en découlent.

⁸ Site internet du programme Equit'Area : <http://www.equitarea.org/index.php/fr/>

Contexte du projet

La présence et l'augmentation des inégalités sociales de santé en France sont désormais reconnues. Le nombre et l'intensité des problèmes de santé touchant les individus suivent un gradient social dans la société. Même si certains déterminants expliquant les inégalités sociales de santé ont été identifiés, une part d'entre elles demeure inexpliquée. Comme déjà évoqué, qualité de l'environnement et état de santé des populations sont reliés. On peut donc supposer que les pollutions et nuisances environnementales peuvent contribuer à ces inégalités sociales de santé. L'enjeu est désormais de déterminer comment les inégalités environnementales peuvent en partie être associées aux inégalités sociales de santé. La vulnérabilité des individus serait ainsi prise en compte.

L'épidémiologie environnementale a qualifié de facteurs de confusion, les variables socio-économiques dans l'association entre facteurs de risques et événements de santé étudiés. Ces considérations négligent de potentielles interactions entre les conditions environnementales et sociales. En effet, un nombre croissant d'études ont démontré la relation maladie / exposition environnementale, d'une part, et maladie / statut socio-économique, d'autre part, mais sans s'intéresser aux interactions entre les trois paramètres : environnemental, socio-économique et sanitaire.

Un autre problème des études scientifiques menées jusqu'à présent réside dans le fait d'étudier l'impact d'un seul facteur (exemple : exposition à une substance) sur l'apparition d'une maladie. Or, les maladies sont pour la plupart multifactorielles. L'approche Equit'Area se propose, comme l'outil PLAINE, de prendre en compte le cumul des expositions, en proposant un modèle multi-exposition.

Objectif

L'objectif général du projet est de mieux connaître la contribution des expositions environnementales et de leur cumul aux inégalités sociales de santé sur le territoire.

Etapes du projet

La compréhension des mécanismes par lesquels les nuisances environnementales contribuent aux inégalités sociales de santé se déroule en trois étapes successives et complémentaires :

1. Etude du lien entre conditions socio-économiques et expositions environnementales
2. Etude du lien entre conditions socio-économiques et événement de santé
3. Etude de l'effet modificateur potentiel de la condition socio-économique sur la relation cumul d'expositions environnementales et événement de santé

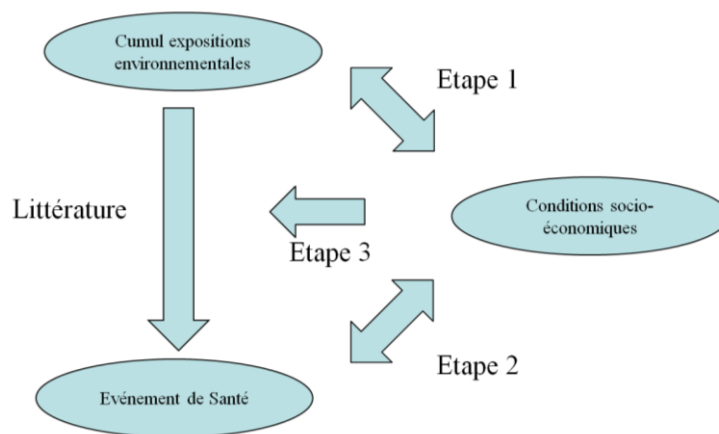


Figure 5 : Etape du projet Equit'Area extrait du site : <http://www.equitarea.org/index.php/fr/>

Périmètres d'étude

Le territoire français présente de forts contrastes d'intensité et de diversité de nuisances environnementales, de situations sanitaires, socio-économiques et démographiques. Afin de développer une méthode robuste et de cerner les conditions requises pour l'appliquer à toutes les régions par la suite, le choix des zones d'étude s'est porté sur quatre agglomérations urbaines ayant des caractéristiques spécifiques et communes. Une autre volonté consistait à étudier le gradient « nord-sud ». Ainsi les agglomérations retenues sont Lille, Paris (petite couronne), Lyon et Marseille. Depuis le mois de janvier 2014, Nice a également intégré le projet.

L'IRIS est l'unité géographique utilisée car il est la plus petite échelle à laquelle des données socio-économiques et démographiques sont accessibles.

Choix des données

➤ Expositions environnementales

Pour la pollution atmosphérique urbaine, les concentrations en NO₂ (dioxyde d'azote) et PM₁₀ (Particules dont le diamètre moyen est inférieur à 10 micromètres mais supérieur à 2,5) sont prises en compte. Les données sont obtenues par modélisations et fournies par les AASQA de chaque zone étudiée.

La recherche des industries polluantes situées à proximité est réalisée à partir du Registre Européen des Émissions Polluantes (données extraites de la base de données EPER mise en ligne par le MEDDE). Une recherche similaire des industries dangereuses s'appuie sur le registre des industries classées Seveso du MEDDE.

Les nuisances sonores sont également étudiées, en extrayant les données issues des cartes de bruit du Centre technique et scientifique du bâtiment (CSTB).

➤ Données sanitaires

Les données sanitaires utilisées sont les taux de mortalité infantile et périnatale et ce, pour plusieurs raisons :

- Ils sont reconnus depuis longtemps comme des indicateurs représentatifs de l'état de santé général d'une population.
- Ils connaissent une inquiétante augmentation. En effet après avoir baissé à partir des années 1985, ils atteignent désormais et à nouveau les valeurs observées en 1985 (10,7 pour 1000 naissances), alors qu'ils étaient de 6,6 en 2006
- Des liens positifs entre expositions environnementales et mortalité infantile et périnatale ont été établis par de nombreuses études.

Seule la consultation des registres de décès en mairie permet d'extrapoler des données à l'échelle de l'IRIS. Pour mesurer l'exhaustivité des décès recueillis, il est ensuite possible de les rapporter à l'échelle du département et les comparer avec les données du CepiDC.

➤ Données socio-économiques

Un indice de défaveur sociale a été construit à partir de 58 variables fournies par l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) depuis 1999 et mis à jour en 2006. Une ACP a permis de sélectionner les 19 variables à retenir pour le calcul de cet indice (revenu, éducation, emploi, famille...) (Lalloué et al., 2013).

Interprétation des données

Il s'avère complexe d'évaluer l'exposition à l'ensemble des polluants ou nuisances sur un territoire. Bien souvent, les agents auxquels les populations sont exposées ont des propriétés différentes qui conditionnent leurs voies de diffusion, leurs mécanismes d'action ainsi que la nature de leurs effets nocifs. De plus, les nuisances ne peuvent pas être additionnées, ni comparées (par exemple, qualité de l'air et nuisances sonores).

Face à cette difficulté, Equit'Area teste l'approche statistique multidimensionnelle, laquelle permet de connaître les nuisances qui influent le plus sur la discrimination des zones géographiques entre elles. Pour exploiter ces données sanitaires, socio-économiques et environnementales, l'équipe de recherche fait appel à différentes méthodes comme l'analyse multivariée ou les réseaux bayésiens. (cf. Annexe 3)

II. Premiers résultats

Depuis le début du projet, des études ont été menées et différentes cartes ont pu être construites dans les agglomérations.

Des inégalités sociales de santé

L'indice de défaveur sociale met en exergue des inégalités socio-économiques dans l'exemple des agglomérations de Lille, Lyon et Marseille. Plus la valeur de l'indice est élevée, plus les conditions socio-économiques sont défavorables. Il est pertinent de comparer la répartition spatiale de cet indice avec celle du taux de mortalité.

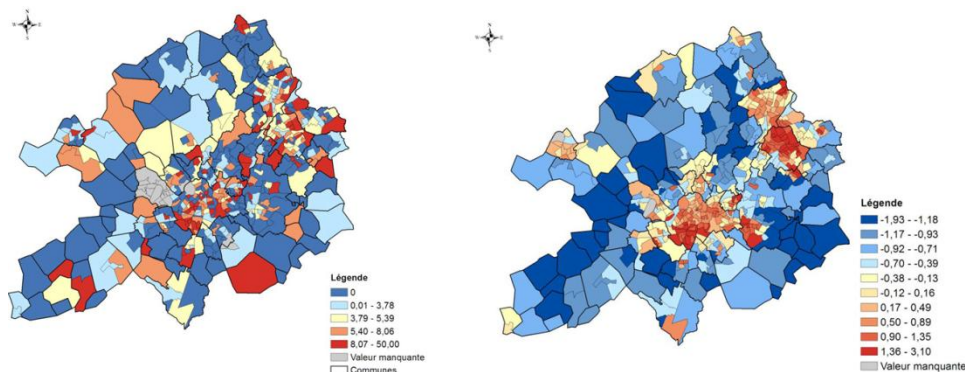


Figure 6 : Mortalité infantile pour 100000 en 2006 (à gauche) et indice de défaveur sociale 2000-2009 dans l'agglomération Lilloise

Le centre de la commune de Lille et le Nord-est (communes de Roubaix et Tourcoing) présentent les indices de défaveur les plus élevés de l'agglomération Lilloise, tandis que les autres IRIS semblent être moins impactés. Concernant la mortalité, les taux de mortalité sont supérieurs au centre et au Nord-est. Cependant, des taux élevés sont également perceptibles dans des IRIS aisés.

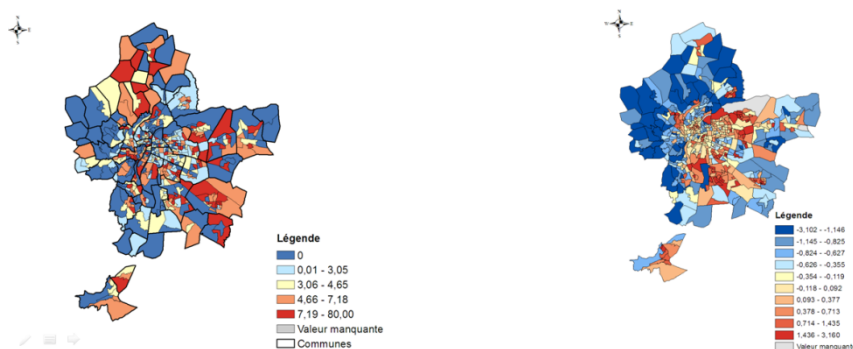


Figure 7 : Mortalité infantile pour 100000 en 2000-2009 (à gauche) et indice de défaveur social en 1999 dans l'agglomération Lyonnaise

A Lyon, le centre est également plus défavorisé. Un gradient Nord-Ouest ou Sud-est est à relever. Les taux de mortalité sont plus élevés au centre et au Sud avec, cependant, un deuxième agrégat au Nord qui ne touche pas uniquement des IRIS défavorisés.

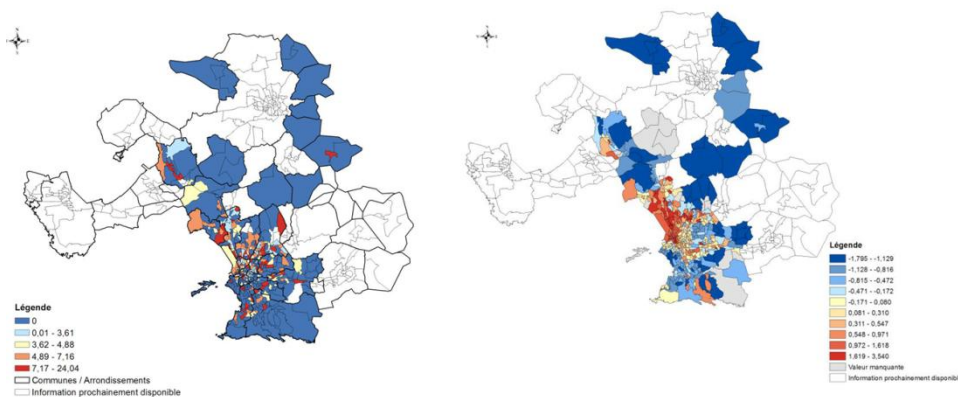


Figure 8 : Mortalité infantile pour 100000 en 2000-2009 (à gauche) et indice de défaveur social en 1999 dans l'agglomération Marseillaise

Ici aussi, c'est un gradient qui va du Nord-est pour les meilleures situations, au Sud-ouest pour les moins bonnes. L'indice de défaveur et la mortalité suivent les mêmes tendances.

Le lien entre conditions socio-économiques et état de santé a, comme nous l'avons déjà vu, été établi depuis longtemps. Les travaux de recherche inscrits dans le projet Equit'Area ont confirmé ce lien dans le cas de la mortalité infantile : le risque de mortalité infantile dépend du gradient socio-économique (Kihal-Talantikite et al. ; 2013, , Kihal-Talantikite et al. ; 2013, , Padilla CM, 2013...)

Conformément aux objectifs de l'approche Equi'Area, il convient aussi d'étudier si l'exposition est dépendante du statut socio-économique.

Lien entre l'exposition et les conditions socio-économiques

Pour le moment, sur le site dédié au projet Equit'Area, n'est disponible que l'exposition au dioxyde d'Azote (NO₂). Or, il n'est pas toujours facile de mettre en évidence des liens entre l'exposition à cette molécule et les caractéristiques socio-économiques. A Lille, la concentration en NO₂ augmente avec la défaveur sociale, mais à Lyon les moyennes des concentrations sont sensiblement proches quelque soit le niveau socio-économique tandis qu'à Paris les IRIS les plus défavorisés présentent une concentration en NO₂ dans l'air inférieure à celle retrouvée dans les IRIS de niveau socio-économique intermédiaire.

Ces situations observées corroborent le fait qu'il ne suffit pas de s'intéresser à une seule substance, mais qu'il est nécessaire d'avoir une vision globale de l'exposition. Il en ressort également que les conditions sociales ne conditionnent pas toujours l'exposition. Même les personnes ayant des ressources importantes peuvent subir des nuisances environnementales, dont elles ne peuvent et/ou ne veulent pas toujours se protéger (manque d'information, attachement à un territoire...)

Les cartes en annexe 4 présentent plus en détail les similarités et divergences entre ces deux paramètres.

Lien entre l'exposition environnementale et la mortalité infantile

Une étude (Kihal-Talantikite et al. ; 2013) s'est intéressée au possible effet négatif du bruit sur la mortalité infantile dans l'agglomération de Lyon. Il en résulte que la distribution spatiale du taux de mortalité est non aléatoire, avec des taux significativement plus élevés dans le Sud-ouest. La prise en compte combinée des variables socio-économiques et du bruit explique cet excès, l'ajustement sur les variables socio-économiques seules ne permettant pas d'expliquer totalement le cluster d'excès de risque de mortalité.

Dans la même agglomération lyonnaise, une autre étude s'est focalisée sur les aménités environnementales, en évaluant, en particulier, l'effet de la présence d'espaces verts, sur l'issue de la grossesse. Leurs auteurs ont pour cela construit un indice « espace vert », qui représente la proportion d'espaces verts sur la surface totale de l'IRIS. Deux principaux résultats sont à retenir. Le premier établit le lien positif entre la présence d'espaces verts et les caractéristiques socio-économiques du territoire. Pour le deuxième, les constats sont similaires à ceux du paragraphe précédent : une distribution non aléatoire de la mortalité infantile avec un probable effet croisé des paramètres socio-économiques et de l'indice « espaces verts ». La présence d'espaces verts pourrait en partie expliquer l'issue de la grossesse.

Le paramètre le plus étudié pour comprendre les relations entre exposition et mortalité infantile est la pollution atmosphérique urbaine, au travers de la concentration en NO₂. Toutes les études ont démontré le lien entre mortalité infantile et conditions socio-économiques. Cependant, toutes ne parviennent pas à mettre en évidence l'influence de la concentration en NO₂ sur la santé (Padilla CM, 2013), certaines n'ont d'ailleurs pas trouvé d'effet une fois les données ajustées avec les paramètres sociétaux.

Une autre variable étudiée est la proximité aux industries polluantes (Deguen, 2010). Même si l'effet négatif d'un l'indice de défaveur social élevé sur la mortalité infantile a été prouvé, le lien entre proximité aux industries polluantes et augmentation de la mortalité infantile (même en tenant compte d'éventuelles interactions avec les caractéristiques socio-économiques) n'a, en revanche, pas été établi. Cependant, il faut garder à l'esprit que seules les industries dont les valeurs d'émissions dépassent les normes ont été retenues.

Les inégalités environnementales n'expliquent pas toujours la répartition inégale du taux de mortalité dans les études menées jusqu'alors, mais la prise en compte d'un seul facteur à la fois (concentration en NO₂ ou proximité aux industries polluantes), et non du cumul des expositions, peut justifier cette observation. D'autres études seront menées pour démontrer ou confirmer les liens entre les caractéristiques socio-économiques, sanitaires et environnementales.

III. Discussion autour de l'approche Equit'Area

L'approche Equit'Area a de nombreux atouts pour mettre en évidence des effets précis dans des cadres spécifiques.

Une approche des inégalités environnementales par les inégalités sociales

Le principal atout de l'approche est la triple dimension de l'étude. Elle vise à croiser des données sanitaires, sociales et environnementales. Un indice de défaveur socio-économique est construit à partir de 58 variables pour n'en retenir que 19 pertinentes. Aucun facteur n'a été négligé. La caractérisation de la situation socio-économique est ainsi bien plus complète et aboutie que celle réalisée par PLAINE. Dans ses ambitions, elle souhaite aussi prendre en compte le cumul des expositions (pas seulement l'effet d'un seul facteur), au travers de deux méthodes permettant de caractériser la multi-exposition. Le traitement des données fait appel à différentes méthodes statistiques (dont certaines permettent d'étudier l'auto-corrélation. Cf. Annexe 3), afin d'identifier celles pertinentes, car mettant en exergue des résultats cohérents et interprétables.

Zones d'étude variées et unité géographique fine

Le choix porté sur l'étude de cinq agglomérations localisées du Nord au Sud permet d'étudier les différentes caractéristiques du territoire français. L'utilisation d'une telle approche sur l'agglomération bordelaise aboutirait à des résultats communs ou différents, selon le paramètre considéré, de ceux obtenus dans les autres agglomérations.

Des limites et une approche incomplète pour la région Aquitaine

La principale limite de cette approche réside dans le faible nombre de données environnementales pour le moment étudiées. En effet, seules les expositions à la pollution urbaine atmosphérique, la proximité aux industries polluantes et/ou dangereuses et aux espaces verts et les nuisances sonores sont exploitées. De plus, au sein même des paramètres pris en compte, les critères relevés ne sont pas toujours suffisants. Dans le cas de la pollution atmosphérique urbaine, seules les concentrations en PM₁₀ et NO₂ sont retenues, alors que l'ozone ou encore les PM_{2,5} ont des effets néfastes avérés. Dans le cas de la proximité aux industries dangereuses et/ou polluantes, seules celles recensées sur le registre EPER et Seveso sont prises en compte. Cette approche n'aborde pas, pour le moment, certaines problématiques de la région Aquitaine comme les pesticides, par exemple.

Les données sanitaires ne concernent, quant à elles, que la mortalité néonatale précoce et tardive. Bien qu'ils s'avèrent être de bons indicateurs de l'état de santé de la population, il serait intéressant d'étudier d'autres paramètres comme certains cancers, dont la composante environnementale est importante. Un nouveau projet SCREEN'IN, dans la continuité d'Equit'Area, devrait se focaliser sur le cancer du sein. Toutefois, le délai entre exposition et apparition de la maladie, dont les causes sont, qui plus est, multifactorielles, se révèlent comme l'une des difficultés de l'étude de ces pathologies.

Un des atouts considérables de l'approche est également une limite. Le choix de l'échelle très fine de l'IRIS met en évidence des inégalités parfois même entre quartiers mais demande un grand et long travail de traitement de données. C'est pourquoi, Equit'Area est pour le moment développée sur des agglomérations et pas sur une région entière. Cette approche viendrait donc en complément d'une autre démarche qui modéliserait les inégalités dans toute la région Aquitaine.

Une faiblesse de l'approche actuelle est également l'absence d'indicateurs prenant en compte les multi-expositions. Pour le moment, un seul facteur d'exposition à la fois est étudié lors des croisements avec les données sanitaires et environnementales. Cependant, cette lacune devrait être vite solutionnée dans la suite du programme de recherche, avec les nouveaux travaux en cours de validation sur ce sujet.

La méthode n'a été pour le moment appliquée que sur des zones urbaines. Or, la région Aquitaine comprend de nombreux territoires ruraux, pour lesquels les résultats obtenus ne sont pas forcément toujours représentatifs. En effet, les nuisances environnementales ne sont pas toujours les mêmes ; d'autres paramètres doivent être pris en compte et certains ne seront pas utilisés. Par exemple, la proximité aux espaces verts ne sera pas pris en considération alors que différentes substances pour la qualité de l'air (l'ozone est en général présent en plus grande quantité dans les campagnes) le seront.

Equit'Area est un projet qui a pour objectif de comprendre et prévenir les effets modificateurs du niveau socio-économique sur la relation exposition environnementale / évènement de santé. C'est un projet de recherche, qui ne peut être considéré, pour le moment, comme une application permettant de visualiser les inégalités environnementales dans une région comme l'Aquitaine.

Partie 3 : L'approche des inégalités environnementales par la région PACA

I. Présentation de l'approche

La région PACA a travaillé sur l'étude des disparités environnementales : dans ce cas, l'intérêt porte uniquement au différentiel d'exposition. Dans le cadre de son mémoire de stage : « *Documenter les inégalités environnementales en région Provence-Alpes-Côtes d'Azur* », Emmanuelle Fiard a mené à bien cette étape avec l'aide des membres de l'ARS et de leurs différents collaborateurs. La majorité des informations de cette partie sont tirées de ce mémoire.

Contexte

La région connaît de forts contrastes environnementaux. Le littoral, très touristique, est fortement urbanisé, alors que les départements alpins rassemblent des territoires plus ruraux. Des zones portuaires et industrielles se concentrent autour du golfe de Fos, 4^{ème} port maritime français, de Toulon (Var) et dans la vallée du Paillon (Alpes Maritimes). Le milieu naturel est très diversifié d'un périmètre à l'autre. Les risques naturels et technologiques sont quant à eux omniprésents sur tout le territoire. (Andrieu-Semmel, 2013).

Parallèlement, la région est touchée par des contrastes sociaux et sanitaires. Comme déjà évoqué, l'approche Equit'Area a montré les inégalités concernant les taux de mortalité et les conditions socio-économiques des populations dans l'agglomération de Marseille, mais ces écarts s'observent également sur tout le territoire. De plus, la région présente, avec celle de l'Île de France, la plus forte proportion de ménages les plus pauvres (DREAL PACA, 2012).

Il devient donc nécessaire de déterminer la part des inégalités environnementales dans le cumul d'une situation sociale dégradée, avec des indicateurs de santé préoccupants. La région a voulu, dans un premier temps, diagnostiquer les disparités environnementales : différences d'exposition aux nuisances. Les objectifs étaient d'identifier les zones les plus à risque, mais aussi les nuisances les plus discriminantes.

Deux échelles fines

Cette approche présente un intérêt par rapport aux deux premières déjà vues, elle étudie les inégalités à deux échelles. D'abord sur la commune, car les nombreux programmes sont érigés à l'échelle communale ou intercommunale (Plan communal de sauvegarde, Plan local d'urbanisme). Il convient donc de sensibiliser les élus pour les orienter vers une meilleure prise en compte des potentielles disparités. La seconde échelle est celle des espaces de santé de proximité (ESP). Ils sont déterminés à partir de critères d'offre et d'accès aux soins. Ils sont au nombre de 133 en PACA. Ils regroupent plusieurs cantons ou peuvent constituer un canton à part entière. Ce choix est particulièrement pertinent pour la suite du projet, puisque les ESP sont une échelle où les données de mortalité, de précarité ou d'évolution démographique peuvent être recueillies à moindre coût. De plus, les ESP étant présents sur toute la France et leur découpage étant stable, leur étude permettra une comparaison avec les ESP des autres régions, à l'avenir. (Fiard, 2013).

Choix et traitement des données

Les données intégrées dans les études statistiques du projet sont :

- AIR : concentrations en O₃, NO₂ et PM₁₀ (source : Air PACA, AASQA de la région).
- EAUX : qualité bactériologique et teneurs en pesticides (source : site SISE-Eaux de la DGS)
- SOL : densité BASOL, densité BASIAS (source : bases de données du MEDDE).

- HABITAT : Parc privé potentiellement indigne (PPPI), part des logements construits avant 1949, date d'interdiction de l'utilisation de la céruse et des peintures au plomb (Lucas JP, 2011) (source : fichier FILOCOM).

Au départ, d'autres données avaient été sélectionnée mais seules ces neuf dernières ont été retenues. L'annexe 5 présente les différentes données de départ, leur obtention et leur traitement.

Exploitation des données

A partir des données recueillies et calculées, deux méthodes statistiques d'analyse multivariée ont été réalisées :

La première est une ACP. Ce travail s'appuie sur le mémoire de Tarik Benmarhnia (Benmarhnia, 2009). Elle vise à créer un indice de défaveur environnementale (IDE) global, d'une part, et des indices de défaveur par milieux, d'autre part. Ceux-ci se calculent en multipliant chaque variable standardisée par un coefficient β_I (nommé valeur propre ou contribution de la variable à la discrimination géographique), et en sommant ces termes (Fiard, 2013). Ainsi, on a :

$$\text{Indice de défaveur (global ou du milieu } n) = \sum X_I \beta_I$$

Où β_I est la contribution de la variable X_I à la discrimination géographique. Plus β_I est élevé plus la variable est discriminante et contribue à une situation de défaveur environnementale (Benmarhnia, 2009).

La seconde est une classification ascendante hiérarchique (CAH, cf. Annexe 3). Elle vise à répartir n individus, caractérisés par p variables X_1, X_2, \dots, X_p en un certain nombre m de sous-groupes aussi homogènes que possible (Université de Nice, 2009). Pour y parvenir, elle regroupe itérativement deux à deux les individus (dans notre cas les ESP ou les communes) possédant des caractéristiques proches.

Il convient d'étudier les résultats de l'approche afin d'en évaluer la pertinence.

II. Résultats

Différents résultats ont été obtenus par le biais des deux méthodes. Ce paragraphe les résume. L'annexe 6 les reprend en détail.

Indice de défaveur environnementale

Afin de faciliter l'analyse des résultats, seul le premier axe factoriel de l'ACP est utilisé. Il explique la plus grande part de la variance totale. Dans le cas de l'IDE global, 39% de la variance est expliquée. Dans le cas de chaque indice, celle-ci est plus élevée (comprise entre 60 et 75% selon les milieux). Certains vecteurs propres sont négatifs, ce qui indique que les variables concernées sont discriminantes au sein des ESP (ou communes) où les autres ne le

sont pas. Nous verrons plus tard que ce phénomène fausse la réalité des résultats (Benmarhnia, 2010 ; Fiard, 2013). Plus l'indice est élevé, plus l'ESP (ou la commune) est défavorisée.

➤ IDE global

Les valeurs des vecteurs propres (ou coefficient β) les plus élevées sont celles de la pollution atmosphérique urbaine (PM_{10} et NO_2) et celles des densités BASOL et BASIAS (cf. annexe « résultats PACA »). Ces paramètres sont donc ceux qui discriminent le plus fortement les ESP entre eux et conditionnent en grande partie la valeur de l'IDE.

La cartographie de l'IDE (cf. annexe 6) laisse apparaître un gradient qui va du Nord vers le Sud, avec des valeurs particulièrement élevées dans le Sud-ouest, sur le pourtour méditerranéen. En effet, ces territoires fortement urbanisés, de par leur forte densité de population et d'industries, présentent une pollution anthropique importante : rejets, trafic, activités, axes routiers... (Semmel-Andrieu, 2013). Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus dans le projet Equit'Area pour l'agglomération marseillaise.

Toutefois, les conclusions sont à manier avec précaution. Comme nous le verrons plus tard, les valeurs négatives de certains coefficients (ceux du milieu HABITAT et qualité bactériologique de l'eau) faussent, en effet, la réalité.

➤ IDE par indices

Une ACP par milieu a également été réalisée. Cette analyse permet d'affiner les résultats, en définissant pour chaque ESP, les déterminants les plus problématiques et de comprendre leur contribution à la défaveur globale.

Au vue des coefficients β élevés des variables PM_{10} et NO_2 , densité BASOL et densité BASIAS dans l'équation de l'IDE, nous retrouvons logiquement, pour l'indice AIR et l'indice SOL, la même tendance que pour l'IDE global.

L'indice HABITAT est assez hétérogène ; il révèle deux problématiques, selon le contexte urbain ou rural du territoire considéré. En effet, il est élevé dans les zones rurales isolées (régions montagneuses où la population vieillissante décroît) et dans les zones urbaines précaires (Fiard, 2013).

L'interprétation des résultats de l'indice EAU est complexe. En effet, la variable pesticide est associée à un β négatif, ce qui fausse la réalité. Un ESP ayant une mauvaise qualité bactériologique et une teneur en pesticide faible aurait ainsi un IDE plus élevé que l'ESP dont la qualité bactériologique serait mauvaise mais la teneur en pesticides plus élevée !

Classification ascendante hiérarchique

Le groupement successif des ESP peut être visualisé par un graphique hiérarchique appelé dendrogramme (cf. Annexe 6). L'axe des ordonnées donne le pourcentage de dissimilitude

entre les groupes créés. Plus on « monte » dans l'axe des ordonnées, plus les individus composant le groupe possèdent des différences (plus l'inertie intra classe est importante). Le choix optimal pour les ESP de la région PACA s'est porté sur six catégories, avec un degré de dissimilitude de 42%.

Cette méthode confirme certaines observations de l'IDE comme, par exemple, l'accumulation de nuisances environnementales (pollution urbaine et activités industrielles) dans certains ESP du Sud et une situation moins défavorisée dans certains territoires au Nord (malgré une mauvaise qualité bactériologique de l'eau).

En descendant à l'échelle de la commune, le regroupement optimal se limite à quatre catégories. Au-delà, certaines des six catégories présentées plus haut ne contenaient qu'une seule commune. L'analyse s'en retrouve, en revanche, limitée, car il est complexe de décrire la diversité environnementale de toute la région en seulement quatre profils.

Intégration de l'IDE dans la cartographie issue de la CAH

Afin d'évaluer l'exposition globale (caractérisée par la valeur de l'IDE) dans les différentes catégories, les valeurs de l'IDE ont été intégrées dans la cartographie des profils environnementaux issus de la CAH. Ainsi, on obtient une carte qui permet de rendre compte de l'intensité de défaveur environnementale dans les six profils environnementaux.

En moyennant les IDE des ESP appartenant à chacun des six profils, on constate que les catégories qui présentent le plus de nuisances sont celles qui possèdent un IDE le plus élevée, ce qui montre la cohérence des résultats obtenus par les deux méthodes. Elles se révèlent ainsi complémentaires : les profils environnementaux mettent en évidence les facteurs sur lesquels intervenir et l'IDE permet d'apprécier les différences entre les différents ESP qui composent une même catégorie.

III. Une approche à optimiser

Cette approche présente des avantages et limites qu'il convient de connaître, afin d'en retenir les enseignements et les améliorations à apporter dans l'optique d'une application à la région Aquitaine.

Un livrable opérable et interprétable

Les cartes issues de ce travail sont facilement interprétables par les acteurs de la santé environnementale.

Les deux méthodes statistiques utilisées sont complémentaires et permettent d'avoir une représentation pertinente des disparités environnementales en région PACA. La méthode de l'IDE permet d'évaluer l'intensité du cumul des nuisances subies par la population, tandis que la CAH permet d'identifier quelles nuisances touchent chaque ESP. Des similitudes retrouvées

dans les deux méthodes semblent confirmer la validité de certains résultats, comme par exemple un IDE faible dans des régions peu touchées par des nuisances environnementales. Chaque méthode apporte des informations. L'IDE permet de pondérer les différents déterminants environnementaux et d'évaluer les zones les plus quantitativement touchées par le cumul de nuisances environnementales. La CAH établit un groupement des ESP aux caractéristiques proches, utile pour l'aide à la décision et à la création de plans d'actions. Cette approche est la première qui présente des cartographies de cumul des nuisances environnementales, en prenant en compte les quatre compartiments que sont l'eau, l'air, le sol et l'habitat à une échelle si fine. Les données exploitées pourraient être accessibles pour la région Aquitaine et les méthodes statistiques pourraient être utilisées sous réserve de l'obtention d'une licence pour un logiciel statistique (STATA ou XL'STAT).

Des limites à contourner

➤ Sur l'approche globale

La première limite de cette approche est qu'elle n'étudie que les disparités environnementales et non les inégalités environnementales. Elle constitue en fait la première étape de l'étude des inégalités environnementales : elle précède le calcul de l'exposition et le croisement avec des données sanitaires et sociales.

Autre difficulté, le traitement des données s'est révélé très fastidieux. En particulier pour les données des bases SISE eaux et BASIAS. Comme déjà évoqué, disposer de bases de données uniformes se révèle indispensable (Fiard, 2013).

Enfin, l'auto-corrélation spatiale n'a pas été étudiée, elle correspond à la possible influence de la localisation géographique de la zone sur la valeur de ses variables. Dans le cas d'une corrélation positive, des zones proches se ressemblent davantage que des zones éloignées. Si elle est négative, les zones proches sont plus différentes que les zones éloignées. Ce paramètre mérite d'être analysé afin de mieux comprendre l'origine de certaines disparités environnementales.

➤ Données utilisées

L'étude ne prend en compte qu'un nombre limité de données. Seules neuf variables sont retenues, ce qui est loin de représenter le panel des nuisances environnementales sur un territoire. Des nuisances, dont les effets sanitaires sont reconnus, ne sont pas intégrées dans l'analyse : nuisances sonores, contamination des aliments ou encore qualité de l'air intérieur.

La qualité des données n'est pas toujours homogène. Elle dépend de l'échelle de précision et de temps, de la fréquence des mesures, de leur actualisation mais aussi de leur nature (moyennes, minimales, maximales...). Certaines données de FILOCOM ont, de plus, été

rendues secrètes. Ainsi la précision et l'exactitude des valeurs n'est pas toujours la même (Fiard, 2013).

Les données de l'indice HABITAT peuvent présenter des biais. Tout d'abord, elles sont extraites du fichier FILOCOM, qui utilise quatre fichiers fiscaux qui n'ont pas été remplis au même moment, ce qui laisse craindre des décalages (mobilité des ménages, évolution démographique...). Ensuite, certains critères qui définissent le PPPI sont déclaratifs (équipement des logements, travaux...), tandis que d'autres sont subjectifs (appréciations par les services fiscaux), ce qui peut engendrer des écarts avec la réalité (ANAH, 2008).

La question de l'impact sanitaire de certaines données pose problème. Les effets néfastes de la pollution de l'air et de la mauvaise qualité bactériologique de l'eau ont été démontrés, mais ce n'est pas le cas pour la présence d'un site référencé par BASOL ou BASIAS à proximité des lieux de vie (Deguen, 2010). Le choix des données pour la qualité du sol devraient être complétées par les bases ICPE ou Seveso, par exemple.

Aussi, les données relatives à la qualité de l'air sont surreprésentées, ce qui a tendance à dissimuler les autres. Ainsi, des zones touchées par la pollution urbaine réapparaissent comme les zones les plus exposées aux nuisances environnementales. Heureusement, l'indice par milieu ou la méthode CAH permettent d'identifier les autres nuisances subies (Fiard, 2013).

Enfin, le risque sanitaire réel n'est pas représenté. En effet, l'étude porte sur des concentrations brutes. Il aurait été pertinent de prendre en compte les valeurs guides et les valeurs limites de références pour apprécier le réel potentiel de risque, comme dans le cas de la démarche portée par l'INERIS.

➤ Limites des méthodes statistiques

Pour le calcul de l'IDE, le choix s'est porté sur le premier axe de l'ACP or ; il explique seulement 39% de la variance. Plus de 61% des informations demeurent inexpliquées par ce premier axe. Cet aléa s'explique par une trop faible corrélation entre les variables, ce qui provoque une perte d'informations dans le premier axe. Cette contrainte est malheureusement inévitable si l'on souhaite une définition synthétique de l'IDE.

De plus, « *certaines variables ont un comportement que l'on pourrait qualifier de moyen* » (Fiard, 2013). Par exemple, pour les pesticides, le premier axe (choisi pour l'équation de l'IDE) n'explique que 3,26% de cette variable. Il s'avère donc problématique d'évaluer son rôle dans les disparités à partir de cette méthode.

Un autre inconvénient est la génération de coefficients négatifs dans l'équation d'un axe factoriel. Un coefficient négatif signifie que la variable génère des disparités dans des ESP où les autres variables n'en génèrent pas. Cette propriété de l'ACP est problématique dans cette étude, puisqu'au lieu de cumuler toutes les nuisances, l'IDE additionne celles qui ont un coefficient positif et retire celles dont le coefficient est négatif. Pour illustrer ce propos,

repreons l'exemple de la qualité bactériologique de l'eau dont le coefficient β vaut $-0,391$. Deux ESP « A » et « B » cumulent les mêmes nuisances environnementales, mais la qualité bactériologique de l'eau alimentant l'ESP « A » est plus mauvaise que celle alimentant l'ESP « B » ; par le calcul, l'ESP « A » se verra attribuer un IDE inférieur, alors que pourtant, il accumule une nuisance supplémentaire.

Les résultats de l'IDE sont donc à utiliser avec précaution, l'utilisation de la méthode de l'ACP n'étant pas adaptée aux caractéristiques environnementales spécifiques de la région PACA. La méthode de la CAH permet de pallier certaines de ces contraintes (Fiard, 2013)

Concernant la CAH, le principal problème émane des ESP dont le profil est « moyen », c'est-à-dire de ceux qu'aucune caractéristique ne distingue des autres ESP (autrement dit, des ESP dont les variables ont des valeurs proches de la moyenne régionale). Il s'avère, complexe de les intégrer dans un groupe.

Un autre paramètre est aussi à prendre en compte, à savoir que les « membres » des groupes constitués ont des caractéristiques proches, mais néanmoins différentes. Il est, par exemple, impossible d'appréhender l'intensité relative des nuisances subies par les différents membres d'une même catégorie.

Face à la nécessité d'une meilleure connaissance des inégalités environnementales, la région PACA a développé une approche qui repose sur des analyses statistiques de données environnementales (quatre milieux sont pris en compte : l'eau, l'air ; le sol et l'habitat). Deux méthodes ont été testées : une ACP et une CAH. La première ne semble pas idéalement adaptée à la situation régionale, tandis que la deuxième apporte des résultats probants et encourageants pour la suite. Bien qu'exploratoire, cette approche donne déjà un aperçu des disparités territoriales en PACA.

Les trois approches, étudiées dans ce titre II, permettent une représentation de certaines inégalités environnementales ou disparités environnementales. Dans ce sens, elles constituent une aide considérable pour la compréhension de leurs origines et des actions pouvant les réduire. Les cartes sont interprétables et opérables pour les différents acteurs de la santé publique. Elles répondent à de véritables enjeux publics car, en plus de satisfaire les objectifs des PNSE, elles ont vocation à mettre en évidence les liens entre la santé, l'environnement et les conditions socio-économiques. Cependant, chacune présente ses limites. Ce ne sont, pour le moment, que des projets exploratoires et leur développement devrait contribuer à contourner leurs limites. Parmi leurs faiblesses communes, on relève la non-exhaustivité des données prises en compte et l'absence d'étude de la voie cutanée. Enfin, l'apport par l'alimentation, bien que complexe à évaluer, est peu, voire pas étudié.

Titre III : Comment représenter les inégalités environnementales en Aquitaine ?

Partie 1 : Etat des lieux en Aquitaine

I. Etude des nuisances environnementales

L'objectif de ce mémoire est de réfléchir à une méthode qui pourrait être appliquée pour l'étude des inégalités environnementales en Aquitaine. Afin que celle-ci soit adaptée aux spécificités propres à la région, il convient dans un premier temps de s'intéresser à ses caractéristiques.

Cette partie décrit les données environnementales qui ont pu être obtenues et traitées dans le temps imparti pour ce mémoire. Leur cartographie est présentée en annexe 7.

Les éléments traces métalliques

Dans le cadre d'une présentation de l'outil PLAINE à la région, l'INERIS a cartographié le risque lié à la présence de trois éléments traces métalliques dans l'environnement : le cadmium, le plomb et le nickel. L'inhalation et l'ingestion (sol, eaux, aliments locaux et commerciaux) sont prises en compte et l'exposition est calculée à partir de valeurs de 2004. Pour rappel, le risque est déterminé en divisant la dose d'exposition par la valeur toxicologique de référence. Si celui-ci est au-dessus de un, alors des effets sanitaires sont possibles.

Dans le cas du nickel, le risque est plus élevé sur la façade ouest le long de la côte. Il reste néanmoins faible car en dessous de 0,4. Pour le plomb, les valeurs sont hétérogènes avec des zones disparates où le risque est plus élevé mais ne dépasse pas 0,8.

Enfin le cadmium se révèle plus problématique. Pour certains territoires, la valeur de l'indicateur de risque est supérieur à 1, cela concerne des zones du Nord-ouest (Médoc, agglomération bordelaise) et Nord-est (Nord du Périgord vert). Les principales sources sont la combustion de combustibles minéraux, fioul et biomasse. Par suite, ces zones se révèlent plus défavorisées dans le cas de la combinaison des trois indices (cadmium + nickel + plomb).

L'outil PLAINE met ainsi en évidence des inégalités environnementales dans la région en particulier pour le cadmium. Cependant, le risque calculé n'excède pas 1,2.

Remarque : la ville de Mont-de-Marsan est identifiée à risque pour le plomb, ceci s'explique par des valeurs qui n'ont pas pu être fournies. La zone se retrouve ainsi par erreur à risque.

Sites et sols pollués référencés par BASOL et BASIAS⁹

Il en ressort que la répartition des sites et sols pollués et des industries en activité ou anciennes est commune. Logiquement ces deux valeurs sont corrélées.

Une forte densité est observable dans l'agglomération bordelaise, plus faibles mais néanmoins importantes les densités dans la côte Sud-ouest, à Pau et ses environs ainsi que quelques points dans la vallée du Lot et dans le territoire agenais sont à noter.

Qualité de l'habitat¹⁰

Les cartes de PPPI et des logements anciens (construits avant 1949) présentent les mêmes distributions à savoir un gradient Ouest-est. Les conditions de l'habitat semblent être moins problématiques le long du littoral qu'à l'intérieur. La présence en particulier d'ilots où les proportions de PPPI et de logements anciens plus élevées dans le Nord-est de la région (Périgord vert) est à remarquer.

Pollution atmosphérique

Les zones situées à proximité des axes routiers importants présentent des teneurs en particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) et en oxydes d'azotes plus élevées : le long de l'autoroute A 65 par exemple, en particulier près de Bayonne au niveau de la jonction de l'A63 et de l'A64, à Bordeaux autour de la rocade...

Pour l'ozone en revanche la tendance est inverse. Compte tenu des conditions de synthèse de ce polluant, des teneurs plus importantes dans les hauteurs notamment sur la chaîne pyrénéenne sont détectées (AIRAQ, 2014).

En conclusion, nous pouvons dire que les nuisances subies ne sont pas les mêmes qualitativement et quantitativement selon les différents territoires géographiques de la région. Certains cumulent des nuisances (proximité aux industries et aux axes routiers par exemple autour de Bordeaux) alors que d'autres présentent des nuisances spécifiques à leur situation (exemple de la teneur élevée en ozone dans les hauteurs). Leurs causes et conséquences socio-économiques et sanitaires méritent d'être analysées.

II. Etude des données socio-économiques et sanitaires

Afin de compléter une étude sur les inégalités environnementales, il convient de s'intéresser aux conditions socio-économiques et sanitaires pour d'identifier d'éventuels liens entre les différents types de données.

⁹ Bases de données BASIAS : basias.brgm.fr et BASOL : basol.developpement-durable.gouv.fr

¹⁰ FILOCOM MEDDE, traitement CD Rom PPPI Anah

Une région socio-économiquement hétérogène

Trois indicateurs socio-économiques ont été retenus et représentés dans ce mémoire : le revenu par unités de consommation, le taux d'emploi et la part de non diplômés dans la population. Elles sont issues des bases de données de l'INSEE.¹¹

Nous voyons que ces trois variables sont corrélées dans certaines zones. Les cantons de la Dordogne et du Lot-et-Garonne ainsi que ceux du Médoc semblent cumuler des situations défavorables pour le revenu, l'emploi et la part de non diplômés. D'autres sur ces trois paramètres semblent être plutôt favorisées : autour du bassin d'Arcachon, de Bordeaux et sur la côte basque.

Pour les autres cantons, il n'est pas toujours facile d'établir un lien. Certains comme ceux du Nord-ouest des Landes ont un revenu parmi les plus élevés mais des taux d'emploi et une part de diplômés parmi les plus faibles. La situation est inverse dans d'autres cantons du Béarn.

Ces variations peuvent s'expliquer par les spécificités de chaque zone. Selon que la zone soit rurale ou urbaine les caractéristiques diffèrent. Dans la même idée, une proportion importante d'étudiants dans les lieux proches des universités, lycées et / ou grandes écoles peut expliquer des revenus et une part de non diplômés faible.

Des inégalités de santé

Cinq indicateurs ont été représentés à l'échelle des espaces de santé de proximité (ESP). Le choix s'est porté sur le taux de mortalité infantile (à l'image du programme Equit'Area), la mortalité prématurée, le taux de maladies respiratoires (en émergence) et les cancers (maladies dont la part de l'environnement peut être de 19% à l'échelle mondiale selon l'OMS)¹². Les données ont été fournies par l'observatoire régional de la santé de l'Aquitaine (ORSA) et sont issues des bases de données de l'INSERM (CepiDC) et de l'INSEE.

Selon l'indicateur choisi, la distribution des valeurs diffère. Seule exception, l'ESP du Médoc semble communiquer des valeurs de taux élevés pour les cinq paramètres étudiés. Pour les ESP, ils peuvent avoir un indicateur inférieur et à l'inverse un autre supérieur par rapport à la moyenne régionale. Par exemple, le bassin d'Arcachon possède un taux de cancer parmi les plus élevés alors que son taux de mortalité infantile est plutôt faible.

De plus, à part pour les cancers la simple observation de ces cartes ne permet pas d'identifier des corrélations entre des territoires géographiquement proches. Par exemple, le territoire Nord Landes présente un taux de cancer du sein parmi les plus élevés alors que son voisin le territoire Est Landes révèle un taux parmi les plus faibles. Ainsi il s'avère très complexe de synthétiser l'état de santé des aquitains.

¹¹ Bases de données de l'INSEE : www.insee.fr

¹² Site de l'INSERM : <http://www.inserm.fr/thematiques/cancer/dossiers/cancers-et-environnement>

Des inégalités sont observables pour les trois dimensions : socio-économique, sanitaire et environnementale. Le travail doit être poursuivi pour déterminer leurs possibles relations et intervenir sur les bons leviers.

III. Bilan de l'étude descriptive en Aquitaine

La comparaison des distributions permet d'observer de possibles dépendances entre les différents paramètres mais ceux-ci devront être confirmés par une étude plus aboutie.

Des liens pas toujours évidents

L'observation en parallèle des cartes d'inégalités environnementales, socio-économiques et sanitaires permet d'identifier de potentiels liens entre ces trois domaines.

Concernant les données environnementales et conditions socio-économiques, les cartes traitant les deux domaines présentent quelques similarités mais aussi des différences.

Le Nord-est de la région, les départements de la Dordogne et du Lot-et-Garonne sont plus touchés que le reste de la région par les nuisances environnementales étudiées (nombre de sites et sols pollués, logements anciens et indignes et pollution atmosphérique) et semblent présenter des indicateurs socio-économiques plus défavorables que la moyenne régionale. La population y cumule donc défaveur environnementale et défaveur sociale dans ce cas.

Par contre, les territoires périphériques de Bordeaux présentent des conditions socio-économiques meilleures mais cumulent les nuisances environnementales. Aucun lien entre la dimension environnementale et sociale ne ressort.

Enfin, au sud, la situation socio-économique semble plutôt satisfaisante malgré quelques inégalités (revenu plus élevé près de la côte, proportion des non diplômés plus importante au centre...) mais le territoire subit de nombreuses nuisances environnementales notamment à cause du trafic routier des autoroutes A63, A64 et A65.

L'ébauche d'un projet

Ce mémoire constitue un premier travail d'observation des inégalités environnementales. Il ne permet pas d'établir des relations mais simplement d'analyser la distribution des données étudiées.

En effet, seule une faible quantité de données est présentée dans ces cartes. Il manque bien évidemment l'étude d'un grand nombre de nuisances environnementales, d'indicateurs socio-économiques et sanitaires. Ainsi, nous n'avons pas été en mesure de représenter la qualité de l'eau sur toute la région. Les données étudiées sont celles rapidement et aisément disponibles et pertinentes dans le cadre des inégalités.

La qualité des données varie d'un paramètre à l'autre. Dans le cas de BASIAS par exemple, sur les 15700 sites référencés sur le site du ministère, 1502 n'ont pas pu être localisés

(manque d'informations, mauvais géo-référencement...) soit une perte de 10% des informations. Les dates, les fréquences et la mise à jour des données sont très variables d'un paramètre à l'autre. Enfin, gardons à l'esprit les biais spécifiques au fichier FILOCOM (regroupement de quatre fichiers de dates différentes, données tenues secrètes, propos déclaratifs...).

Les données récoltées ne sont pas toutes à la même échelle ce qui rend complexe les comparaisons. Dans le temps imparti pour ce mémoire, les conversions d'échelles n'ont pas pu être réalisées. Ainsi pour les données socio-économiques l'unité des cantons a été utilisée car plus fine que les départements mais suffisamment large (contrairement aux communes ou IRIS) pour une étude régionale. Les données sanitaires ont été fournies à l'échelle des ESP. Au regard de leur faible nombre (26 dans toutes la région), l'échelle des ESP est inadaptée à l'étude d'inégalités. A cela s'ajoute, les difficultés de mettre en exergue une relation exposition-événement sanitaire déjà évoqués (délai d'apparition de la maladie, mobilité des personnes, maladies multifactorielles...). Nous n'avons pas pu comparer avec les données socio-économiques et / ou environnementales.

Enfin, ce premier travail est uniquement descriptif, aucun test statistique sur les données n'a été réalisé pour mettre en évidence des différences significatives et / ou des relations entre les paramètres. Il est donc difficile de conclure sur des relations avérées.

Cette ébauche d'étude des inégalités environnementales en Aquitaine constitue une étape préalable. Elle permet d'identifier les différentes caractéristiques des zones géographiques afin d'identifier celles qui présentent des défaveurs et pour quels paramètres. Surtout, confirmant des inégalités perceptibles dans les cartes décrites, elle souligne la nécessité de mener et poursuivre une étude approfondie.

Partie 2 : Discussion autour des trois approches, quel choix pour l'Aquitaine ?

I. Comparaison des trois approches

La description et l'étude des trois approches nous permet d'identifier les points forts qui pourraient être repris par la région Aquitaine dans le cadre de l'étude des inégalités environnementales. Le tableau comparatif suivant présente un récapitulatif des caractéristiques des trois approches.

Outils/approche	PLAINE	Equit'Area	PACA
Données environnementales / sources	Echelle nationale : ETM / BD ETM et RMQS (INRA) Echelle régionale : selon les données voulues et/ou fournies par la région	PM ₁₀ , NO ₂ / AASQA Proximité aux industries polluantes / bases EPER et industries Seveso Proximité aux espaces verts / Land Cover Nuisances sonores / CSTB	<u>Indice AIR :</u> PM ₁₀ , NO ₂ , O ₃ / AIR PACA <u>Indice EAU :</u> Qualité microbiologique, présence de pesticides / SISE EAUX <u>Indice SOL :</u> densité BASOL et BASIAS, <u>Indice HABITAT :</u> Part de PPPI, logements construits avant 1949 / FILOCOM
Données socio-économiques	Somme de 4 variables pondérées par ACP : le revenu médian, le pourcentage de bacheliers chez les plus de 15 ans, le pourcentage d'ouvriers et le taux de chômage.	Indice de défaveur socio-économique obtenu par ACP, 19 ou 21 variables (selon l'agglomération) retenues	Somme de cinq variables : le niveau de revenu médian, le taux de chômage, la part de non diplômés chez les 15 ans et plus, la proportion de logements en location, la part de familles monoparentales
Données sanitaires / Sources	Selon le projet : cancer	Mortalité infantile / Registre des décès (mairie), CepiDC A venir cancer du sein	Taux d'affection de longue durée ALD / ORS PACA, ARS
Unité géographique	Selon la volonté du pétitionnaire	IRIS	ESP et communes
Méthodologie	A partir des concentrations, calcul d'une dose d'exposition par ingestion et inhalation par un modèle	Etude du lien entre condition socio-économique et exposition environnementale	Traitement des données Définition d'un IDE global et par milieux calculés à partir du premier axe d'une ACP

	(MODUL'ERS). Combinaison de ces doses pondérées par des valeurs toxicologiques de référence au préalable pour aboutir à un indice de risque spatialisé	<p>Etude du lien entre condition socio-économique et événement de santé</p> <p>Etude de l'effet modificateur potentiel de la condition socio-économique sur la relation cumul d'expositions environnementales et événement de santé</p> <p>Différentes approches statistiques (approches bayésiennes, modèles de Gram et multi-niveaux et analyses multi-dimensionnelles)</p>	<p>pour évaluer l'intensité du cumul des expositions.</p> <p>Réalisation d'une CAH pour établir un regroupement des ESP ou communes aux caractéristiques proches.</p>
Principaux avantages spécifiques*	<p>Echelle fine</p> <p>Construction de carte d'incertitudes</p> <p>Prise en compte du risque réel (utilisation des VTR)</p> <p>Possibilité de « zooms » pour connaître le poids des différentes nuisances et voies d'exposition dans l'indice de risque spatialisé</p> <p>Accompagnement de l'équipe de l'INERIS</p> <p>Calcul de l'exposition réelle avec inhalation et ingestion</p>	<p>Echelle fine de l'IRIS</p> <p>Croisement des données environnementales, sanitaires et socio-économiques</p> <p>Indice de défaveur socio-économique construit à partir de nombreuses variables</p> <p>Prise en compte de la nuisance sonore, et d'une aménité environnementale (les espaces verts).</p> <p>Nombreuses méthodes statistiques</p>	<p>Cartes facilement interprétables et opérables</p> <p>Echelles pertinentes dans le cadre de politiques publiques et de comparaisons futures</p> <p>Etude du cumul de neuf nuisances environnementales</p> <p>Deux méthodes statistiques complémentaires</p> <p>Approche accessible à toutes les ARS (sous condition d'un logiciel de traitement tels que STATA ou XL'STAT)</p>

		testées pour le cumul des expositions et pour le croisement avec les données socio-économiques et sanitaires	
Principales limites spécifiques*	<p>Pour le moment seulement ETM (HAP en cours) en France</p> <p>Quelques incohérences dans les résultats en Aquitaine</p> <p>Coût</p>	<p>Uniquement sur cinq agglomérations, pas d'étude en zones rurales</p> <p>En l'état de recherche</p> <p>Lien environnement-santé pas toujours établi (cf proximité aux industries polluantes)</p> <p>Calcul de l'accumulation des nuisances environnementales ou multi-exposition pas encore aboutie</p>	<p>Seulement étude des disparités environnementales</p> <p>Evolutions ou tendances inobservables (pas de description de la situation initiale)</p> <p>Inconvénients liés aux méthodes statistiques employées</p> <p>Non prise en compte du risque réel (utilisation de concentrations brutes)</p> <p>Auto-corrélation spatiale non étudiée</p> <p>Seulement 26 ESP en Aquitaine, unité géographique trop large.</p>
Faisabilité, perspective pour l'Aquitaine	<p>Intégration de la région dans le projet CIRCE</p> <p>Possible collaboration dans un projet pour l'étude des pesticides</p>	<p>Application à l'agglomération Bordelaise ?</p>	<p>Réalizable pour la région Aquitaine avec amélioration sur le choix des données (ajouter nuisances sonores et industries polluantes par exemple)</p> <p>Possible intégration des données sanitaires et socio-économiques</p>

Tableau 1: Tableau comparatif des trois approches. *Spécifiques, car ne sont pas repris les limites et avantages de chaque approche, telles que les difficultés de recueil des données ou la non-exhaustivité des données étudiées.

L'analyse comparative de ces trois méthodes aide à définir une stratégie pour représenter les inégalités environnementales en Aquitaine.

II. Données pertinentes pour l'Aquitaine

La première étape, la plus importante, est celle du choix des données à intégrer dans l'étude. L'idéal est d'étudier un maximum de nuisances, ayant au moins un effet sur la santé reconnu. Cependant, au regard des difficultés du recueil des données (bases non-existantes, échelle non adéquates, données manquantes, délai d'obtention, éventuel coût...), le choix résulte d'un compromis. Les paragraphes suivants détaillent les données pouvant être prises en compte selon leurs impacts sanitaires et leur accessibilité.

Echelle ou unité géographique

L'étape préalable à l'étude est le choix de l'échelle. Il dépendra de plusieurs paramètres. Les inégalités existant parfois même entre deux quartiers voisins, l'idéal est donc de les représenter à l'échelle la plus fine possible. Des mailles de surfaces définies ou la commune semblent être des échelles idéales. Cependant de nombreux obstacles se présenteront :

- L'accessibilité des données à des échelles les plus fines
- La précision des valeurs
- Le délai d'obtention de certaines données
- Les données manquantes dans certains territoires par manque de mesures et ou par population trop petite

Ainsi, le choix de l'échelle résultera d'un compromis entre les différents paramètres que sont la finalité (aide à la décision pour les politiques communales, pour les systèmes de soins...), l'objectif (observation précise ou simple identification de tendances) du projet et les moyens (financiers, personnels, matériel et durée) qui lui seront attribués.

La région Aquitaine est divisée en seulement 26 espaces de santé de proximité, ce qui est trop faible pour rendre compte de la variété des territoires, tandis que l'échelle des communes, qui sont au nombre de 2296 risque de poser de difficultés de recueil et d'interprétation des données. Les IRIS sont au nombre de 493, les cantons 235 et les intercommunalités 132 ; ces échelles semblent être des bons compromis. Cependant, la prochaine réforme prévoit un regroupement des cantons, il conviendra alors de choisir une des deux autres échelles.

Choix des données environnementales

➤ Qualité de l'air extérieur

Une mauvaise qualité de l'air provoque de nombreux effets néfastes sur la santé. Ainsi, en 2012, 3,7 millions de décès prématurés ont été attribués à la pollution atmosphérique

(OMS, 2014). La loi LAURE¹³ du 30 décembre 1996 a reconnu à chacun le droit « de respirer un air sain ». La France a depuis renforcé la surveillance de la qualité de l'air par les AASQA, défini des seuils à ne pas dépasser et mis en place des mesures restrictives pour enrayer la pollution.

La pollution atmosphérique touche différemment les territoires, tant qualitativement, que quantitativement : plus forte concentration en ozone dans les zones rurales, mais tendance inverse pour le dioxyde d'azote (AIRAQ, 2014). La région Aquitaine est également concernée par cette problématique comme nous avons pu le voir dans la partie précédente.

Dans l'optique d'identifier des inégalités environnementales, il convient de sélectionner des polluants susceptibles d'y contribuer. Ainsi, les substances étudiées pourraient être :

- Le dioxyde d'azote (NO₂), pour deux raisons principales. Tout d'abord, ses effets néfastes sur le système pulmonaire et respiratoire ont été démontrés par de nombreuses études (Padilla, 2013 ; Deguen, 2010...). Ensuite, un niveau élevé en dioxyde d'azote est corrélé avec des niveaux élevés d'autres substances polluantes (monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, benzène et autres polluants émis par la circulation) et/ou participe à des réactions de synthèse entre elles (particules fines et ozone) (AIRAQ, 2014). Il constitue donc un témoin de la pollution. La région Aquitaine présente des concentrations inégales selon les territoires. Par exemple, les stations de proximité automobile ont des niveaux supérieurs (moyenne annuelle de 36 µg/m³ à Bordeaux) aux stations urbaines de fond (20µg/m³ à Mont de Marsan) et bien supérieurs aux zones rurales (3 µg/m³ au Temple). La moyenne annuelle du capteur Bordeaux-Gambetta dépasse même la valeur limite annuelle (41 µg/m³) (AIRAQ, 2014).

- Les particules PM₁₀ et PM_{2,5}. Elles proviennent de sources variées, telles que le chauffage (source majeure des PM_{2,5} en Aquitaine), les transports (source majeure des PM₁₀), des industries, ou encore des phénomènes naturels (érosion, pollens...). Les effets sur la santé sont nombreux mais les systèmes pulmonaire et cardio-vasculaire sont les plus touchés (OMS, 2005). Même si aucun capteur n'a dépassé la valeur limite annuelle (40 µg/m³ pour les PM₁₀ et 26 µg/m³ pour les PM_{2,5}) en 2013 en Aquitaine, certaines mesures dépassent les valeurs recommandées par l'OMS (20 µg/m³ et 10 µg/m³), en particulier à proximité des zones de trafic (*ib*).

- La concentration en Ozone (O₃). Son mécanisme de production complexe est dépendant de nombreux facteurs (quantité de précurseurs, conditions météorologiques...) et sa durée de vie peut être longue. Ainsi, il est présent sur tout le territoire et en plus grande quantité dans les zones périphériques (en centre ville, la population en consomme

¹³ Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie :

une partie). A titre d'illustration, la concentration obtenue est plus élevée au niveau du compteur situé à Iraty (*ib*).

Afin d'exploiter ces données, une modélisation des données relevées par les capteurs devra être élaborée afin d'avoir des valeurs pour tout le territoire. Les AASQA des régions Nord-Pas-De-Calais, PACA et Ile de France ont déjà été en mesure de les fournir pour leur territoire. Pour une meilleure représentativité du risque, il serait judicieux de les diviser par les seuils à ne pas dépasser, édictés par l'OMS.

Les teneurs en benzène, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre et benzo(a)pyrène sont évaluées par AIRAQ, mais n'ont pas révélé d'inégalités ces dernières années et sont, en général, bien en dessous des directives de l'OMS (AIRAQ, 2014). Il n'est donc pas prioritaire de les étudier.

➤ Qualité des lieux de vie

Nous passons plus de 85% de notre temps dans un espace clos (HCSP, 2012). Il est donc indispensable d'évaluer la qualité des logements, pour vérifier si elle ne contribue pas également à générer des inégalités.

Pour la qualité du logement intérieur, les logements recensés au PPPI et les logements anciens (construits avant 1949) présentent souvent des caractéristiques défavorables (moisissures, plomb, salissures...). Leur recensement offre un aperçu de la qualité de l'habitat pour les logements privés. Pour les lieux et résidences publics et collectifs, de nombreuses campagnes de mesures sont menées, mais il n'existe pas encore de résultats représentatifs de la région Aquitaine. Une campagne expérimentale a été menée en 2009 et 2011, pour mesurer la qualité de l'air intérieur (concentration en benzène, formaldéhyde et taux d'aération) sur 300 établissements ; quatorze d'entre eux étaient en Aquitaine. 43% des établissements présentaient une situation excellente sur tous les paramètres investigués (indice de confinement inférieur à 3, concentration annuelle en formaldéhyde inférieure à 30 µg/m³ et en benzène inférieure à 3 µg/m³). Pour les autres, la qualité fut qualifiée de correcte et l'adoption de bonnes pratiques devrait encore l'améliorer.

Ces résultats sont satisfaisants mais ne doivent pas faire oublier la nécessité de continuer les investigations, notamment dans d'autres espaces clos où nous passons du temps : lieux professionnels, transports en commun.... De nouvelles campagnes de mesures, dans les lieux publics fréquentés au quotidien, devraient être réalisées afin d'évaluer les risques quant à la qualité des lieux de vie.

➤ Qualité du sol

La qualité du sol peut avoir des impacts sanitaires. En effet, les possibilités d'exposition sont multiples : ingestion de sol (pour les enfants), d'eau, de végétaux contaminés,

inhalation de polluants remis en suspension... Les polluants peuvent atteindre les organismes et se révéler toxiques. Des éléments traces métalliques sont régulièrement trouvés dans les sols pollués mais également des composés organiques, comme les hydrocarbures sont décelés (INVS, 2009). La base de données « indicateurs de la qualité des sols » (INDIQUASOL) de l'INRA donne accès à la cartographie des teneurs en cadmium, nickel, cobalt, plomb, zinc et cuivre dans le sol. Analyser ces cartes permettrait de déterminer les substances problématiques dans la région et donc de les intégrer dans l'étude. Ensuite, il peut être intéressant de considérer les sites et sols pollués référencés dans la base de données BASOL. Cela pourrait refléter la concentration en substances polluantes diverses. Il faudrait alors calculer une densité de sols pollués en divisant par la surface du territoire.

➤ Qualité de l'eau

Historiquement le risque bactérien d'origine hydrique était le plus grave et le plus fréquent. Grâce à l'amélioration des conditions d'hygiène et à la surveillance de la qualité de l'eau, ces épidémies sont désormais rares en France. Cependant, l'eau reste un milieu sensible au développement bactérien et aux contaminations physico-chimiques. De nombreux paramètres sont mesurés avec des fréquences différentes. Avant de statuer sur ceux qui méritent d'être pris en compte, il serait judicieux dans un premier temps d'identifier l'origine de la majorité des taux de non conformités et ne conserver que ceux dont le problème pourrait avoir des conséquences sanitaires en Aquitaine.

➤ Indicateurs de proximité aux sources polluantes et bruyantes

A l'image des approches étudiées, des indicateurs de proximité aux sources polluantes et bruyantes devraient être créés. En effet, ils engendrent deux types de nuisances :

- Le bruit qui constitue un véritable problème de santé publique. En effet, 43% des français disent être gênés par le bruit selon l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie¹⁴(ADEME) et ses conséquences sanitaires sont désormais reconnues : il est responsable de 15 % des journées de travail perdues et 20 % des hospitalisations psychiatriques. Comme 80% du bruit provient des transports (*ib*), celui-ci pourrait être représenté au travers des axes routiers et des aéroports.

- La pollution générée. La caractériser (substances, quantités...) n'est pas toujours évident, compte tenu de la grande variété des molécules émises. Ainsi, utiliser un indicateur de proximité permettrait de prendre en compte le possible impact néfaste des rejets d'entreprises polluantes.

Pour cela, la base de données des ICPE, les sites industriels en cours d'activité recensés dans BASIAS, les axes routiers dont le trafic est important et les aéroports doivent être

¹⁴ Site de l'ADEME consacré au bruit : www.ademe.fr/bruit

pris en compte. Il faudra ensuite statuer sur la définition des indicateurs. Plusieurs méthodes peuvent être envisagées, parmi elles :

- Calculs de densité, à partir du nombre d'industries, d'aéroport ou de kilomètres d'axes routiers, par exemple :

$$\text{Densité industries polluantes} = \frac{\sum \text{nombre de sites BASIAS en cours d'activité} + \text{nombre d'ICPE}}{\text{Superficie du territoire}}$$

- Calculs de pourcentage de population exposée à la nuisance, à partir du nombre d'habitants vivant à une distance proche de la source (industrie, axe routier ou aéroport). Ces trois indicateurs pourraient ensuite être utilisés et intégrés dans l'analyse. Malheureusement se posera le problème des sources situées sur les « bords » des territoires. En effet, dans ce cas de figure, bien que situées dans un seul territoire, certaines sources impactent également les territoires voisins.

➤ Accès aux espaces verts

L'effet bénéfique sur la santé de la présence d'espaces verts à proximité des lieux de vie a été démontré à plusieurs reprises (Kihal-Talantikite, 2013 ; Alcock, 2014 ; INSPQ, 2011). Dans sa revue de littérature, Sandrine Manusset¹⁵ fait état de 21 effets bénéfiques touchant directement la santé mentale et physique ou indirectement par l'amélioration des facteurs socio-économiques et écologiques.

La base de données Corine Land Cover¹⁶, pilotée par l'agence européenne de l'environnement (sa partie française est assurée par le service de l'observation et des statistiques du MEDDE), offre une imagerie satellite de l'occupation biophysique des sols. Il devient alors possible d'obtenir la proportion de surface verte dans l'IRIS.

Ce paramètre mérite d'être retenu dans les zones urbaines de la région Aquitaine où l'aménagement du territoire est très varié.

Ces données devront ensuite être traitées : transformation à l'échelle du territoire considéré (communes, ESP ou IRIS), centralisation et réduction des données, retrait des données redondantes ou encore remplacement des données manquantes.

Les données sanitaires et socio-économiques qui pourraient être intégrées dans l'étude ne sont pas détaillées, car elles ne relèvent pas de l'objet du mémoire. Les bases de données de l'INSEE et de l'ORS Aquitaine apparaissent comme les deux principales bases ressources pour les fournir.

Une fois les données récoltées et traitées, il convient de les exploiter, afin d'identifier les inégalités et de les représenter pour une interprétation par les différentes instances décisionnelles.

¹⁵ Manusset S, 2012. Impacts psycho-sociaux des espaces verts dans les espaces urbains. Développement durable et territoire. Vol. 3, n° 3

¹⁶ <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/li/1825/1097/occupation-sols-corine-land-cover.html>

III. Exploitation et représentation des inégalités environnementales en Aquitaine

L'exploitation des données fait appel à des méthodes et tests statistiques. Pour cela, il faudra, au préalable, disposer d'un outil de traitement statistique tel que STATA ou XL'STAT.

Analyse descriptive des données

Dans un premier temps, comme dans l'analyse descriptive de la région Aquitaine, chaque variable (environnementale, socio-économique et sanitaire) sera observée, une par une, afin d'identifier des différences ou tendances. Cette étape est indispensable pour plusieurs raisons : elle prévoit les futurs résultats, permet de détecter ceux qui pourront être aberrants et d'extraire des variables qui ne présentent pas d'intérêt pour l'étude (celles pour lesquelles les valeurs sont homogènes sur tout le territoire).

Croisement des données

Ensuite à l'aide de méthodes statistiques, une synthèse de ces données sera établie. Pour être complète, l'étude pourra croiser les données environnementales, socio-économiques et sanitaires. Différentes méthodes statistiques peuvent être envisagées pour ce faire.

➤ L'analyse multi variée

L'objectif de l'analyse multivariée est de traiter et visualiser simultanément plusieurs variables. L'intérêt est de synthétiser l'information pour une meilleure interprétation. Il existe différentes méthodes ; plusieurs d'entre elles pourraient être appliquées dans le cadre de l'étude d'inégalités environnementales en Aquitaine. En fonction de leurs résultats, il sera possible d'évaluer leur pertinence et de sélectionner la plus adaptée.

Une ACP et une Analyse Factorielle Multiple (AFM) pourraient être ainsi réalisées, à l'image des approches de la région PACA et Equit'Area. Elles permettraient de calculer un indice de défaveur environnementale et, ainsi, comparer les territoires entre eux.

Une régression linéaire multiple pourrait également être testée, notamment pour le croisement avec les données sanitaires. La variable à expliquer serait l'événement de santé (taux de mortalité, prévalence de la maladie...) et les variables explicatives seraient les paramètres environnementaux et/ou socio-économiques.

➤ La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Utilisée par la région PACA et le projet Equit'Area, elle regroupe des territoires aux caractéristiques proches. Elle permettrait de compléter les résultats obtenus et d'identifier sur quels paramètres agir en priorité dans chaque groupe. Il serait intéressant d'intégrer dans une CAH, les variables sanitaires et socio-économiques. Il sera ainsi envisageable

de voir si les territoires qui subissent les plus fortes nuisances environnementales sont également ceux dont les situations sanitaires et socio-économiques sont les plus dégradées.

➤ Les modèles bayésiens

Les modèles bayésiens sont particulièrement adaptés pour les études où les données concernent une zone. Ils permettent d'étudier la distribution spatiale d'un événement. Ainsi un nouveau facteur est intégré : celui de l'influence du voisinage. Ces modèles permettent ainsi de prendre en compte la dépendance spatiale d'une variable. Cette méthode, appliquée par les équipes du programme Equit'Area, a apporté des résultats prometteurs.

D'autres modèles peuvent être appliqués.

De ce fait plusieurs méthodes statistiques peuvent être envisagées (cf. Annexe 3). Il serait intéressant d'en tester plusieurs, afin de pouvoir comparer les résultats, de confirmer les observations et d'éviter les erreurs.

L'analyse comparative des trois approches de représentation des inégalités environnementales permet d'identifier les points forts de chacune d'elles et surtout ceux qui, en plus d'être pertinents, pourraient être repris par la région Aquitaine. Elle permet aussi de proposer une méthodologie envisageable pour la région Aquitaine, si l'ARS souhaite s'engager dans une démarche d'identification et de prévention des inégalités environnementales. Le tableau en annexe 10 en résume les étapes. Des modifications peuvent être apportées en fonction des moyens et des objectifs. Cette méthodologie est bien sûr perfectible, des biais et incertitudes seront générés. Il convient d'en tenir compte pour éviter toute conclusion inadéquate.

Partie 3 : Discussion et perspectives

I. Représenter les inégalités : un travail complexe

Bien qu'indispensable, l'étude des inégalités se révèle complexe, ainsi un travail de réflexion préalable est nécessaire pour effectuer les bons choix et éviter les erreurs.

Difficultés du recueil

La plus grosse difficulté dans un tel projet demeure l'étape du recueil des données. En effet, l'environnement étant un domaine très vaste, chacune de ses composantes est traitée par un ou plusieurs organismes à la fois. Ainsi, pour étudier la qualité de l'air, il sera fait appel aux AASQA, pour la qualité de l'eau aux données SISE disponibles auprès

des ARS...Les délais d'attente pour l'obtention des valeurs peuvent se révéler longs et leur coût important.

La qualité est également bien souvent hétérogène. Elle dépend de la précision de la mesure (bien souvent dépendante des instruments de mesure), mais aussi de sa fréquence et de son actualisation. Ainsi, les données de la qualité de l'air fournies par AIRAQ datent de 2013, mais, en revanche, le fichier FILOCOM regroupe des fichiers de dates différentes, ce qui peut provoquer des incohérences.

L'échelle de la mesure varie aussi d'un facteur à un autre. Par exemple, la qualité de l'eau est caractérisée à l'échelle de distribution de l'eau potable (UDI), les données de l'habitat, à l'échelle des communes... La transformation en une échelle homogène est bien souvent source d'erreurs (délimitation incertaine, besoin de connaître la population à l'instant précis de la mesure).

Nature des données

Le choix des données ne se révèle pas toujours évident. En effet, il existe parfois une multitude de bases de données pouvant signaler une nuisance environnementale. Prenons le cas de la proximité aux industries polluantes, quelles bases choisir ? Nous pouvons utiliser BASIAS pour l'inventaire des sites ayant accueillis ou accueillant toujours des industries, EPER qui recense les rejets et transferts de polluants dans l'eau, l'air et le sol, la base de données des ICPE ou encore la base de données des industries Seveso. Le plus rigoureux serait de prendre en compte chaque industrie qui se trouve dans une de ces bases. Cependant, il n'est pas toujours facile de l'identifier et nous risquons ainsi de comptabiliser plusieurs fois un même établissement et donc surestimer la nuisance. Il en est de même pour les nuisances sonores. Alors qu'une directive européenne de 2002, transposée en droit français en 2006, imposait la création de cartes de bruit. De nombreux acteurs différents ont été sollicités et il s'avère complexe d'obtenir des valeurs de même nature sur toute une région.

Le choix de l'unité des données étudiées doit aussi être cohérent avec l'objectif du projet. En effet, les bases communiquent un grand nombre d'informations qui peuvent être des concentrations brutes, des maximales, des pourcentages de non-conformités ou de population (exposée à une nuisance), des densités (en nombre) d'industries ou d'espaces verts ou de dépassements ou d'accidents mais aussi un nombre de jours où les normes ne sont pas respectés. Il convient donc, avant leur recherche, de statuer sur la nature des données nécessaires pour le projet. Dans le cadre d'étude de disparités environnementales, nous privilégierons des valeurs de concentrations ou de quantités brutes divisées par des seuils de recommandations de l'OMS.

Enfin, la méthodologie proposée représentera principalement les disparités environnementales. A l'exception des indicateurs de proximité, elle ne s'intéresse pas à la population exposée. Ainsi, il faudra, avant de mettre en œuvre des mesures correctrices

sur les territoires exposés, étudier les caractéristiques des habitants (démographie, budget espace-temps, mobilité des personnes...), afin de prévoir des actions adaptées. Dans ce sens, la volonté du programme Equit'Area de construire une matrice de mobilité est particulièrement pertinente.

L'impossible exhaustivité des nuisances et / ou de leurs sources

Toutes les nuisances ne peuvent pas être intégrées dans une telle étude.

La première raison réside dans le choix de ne pas prendre en compte une nuisance, car non problématique dans la région. C'est le cas de certains ETM, pour lesquels la modélisation de PLAINE n'a pas révélé d'indicateur de risque supérieur à 1.

La deuxième raison est l'absence de données. Alors que certaines nuisances sont mesurées et disponibles dans plusieurs bases de données, d'autres, en revanche, sont absentes et pour le moment peu étudiées. De plus, certaines sont mesurées dans un milieu, mais pas dans d'autres (certains pesticides dans l'eau mais pas dans l'air). Plusieurs raisons peuvent expliquer ces lacunes :

- L'impact sanitaire de la nuisance n'a été prouvé que récemment ou n'est pas encore prouvé.
- La présence de cette nuisance dans l'environnement est récente : cas d'une substance mise sur le marché récemment.
- Il n'existe pas de techniques ou d'outils pour mesurer la substance.
- Sa mesure se révèle intrusive (cas de substance de l'air intérieur).
- Certaines voies d'exposition sont négligeables par rapport à d'autres.

Ainsi de nombreuses substances, voire des nuisances, ne peuvent être prises en compte dans l'étude des inégalités environnementales. Trois lacunes méritent d'être plus particulièrement évoquées dans ce mémoire.

➤ La qualité de l'air intérieur

La qualité de l'air intérieur est étudiée dans l'approche de la région PACA au travers de l'indice HABITAT ; cependant, les données du PPPI et des logements anciens (avant 1945) ne reflètent pas vraiment la qualité de l'air intérieur. Différentes substances toxiques de l'air intérieur ont été identifiées et mesurées dans certains lieux de vie, notamment les écoles. Diverses substances reconnues néfastes pour la santé méritent d'être mesurées dans les habitations (monoxyde de carbone, composés organiques volatils, dioxyde d'azote...), des campagnes de mesure menées par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur ¹⁷(OQAI) ayant montré l'ampleur de la problématique. Connaître si la qualité de l'air intérieur diffère selon les territoires est nécessaire si tel est le cas, car elle est un facteur qui participe aussi aux inégalités environnementales.

¹⁷ Site de l'OQAI : <http://www.oqai.fr>

➤ Part de l'alimentation non déterminée

Une des sources majeures de l'exposition à des substances toxiques est la voie alimentaire. Pour certaines substances, elle demeure la voie prépondérante comme déjà évoqué pour les pyréthriinoïdes. Il est vrai qu'il est complexe, voire impossible, d'étudier des inégalités en matière de contamination alimentaire. Il faudrait pour cela connaître la teneur en substances toxiques des denrées consommées par la population. Cela supposerait de connaître les habitudes de consommation (quantité, qualité, mode de cuisson...) et l'origine des aliments consommés (lieux de production et de transformation). Des études sur les habitudes alimentaires et des mesures de contamination des aliments ont été menées par des agences comme l'EFSA (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments) au niveau européen ou par l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) au niveau national, mais pas encore à l'échelle locale de l'Aquitaine. Il s'avère donc, à l'heure actuelle, impossible de tenir compte de la voie alimentaire dans la représentation des inégalités environnementales, bien qu'il s'avère qu'elle ait un rôle prépondérant.

➤ Des substances non prises en comptes

D'autres molécules ou indicateurs devraient être étudiés, mais pas ou peu de données sont disponibles les concernant. Parmi elles, les pesticides. La région Aquitaine est une grande terre d'agriculture variée. Première région française de production de vins d'appellation, mais aussi de fraises, de kiwis, de prunes d'Ente, de noix et de canards (DRAAF, 2012), les pratiques agricoles ont l'habitude d'utiliser pour ces différentes cultures une multitude de traitements phytosanitaires, différents par leur nature et par leur dosage. Une étude, menée par l'InVS en 2012, a observé que le déclin de taux de spermatozoïdes est plus marqué dans les deux plus grosses régions viticoles que sont l'Aquitaine et Midi-Pyrénées, que dans le reste de la France. Les pesticides employés pourraient en partie expliquer ce phénomène (Le Moal, 2014). Ces substances devraient donc être intégrées dans l'étude, mais, à l'exception des teneurs dans l'eau, les données demeurent insuffisantes à ce jour.

Toutes les nuisances ne peuvent donc pas être prises en compte par manque de temps, de moyens et surtout de valeurs mesurées. L'étape de la collecte des données est donc particulièrement délicate et résulte de compromis, pour se révéler être la plus exhaustive possible. Après ce travail, il convient de manipuler ces données dans l'objectif d'obtenir des résultats interprétables et représentatifs de la réalité.

II. Lien avec des données sanitaires et socio-économiques

La loi de santé publique de 2004¹⁸ et la prochaine à paraître avant la fin de l'année soulignent l'importance des inégalités sociales de santé (Touraine, 2014). Les réduire est un véritable enjeu de santé publique. L'environnement étant un des déterminants majeurs de la santé, il est primordial de comprendre et d'appréhender les relations entre conditions environnementales, socio-économiques et état de santé.

Choix des données

Le recueil et le choix des données socio-économiques rencontrent les mêmes difficultés que pour celles qui concernent l'environnement : pluralité des bases, nombreux organismes à solliciter, hétérogénéité dans la qualité et la nature des données, délai d'obtention, possible coût, non exhaustivité...

Plusieurs indices de défaveur socio-économique ont été développés. Les trois approches présentées dans ce mémoire ont opté pour un indice différent, ce qui est regrettable dans l'optique d'une comparaison. Celui construit par les chercheurs du programme Equit'Area prend en compte toutes les variables identifiées comme discriminantes dans les inégalités socio-économiques, il est dans ce sens le plus abouti. Toutefois, le temps nécessaire pour le recueil et le traitement des données doit être plus long dans ce cas, que celui nécessité par l'utilisation de l'outil PLAINE (avec quatre variables seulement).

Le choix des données sanitaires s'avère également complexe. Pour rendre compte de l'impact sur la santé des inégalités environnementales, l'idéal serait de connaître une maladie dont la cause est, du moins en grande partie, due à un cumul de nuisances environnementales. Or, la plupart des maladies sont multifactorielles. Selon les approches, différents événements sont ou vont être étudiés : mortalité infantile par Equit'Area, cancers par PLAINE et ALD par la région PACA. Toutes ces pathologies méritent d'être étudiées. A partir d'une ACP sur les taux de maladies dont l'environnement a été identifié comme une des causes, il peut être envisagé de définir un indice de santé environnementale correspondant à la somme pondérée (par les coefficients de l'ACP) de ces maladies.

Lien pas toujours établi

Une difficulté de ces études est de mettre en évidence les liens entre conditions socio-économiques, sanitaires et environnementale. Cela peut s'avérer pénalisant dans le cadre de la poursuite de l'étude ou de la justification de l'intérêt du projet. Comme déjà évoqué, plusieurs raisons expliquent l'absence de lien : décalage entre l'exposition et l'apparition de la maladie, maladies plurifactorielles, mobilité des personnes, expositions professionnelles, nuisances non prises en compte...

¹⁸ LOI n° 2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique :

Méthodes de croisement

Agréger et croiser des données entraîne toujours une perte d'information et génère des incertitudes. Il faudra veiller à opter pour la méthode statistique la plus adaptée aux données. L'interprétation des résultats doit donc toujours être faite avec précaution.

III. Valorisation du mémoire

Ce mémoire sera présenté aux ingénieurs de génie sanitaire des cinq départements de l'Aquitaine. A partir des différentes cartes établies, des campagnes de mesures, pour confirmer ou infirmer une surexposition, seront réalisées.

L'ARS a signé une convention avec l'ISPED (Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement) afin d'être accompagnée dans ces différents projets de recherche. Continuer le travail débuté lors de ce mémoire pourrait devenir leur nouveau axe de recherche pour le domaine de la Santé-Environnement.

Enfin, les cartes d'état de santé serviront aux services de l'ARS (offre de soin ou autre) par exemple pour orienter les nouvelles campagnes de dépistages du cancer du sein.

Nous avons pu voir que l'Aquitaine est également confrontée aux problèmes des inégalités environnementales sur son territoire. Les étudier permettrait de mettre en place des mesures efficaces pour leur réduction. Les trois approches analysées peuvent aider à la réflexion de la méthodologie à mettre en place : données à prendre en compte et tests statistiques. Ainsi un protocole est proposé pour l'étude des inégalités environnementales en Aquitaine. Les limites et difficultés imposeront des précautions lors de l'interprétation des résultats.

.

C o n c l u s i o n

Les inégalités environnementales peuvent contribuer en partie aux inégalités de santé dont la réduction fait désormais partie des enjeux majeurs de politiques publiques. Le terme « inégalités environnementales » est associé à de nombreuses notions.

Afin d'envisager des mesures efficaces pour leur réduction, il convient au préalable de connaître et comprendre comment les inégalités environnementales se répartissent quantitativement et qualitativement sur le territoire. L'environnement étant un domaine très vaste et complexe, leur étude requiert le développement de modèles multi milieux. Trois approches ont été décrites dans ce mémoire.

La première, l'outil PLAINE de l'INERIS, permet de cartographier sur toute la France le risque lié au cadmium, au plomb et au nickel ainsi qu'à certains hydrocarbures aromatiques polycyclique (HAP). Sur demande et / ou au travers de ses programmes de recherches, elle peut également s'intéresser à d'autres substances. Equit'Area est un programme de recherche qui vise à comprendre les relations entre les dimensions socio-économique, environnementale et sanitaire. Enfin, la région Alpes-Provence-Côte d'Azur a traité des données environnementales à l'aide de deux méthodes statistiques : une ACP qui permet de calculer un indice de défaveur environnementale et une CAH qui regroupe les territoires aux caractéristiques environnementales les plus proches. Ces trois approches mettent en évidence des inégalités environnementales sur les territoires étudiés. Les connaître et les comprendre permet d'identifier les paramètres sur lesquels agir en priorité pour les réduire.

Chaque approche présente ses limites et ses inconvénients. A partir de leur analyse et en s'appuyant sur la répartition des nuisances en Aquitaine, une méthodologie pour la région est proposée dans ce mémoire. Elle permet de guider et d'orienter la région dans sa démarche tout en la prévenant des difficultés et limites qu'elles risque de rencontrer.

Bibliographie

Agence Nationale de l'Habitat (ANAH). 2008. *Présentation synthétique de la méthode PPPI, de ses intérêts et limites*. 11 pages.

Agence Régional de Santé PACA. 2014. Les inégalités en santé environnementale des territoires en région PACA. *La santé observée / Info Stat*, n°20. (En état de projet)

AIR Aquitaine AIRAQ (AASQA région Aquitaine). 2014. *Bilan des données 2014*. ET/PE/14/01, 114 pages

AIRAQ. 2011. *Campagne nationale Air intérieur - Ecoles et Crèches - Synthèse des résultats pour la région Aquitaine* [en ligne]

Disponible sur :

http://www.airaq.asso.fr/fileadmin/user_upload/redacteur/synthese_80_Air_interieur_ecoles_creches.pdf (Consulté le 01/08/2014).

Alcock I., White M. p., Wheeler B. W., Fleming L. E. et Depledge M. H. 2014. Longitudinal Effects on Mental Health of Moving to Greener and Less Green Urban Areas. *Environmental Science and Technology*. 48 : 1247-1255

Benmharnia T. 2009. *Les inégalités environnementales et leurs rôles dans les inégalités sociales de santé : état de l'art et réflexions sur développement d'indicateurs de défaveur environnementale*. Mémoire de diplôme d'ingénieur du génie sanitaire à l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique. 120 pages.

Bidou D, Diebot W, Helias A et Crepey G, 2005. Rapport de l'inspection générale de l'environnement. *Les inégalités écologiques en milieu urbain* [en ligne]

Disponible sur : www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/144000002/ (Consulté le 06/06/2014)

Boutaud A. 2012. Inégalités et solidarités écologiques [en ligne]. *Mediaterre*.

Disponible

sur : <http://www.mediaterre.org/docactu,dmpheS9kb2NzL2Fib3V0YXVkcGp1cmlpbmVnYWxpZGVzLXNvbGkYXJpdGVzLWVjb2xvZ2lxdWVzc21hbGw=,1.pdf> (Consulté le 02/06/2014)

Caudeville J, 2013. Caractériser les inégalités environnementales. Extrait du rapport de Laurent Eloi *Vers l'égalité des territoires*.

Disponible sur : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/134000131/>. (Consulté le 04/06/2014)

Chièze F, David D, Durand F, Pipien G et Renucci A, 2013. Rapport : Contribution à l'évaluation du deuxième plan national santé environnement 2009-2013 [en ligne]

Disponible sur : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/054000572/0000.pdf> (Consulté le 06/06/2014)

Commission des Déterminants Sociaux de la Santé, 2008. Rapport : Réduire les inégalités en matière de santé par une action sur les déterminants sociaux de la santé [en ligne]

Disponible sur : <http://www.euro.who.int/fr/publications/abstracts/environmental-health-inequalities-in-europe.-assessment-report> (Consulté le 02/06/2014)

Conseil Régional d'Aquitaine et Chambre de Commerce et d'Industrie de la région Aquitaine (CCIRA), 2011. L'Aquitaine en chiffres [en ligne]

Disponible sur :

http://www.aquitaine.fr/content/download/376/4590/file/Aquitaine_en_chiffres.pdf

(Consulté le 04/07/2014)

Dahlgren et Whitehead. 1991. What can we do about inequalities in health. *The lancet*. n° 338. p. 1059 – 1063

Deguen S et Zmirou-Navier D, 2010. Social Inequalities resulting from health risks related to ambient air quality. A European review. *European Journal Public Health*. 20 (1) : 27-35

Deguen S, Padilla C, Lalloué B et Zmirou-Navier D. 2010. Infant mortality, deprivation and proximity to polluting industrial facilities – A small-scale spatial analysis with census block data (Lille Metropolitan Area, France). *Environnement Risques et Santé*. Vol 10, n°3 ; 216-21

Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt en Aquitaine (DRAAF). 2012. *Agreste Aquitaine Analyses et résultats*. N°55

Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement PACA (DREAL PACA). 2012. *Tableau de bord régional Santé Environnement, Edition 2012* [en ligne]

Disponible sur : <http://content.zone-secure.net/TBSE/> (Consulté le 07/07/2014)

European Commission. 2014. *The third health programme 2014-2020* [en ligne]

Disponible sur : http://ec.europa.eu/health/programme/policy/index_en.htm (Consulté le 06/06/2014)

Fiard E, 2013. *Documenter les inégalités environnementales en région Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Rapport de stage master 1 en Sciences Géographiques. Université de Nice Sofia-Antipolis.

Finidori E, Mayneris C, Michel A et Musseau P. 2014. *Pour une politique sociale écologique : protéger l'environnement et réduire les inégalités*. Média Part.

Haut Conseil de Santé Publique. 2009. *Rapport. Les inégalités sociales de santé : sortir de la fatalité* [en ligne]

Disponible sur : <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=113> (Consulté le 02/06/2014)

HCSP, 2012. Rapport : *Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos*. [en ligne]

Disponible sur : <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=278>. (Consulté le 01/08/2014)

HCSP. 2013. Evaluation du deuxième plan santé environnement [en ligne]

Disponible sur : <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=375> (Consulté le 06/06/2014)

INERIS, 2011a. *Identifier et hiérarchiser les inégalités d'exposition environnementale : Travaux préliminaires de l'INERIS sur la plateforme PLAINE* [en ligne]

<http://www.ineris.fr/centredoc/fiche-inegalites-1328093793.pdf>. (Consulté le 02/07/2014)

INERIS, 2011b. *Inégalités environnementales* [en ligne]

<http://www.ineris.fr/centredoc/dp-inegalites-environnementales-1322122298.pdf>.

(Consulté le 02/07/2014)

INERIS. 2012b. *Inégalités environnementales-PLAINE-Application à l'Aquitaine*. 30 pages.

INERIS. *Représentation intégrée et spatialisée du risque sanitaire* Réunion de présentation de l'outil PLAINE pour la région Aquitaine, décembre 2012a). 31 pages.

Institut de Veille Sanitaire (InVS). 2009. *Sols pollués et santé : une préoccupation de santé publique*. [en ligne]

Disponible sur : <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Sols-pollues-et-sante/Sols-pollues-et-sante-une-preoccupation-de-sante-publique> (Consulté le 29/07/2014)

Institut Français de l'Environnement (IFEN). 2006. Synthèse : Les inégalités environnementales [en ligne]

Disponible sur : http://elgateado.free.fr/mesdocuments/cours/terrain/IFEN2006_Les%20inegalites%20environnementales.pdf (Consulté le 04/06/2014)

Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ). 2011. Revue de littérature : *Les espaces verts urbains et la santé*[en ligne]

Disponible sur : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1274_EspacesVertsUrbainsSante.pdf. (Consulté le 01/08/2014)

Kihal-Talantikite W, Padilla CM, Lalloué B, Gelormini M, Zmirou-Navier D, Deguen S, 2013b. Green space, social inequalities and neonatal mortality in France. *BMC Pregnancy Childbirth*. 13(1):191

Kihal-Talantikite W, Padilla CM, Lalloué B, Rougier C, Defrance J, Zmirou-Navier D et Deguen S. 2013. An exploratory spatial analysis to assess the relationship between deprivation, noise and infant mortality: an ecological study. *Environmental Health*. 12:109. doi: 10.1186/1476-069X-12-109

Kihal-Talantikite W, Padilla CM, Lalloué B, Rougier C, Defrance J, Zmirou-Navier et D, Deguen S, 2013. An exploratory spatial analysis to assess the relationship between deprivation, noise and infant mortality: an ecological study. *Environ Health*. 12(1):109.

Laigle L et Tual M. 2007. Conceptions des inégalités écologiques dans cinq pays européens : quelle place dans les politiques de développement urbain durable. *Développement durable et territoires*. dossier 9

Lalloué B, Monnez JM, Padilla C, Kihal W, Le Meur N, Zmirou-Navier D et Deguen S. 2013. A statistical procedure to create a neighborhood socioeconomic index for health inequalities analysis. *Int J Equity Health*. 12 (1):21

Lang T. 2010. Les inégalités sociales de santé [en ligne] *adsp n°73 décembre 2010*. Disponible sur : <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/adsp?clef=113> (Consulté le 03/06/2014)

Laurent E. 2011. Pour une justice environnementale européenne, le cas de la précarité énergétique. *Observatoire des Conjonctures économiques*

Le Gall J et Harpet C. 2013. Rapport de synthèse : *Comment prendre en compte les inégalités sociales en santé environnement dans les projets d'aménagement et documents d'urbanisme ?* Mission confiée par l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique. Rapport non publié. 45 p.

Le Moal J, Rolland M, Gorla S, Wagner V, De Crouy-Chanel, Rigou A, De Mouzon J et Royère D pour l'INVS, (2014). Semen quality trends in French regions are consistent with a global change in environmental exposure. *Human Reproduction*. 29 (7): 1351-1352
le trichloroéthylène [en ligne]
Livre numérique disponible sur www.incertitudes.fr/proba-stat-acp/livre.pdf (Consulté le 07/07/2014)

Lucas JP, 2011. Historique de la réglementation relative à l'emploi de la céruse et des dérivés du plomb dans la peinture en France. *Environ Risque Santé*. 10 : 316-22. doi : 10.1684/ers.2011.0475

Manusset S. 2012. Impacts psycho-sociaux des espaces verts dans les espaces urbains. *Développement durable et territoire*. Vol. 3, n° 3

Martin A. 2004. *Analyse de données*. Polycopié de cours ENSIETA. Ref 1463.(utilisé en annexe 3)

Ministère de l'environnement du développement durable et de l'énergie (MEDDE). Données PPPI de 2009. Extraites du fichier FILOCOM, traitement CD Rom PPPI.

Ministère de la Santé et de la Protection sociale, Ministère de l'Écologie et du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE), Ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale et Ministère délégué à la recherche, 2004. *Plan National Santé Environnement 1*. 92 pages.

Ministère de la Santé et de la Protection sociale, Ministère de l'Écologie et du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE), Ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale et Ministère délégué à la recherche, 2009. *Plan National Santé Environnement 2*. 92 pages.

Muriel Andrieu-Semmel. 2013. Elaboration des politiques publiques PRSE 2 PACA Présentation lors de la journée de restitution. *Inégalités territoriales, environnementales et sociales de santé*, Paris

Observatoire des inégalités. 2014. *Les inégalités d'espérance de vie dans le monde* [en ligne].
Disponible sur : <http://www.inegalites.fr/spip.php?article1423> (Consulté le 03/06/2014).

OMS, 2011. *Déclaration politique de Rio sur les déterminants sociaux de la santé* [en ligne]. Conférence mondiale sur les déterminants sociaux de la santé.
Disponible sur : http://www.who.int/social_determinants/fr/ (Consulté le 06/06/2014)

OMS. 2012. Rapport. *Environmental health inequalities in Europe* [en ligne].
Disponible sur :
http://www.who.int/sdhconference/declaration/Rio_political_declaration_French.pdf?ua=1
(Consulté le 07/07/2014).

Organisation mondiale de la Santé (OMS). 1946. Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé, tel qu'adopté par la Conférence internationale sur la Santé, New York, 19-22 juin 1946; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 Etats. 1946; (Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé, n°. 2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948

Padilla C, Deguen S, Lalloue B, Blanchard O, Beaugard C, Troude F, Navier DZ et Vieira VM. 2013a. Cluster analysis of social and environment inequalities of infant mortality. A

- spatial study in small areas revealed by local disease mapping in France. *Sci Total Environ.*;454-455C:433-441. doi: 10.1016/j.
- Padilla C, Lalloué B, Pies C, Lucas E, Zmirou-Navier D et Deguen S. 2013b. An Ecological Study to Identify Census Blocks Supporting a Higher Burden of Disease: Infant Mortality in the Lille Metropolitan Area, France. *Maternal Child and Health Journal.* 18(1):171-9. doi: 10.1007/s10995-013-1251-8.
- Prüss-Üstün A et Corvalán. 2006. Rapport OMS 2006 *Prévenir la maladie grâce à un environnement sain* [en ligne]
Disponible sur : http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9242594201_fre.pdf?ua=1 (Consulté le 06/06/2014)
- Ramel V. 2011. *Comment aborder le problème des inégalités environnementales affectant la santé.* Mémoire de Master of Public Health. Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP). 58 pages.
- Rébeillé F, Austruy E, De Couesbouc S, Laporte J et Saintol N, 2014. *Evaluation des risques sanitaires liés aux pérythrinoïdes.* Rapport pour l'EHESP
- République française. 2004. *Loi n°2004-806 de santé publique.* JO du 9 août 2004. Texte 2
- République Française. 2009. *Loi n°2009-967 dite Grenelle 1.* JO du 5 août 2004. Texte 2
République Française. *Loi n°96-1236 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie.* JO du 30 décembre 1996.
- Rey G, Rican S et Jouglan E. 2011. Mesure des inégalités de mortalité par cause de décès. *BEH*
- Rouaud M, 2012. *Probabilité, statistiques et analyses multicritères* [en ligne]
- Roussel I et Charles L. 2011. Inégalités environnementales et sociales de santé et leurs déterminants. *Environnement Risque Santé.* Vol.10 n°3 mai-juin 2011
- Saib M, Caudeville J, Carre F, Ganry O, Trugeon A et Cicoella A. 2014. Spacial Relationship between Environmental, Socioeconomic and Health Data at Different Levels. *International Journal of Environmental Research and Public Health.*11, 3765-3786; doi : 10.3390.
- Touraine, 2014. Discours sur les orientations de la loi de santé présentés aux professionnels du secteur [en ligne]
Disponible sur : <http://www.sante.gouv.fr/marisol-touraine-presente-les-orientations-de-la-loi-de-sante.htm> (Consulté le 08/08/2014)
- United Nations Environnement Programme (UNEP). 2011. Visions for change : recommendations for effective policies on sustainable lifestyles. *Division of Technology, Industry & Economics*, p.86.
- Université de Nice, département de mathématiques, 2009. Classification automatique de données par la méthode hiérarchique ascendante. *Séquence : mathématiques pour la biologie, cours 7* [en ligne]
Disponible sur : <http://math.unice.fr/~ahrens/teaching/mpb2/COURS7.pdf> (Consulté le 07/07/2014)
- Wahl T. 2012. *Rapport de la conférence environnementale de septembre 2012* [en ligne]

Disponible sur http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/12011_Conf-env_Rapport-Thierry-Wahl_complet_12-09-12_light.pdf (Consulté le 07/07/2014).

Sites internet consultés :

Bibliothèque cartographique de l'OMS :
<http://gamapserver.who.int/mapLibrary/app/searchResults.aspx> (Consulté le 07/07/2014).

Site internet de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) :
<http://ineris.fr> (Consulté le 07/07/2014).

Projet de recherche Equit'Area de l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique
<http://www.equitarea.org/index.php/fr/> (Consulté le 07/07/2014).

Ministère de l'environnement du développement durable et de l'énergie (MEDDE). *Bases de données BASOL sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif* [en ligne]
Disponible sur : basol.developpement-durable.gouv.fr (Consulté le 08/08/2014)

Ministère de l'environnement du développement durable et de l'énergie et Bureau géologique de recherches ministères (GRGM). *Bases de données BASIAS (Inventaire historique des anciens sites industriels et activités de service* [en ligne]
Disponible sur : basol.developpement-durable.gouv.fr

Site internet de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) [en ligne]: <http://www.insee.fr/fr/> (Consulté le 08/08/2014)

Site internet de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) [en ligne]: <http://www.inserm.fr/> (Consulté le 08/08/2014)

Site internet de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie [en ligne]
Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12582>. (Consulté le 07/07/2014)

Site internet de l'Observation et Statistiques du MEDDE [en ligne]
Disponible sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/> (Consulté le 07/07/2014)

Site internet Score Santé de Fédération nationales des Observatoires Régionaux de Santé (FNORS) : <http://www.scoresante.org/score2008/index.htm> (Consulté le 07/07/2014)

Liste des figures :

Figure 1 : Les déterminants de la santé selon Dahlgren et Whitehead	9
Figure 2 : Concept des inégalités environnementales (Ramel, 2011)	12
Figure 3 : Paramètres pris en compte par l'outil PLAINE <i>extrait de la présentation de PLAINE pour la région Aquitaine (INERIS, 2012a)</i>	27
Figure 4: Principe du modèle de l'INERIS <i>extrait de la présentation de PLAINE</i>	28
Figure 5 : Etape du projet Equit'Area.....	34
Figure 6 : Mortalité infantile pour 100000 en 2006 (à gauche) et indice de défaveur sociale 2000-2009 dans l'agglomération Lilloise	36
Figure 7 : Mortalité infantile pour 100000 en 2000-2009 (à gauche) et indice de défaveur social en 1999 dans l'agglomération Lyonnaise	36
Figure 8 : Mortalité infantile pour 100000 en 2000-2009 (à gauche) et indice de défaveur social en 1999 dans l'agglomération Marseillaise	37
Figure 9 : % de population ayant accès à une eau potable dans le monde	III
Figure 10 : DALYs perdues dues à une mauvaise hygiène, toilettes et qualité de l'eau....	III
Figure 11 : Concentration en PM _{2,5} dans l'air dans le monde	IV
Figure 12 : Concentration en PM ₁₀ dans l'air dans le monde	IV
Figure 13 : DALYs dues à la pollution de l'air dans le monde.....	IV
Figure 14 : Emissions de PM ₁₀ en tonnes en 2010 en France.....	V
Figure 15: Emissions de NOx en tonnes en 2010 en France	V
Figure 16 : Taux standardisé de mortalité prématurée en France période 2000-2010.....	VI
Figure 17 : Taux standardisé de mortalité prématurée par cancer en France période 2000-2010.....	VI
Figure 18 : Processus d'une ACP	VIII
Figure 19 : Processus d'une CAH.....	IX
Figure 20 : Dendrogramme d'une CAH	X
Figure 21 : Concentration en NO ₂ (µg/m ³) et indice de défaveur agglomération de Lille (A), de Lyon (B) et de Paris intra-muros (C).....	XII
Figure 22 : Exposition au NO ₂ et défaveur socio-économique Agglomération de Lille	XII
Figure 23 : Exposition au NO ₂ et défaveur socio-économique Agglomération de Lyon ...	XII
Figure 24 : Exposition au NO ₂ et défaveur socio-économique département des Hauts-de-Seine.....	XIII
Figure 25 : Exposition au NO ₂ et défaveur socio-économique département du Val de Marne.....	XIII
Figure 26 : Corrélations entre les variables et les axes factoriels.....	XVI
Figure 27 : IDE global dans les ESP de PACA	XVII

Figure 28 : IDE pollution de l'air dans les ESP de PACA.....	XVII
Figure 29 : Dendrogramme de la CAH menée à l'ESP	XVIII
Figure 30 : Classification de la situation environnementale dans les ESP de PACA....	XVIII
Figure 31 : Profil des classes établies par la CAH	XIX
Figure 32 : Classification de la situation environnementale, intégrant l'indice de défaveur environnementale, dans les ESP de PACA.....	XX
Figure 33 : Sites et sols référencés sur BASOL en Aquitaine au 10/07/2014	XXI
Figure 34 : Anciens sites industriels et activités en service référencés dans BASIAS au 10/07/2014.....	XXI
Figure 36 : Part du PPPI dans les résidences principales du parc privé en Gironde (A), Dordogne (B), Landes (C), Lot-et-Garonne (D) et Pyrénées atlantiques (E) en 2011 ...	XXII
Figure 35 : Proportion des logements construits avant 1949 en Aquitaine	XXII
Figure 37 : Cartographies des émissions en PM ₁₀ (A), en PM _{2,5} (B), en oxydes d'azote (C) en kg/km ² en 2010 en Aquitaine et moyennes des maximales journalières en ozone (D) pour l'hiver 2012 en µg/m ³	XXIII
Figure 38 : Revenu médian par Unité de Consommation en Aquitaine en 2010	XXIV
Figure 39 : Taux d'emploi des 15 à 64 ans en Aquitaine en 2009	XXV
Figure 40 : Part de la population des 15 ans ou plus sans diplôme en Aquitaine en 2009	XXVI
Figure 41 : Espaces de santé de proximité de la région Aquitaine.....	XXVII
Figure 42 : Taux de mortalité prématurée en Aquitaine en 2006-2010	XXVII
Figure 43 : Taux de maladies de l'appareil respiratoire pour 100000 en Aquitaine en 2006 - 2009.....	XXVIII
Figure 44 : Taux de mortalité infantile (de 0 à 365 jours) pour 1000 naissance en Aquitaine sur la période 2005-2007	XXVIII
Figure 45 : Taux de cancers totaux pour 100000 en Aquitaine pour la période 2006 - 2009	XXIX
Figure 46 : Taux de mortalité par cancers du sein pour 100000 en Aquitaine pour la période de 2006-2009	XXX

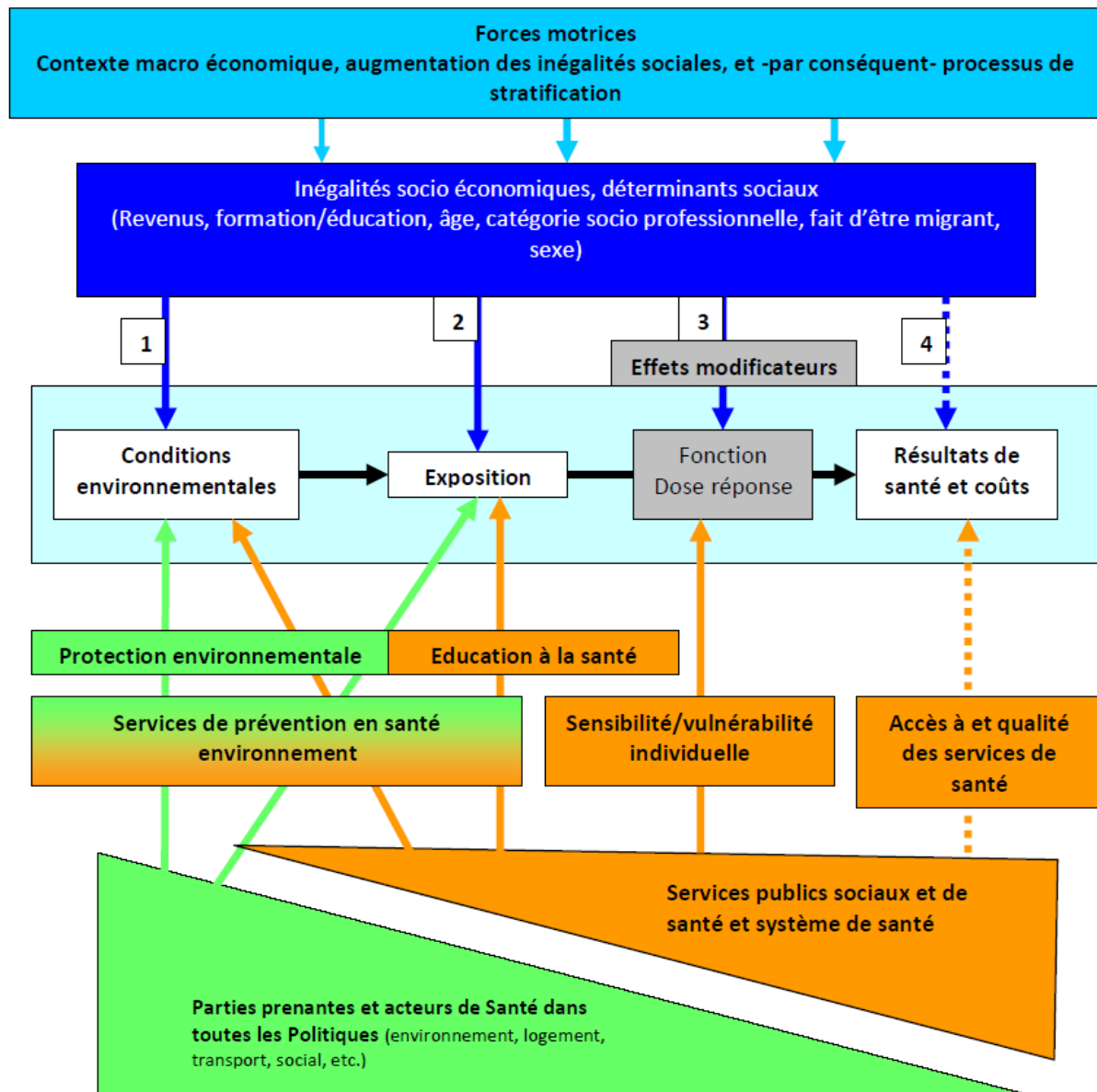
Liste des tableaux

Tableau 1: Tableau comparatif des trois approches..	55
Tableau 2: Matrice de corrélation de l'ACP sur toutes les variables.....	XV
Tableau 3: Valeur propre et variance expliquée de chaque axe de l'ACP menée à l'ESP	XV
Tableau 4 : Vecteurs propres des différentes variables sur le premier axe factoriel.....	XVI
Tableau 5 : Valeur moyenne de l'indice de défaveur environnementale selon les profils définis par CAH	XX
Tableau 6 : Statistiques sur les données des revenus.....	XXIV
Tableau 7 : Statistiques sur les données du taux d'emploi	XXV
Tableau 8 : Statistiques sur les données de la part de population sans diplôme.....	XXVI
Tableau 9 : Statistiques des données de mortalité prématurée.....	XXVII
Tableau 10 : Statistiques des données de maladies de l'appareil respiratoire	XXVIII
Tableau 11 : Statistiques des données de mortalité infantile	XXVIII
Tableau 12 : Statistiques sur les données de cancers totaux.....	XXIX
Tableau 13 : Statistiques sur les données du taux de cancer	XXX

Liste des annexes

Annexe 1 : Mécanismes de production des inégalités environnementales selon l'OMS	II
Annexe 2 : Panorama de quelques inégalités dans le monde et en France	III
Annexe 3 : Méthodes d'analyses statistiques.....	VII
Annexe 4 : Résultats Equit'Area, relation entre conditions socio-économiques et pollution atmosphérique au NO ₂	XII
Annexe 5 : Sources et traitements des données de l'étude de la région PACA.....	XIV
Annexe 6 : Principaux résultats de la région PACA	XV
Annexe 7 : Inégalités environnementales en Aquitaine	XXI
Annexe 8 : Conditions socio-économiques des Aquitains	XXIV
Annexe 9 : Etat de santé des Aquitains.....	XXVII
Annexe 10 : Proposition de protocole pour l'étude des inégalités environnementales en Aquitaine.....	XXXI

1 Annexe 1 : Mécanismes de production des inégalités environnementales selon l'OMS



Source : OMS, 2009, traduit en français

2 Annexe 2 : Panorama de quelques inégalités dans le monde et en France

➤ Dans le monde

L'accès à une eau potable n'est pas garanti dans tous les Etats notamment dans certains d'Afrique subsaharienne ou d'Asie de Sud-est. Il s'ensuit des pertes de jours en bonne santé (DALYs) plus nombreuses dans ces pays.

Proportion of population using improved drinking water sources (%), 2010

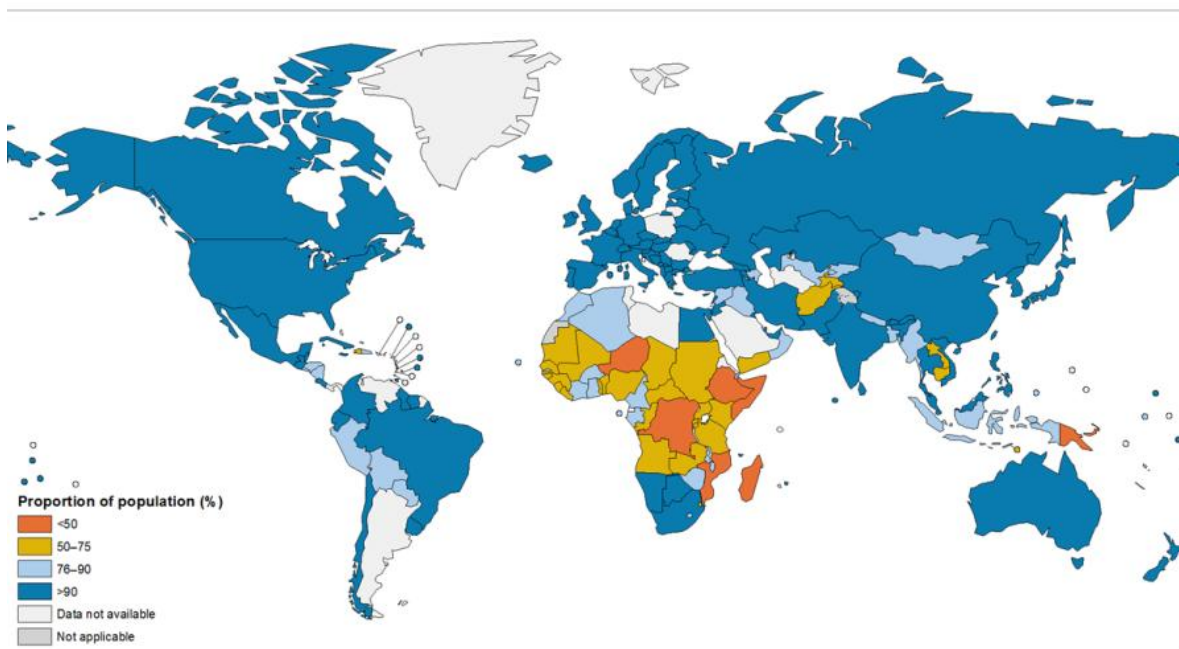


Figure 9 : % de population ayant accès à une eau potable dans le monde

DALYs attributable to water, sanitation and hygiene (diarrhoea), 2004

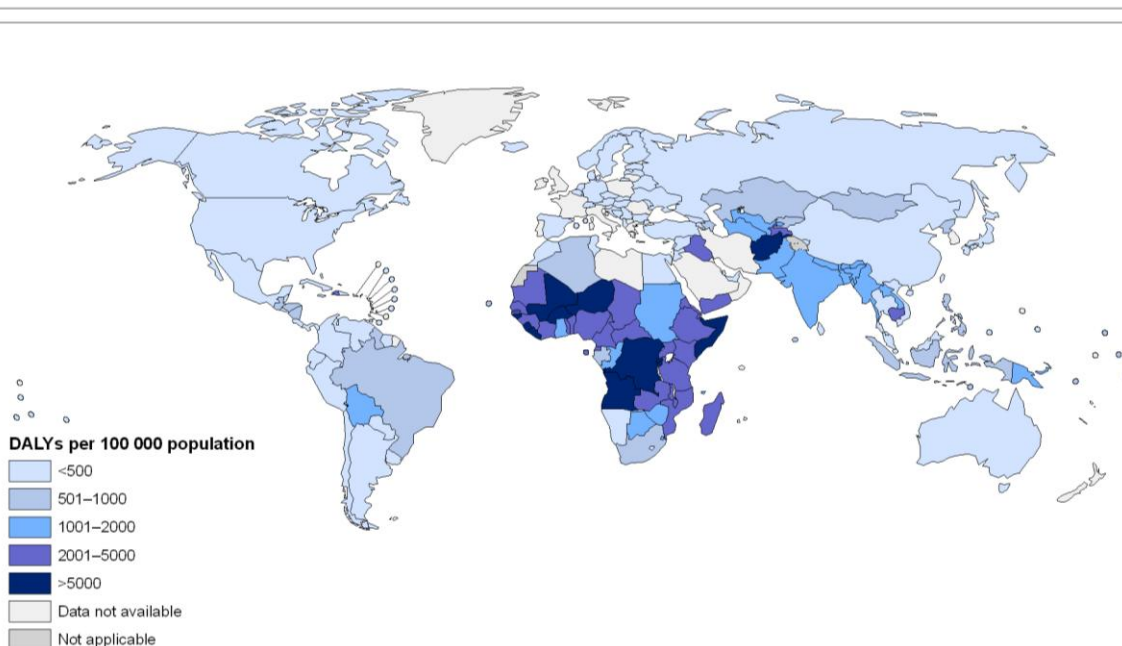
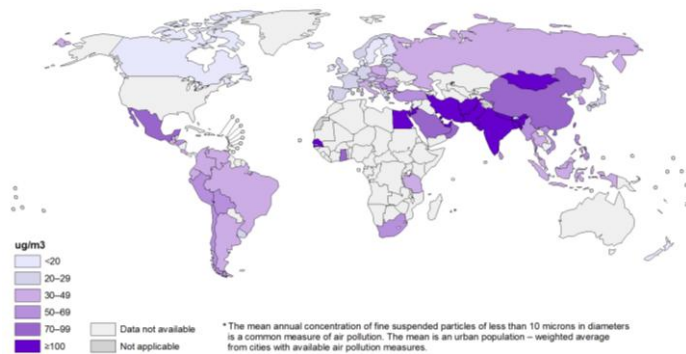


Figure 10 : DALYs perdues dues à une mauvaise hygiène, toilettes et qualité de l'eau

Les concentrations en PM_{10} et $PM_{2,5}$ dans l'air varient selon les pays. Ces polluants peuvent en partie (avec les autres polluants de l'air) expliquer les différences de DAILY observées entre les pays.

Exposure to particulate matter with an aerodynamic diameter of 10 μm or less (PM_{10}) in urban areas*, 2008–2013



Exposure to particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 μm or less ($PM_{2.5}$) in urban areas*, 2008–2013

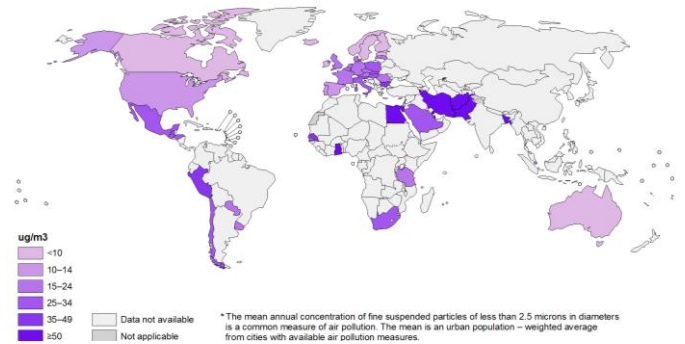


Figure 12 : Concentration en PM_{10} dans l'air dans le monde

Figure 11 : Concentration en $PM_{2,5}$ dans l'air dans le monde

DALYs attributable to outdoor air pollution, 2004

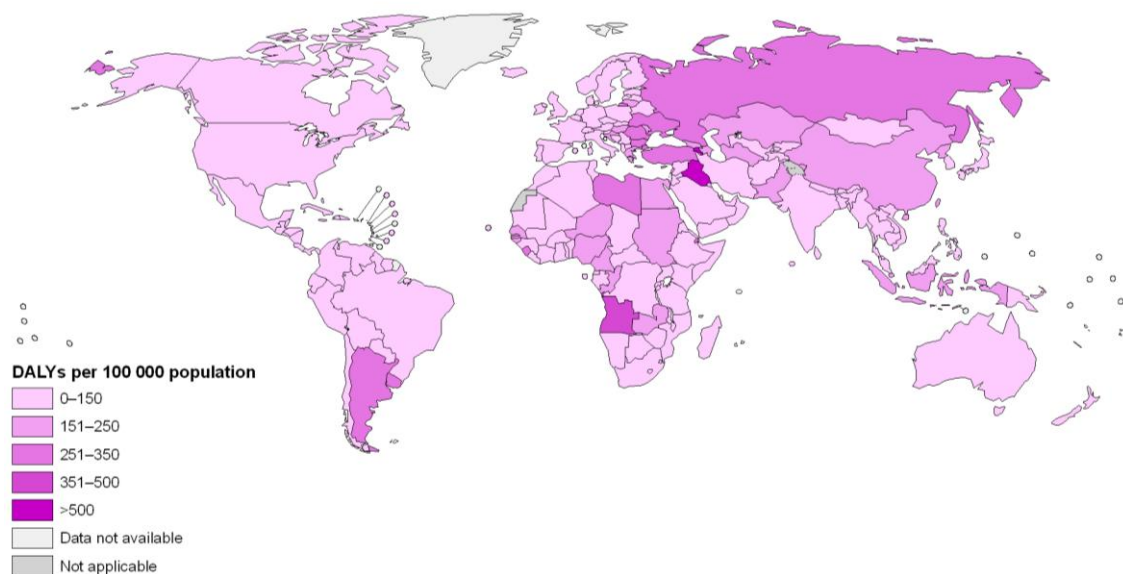


Figure 13 : DALYs dues à la pollution de l'air dans le monde

Ces cartes sont extraites de la bibliothèque cartographique de l'OMS :

<http://gamapserver.who.int/mapLibrary/app/searchResults.aspx>

➤ Inégalités en France

Environnement : exemple de la pollution de l'air en PM₁₀ et en NO_x

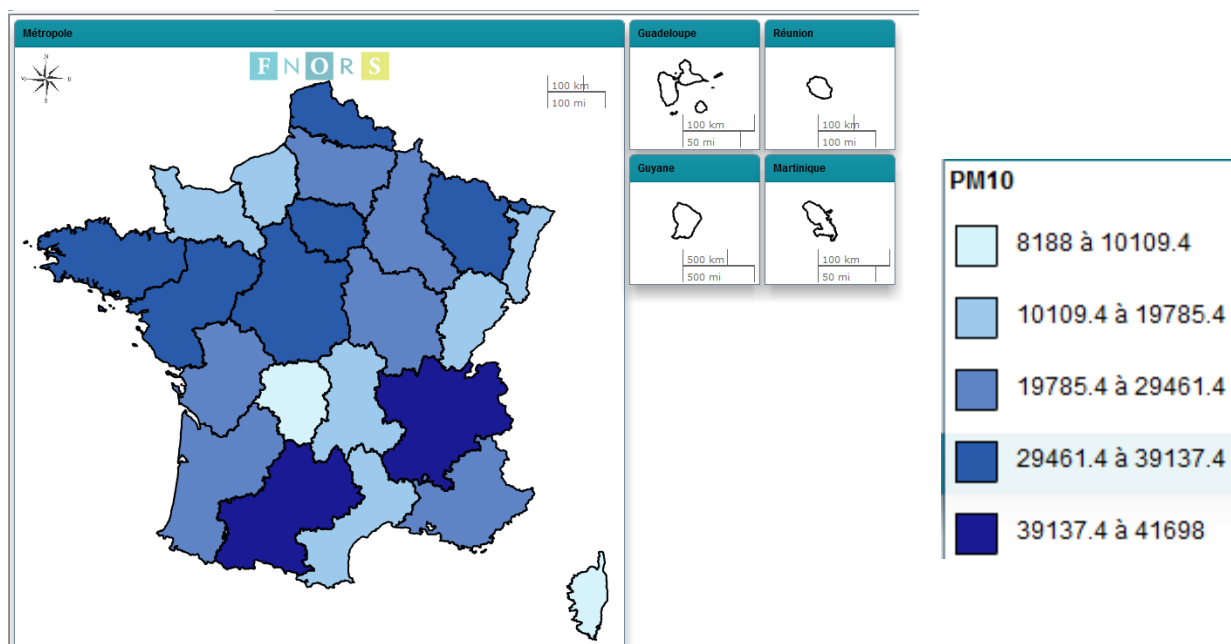


Figure 14 : Emissions de PM₁₀ en tonnes en 2010 en France

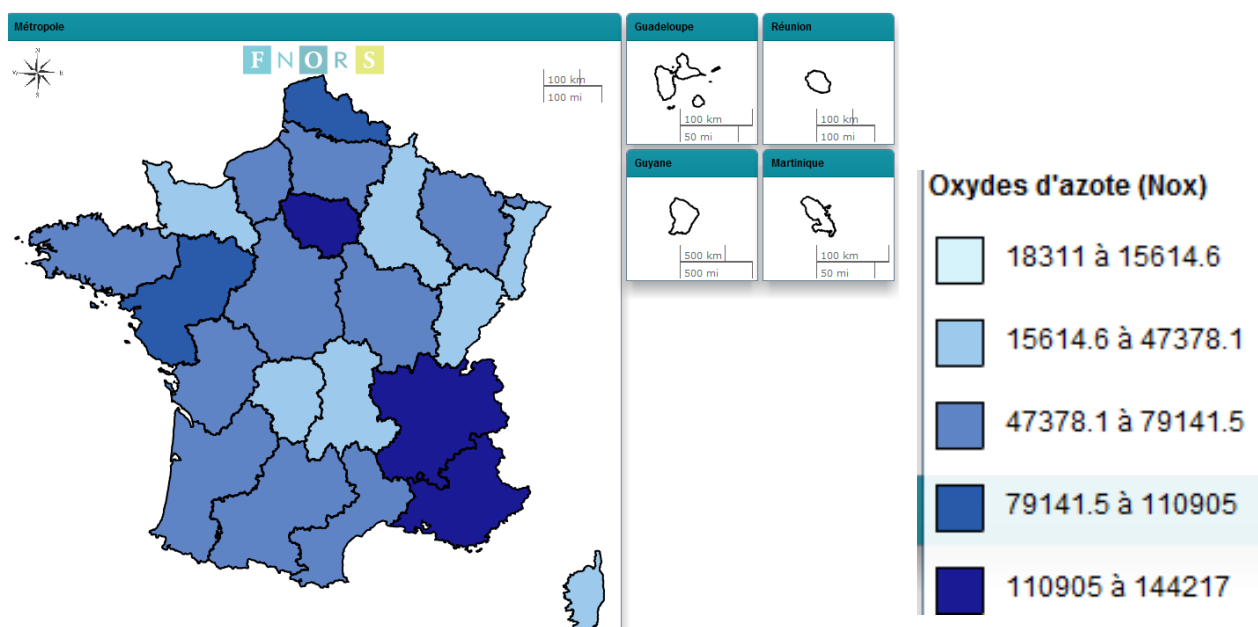


Figure 15: Emissions de NO_x en tonnes en 2010 en France

Selon les régions et selon les polluants, la pollution de l'air varie. Ainsi les pouvoirs publics doivent s'adapter aux problématiques de leur région afin de mettre en œuvre des actions ciblées et efficaces.

Nous pouvons également nous intéresser à des inégalités de santé en étudiant par exemple le taux standardisé de mortalité prématuré qui correspond au taux standardisé de mortalité avant 65 ans pour certaines grandes causes : tumeurs, traumatismes et empoisonnements, maladies de l'appareil circulatoire, alcoolisme (y compris psychose alcoolique et cirrhose du foie), et Sida.

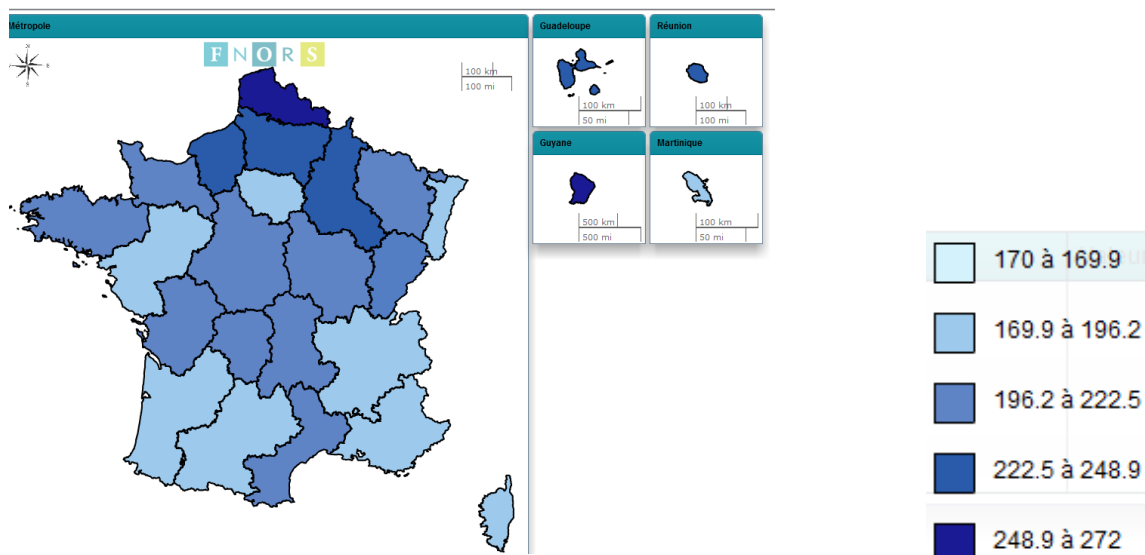


Figure 16 : Taux standardisé de mortalité prématurée en France période 2000-2010

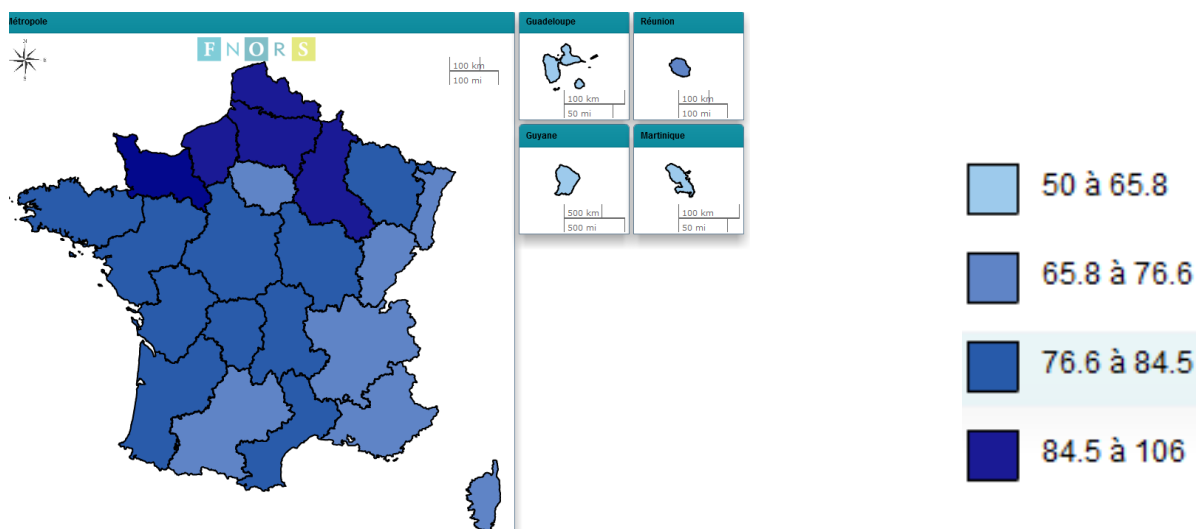


Figure 17 : Taux standardisé de mortalité prématurée par cancer en France période 2000-2010

Les régions du Nord présentent des taux de mortalité total et par cancer plus élevés. Il convient d'en déterminer les causes afin de réduire ces inégalités de santé.

Cartes sont extraites du site « score santé » de la fédération nationale des observatoires régionaux de santé : <http://www.scoresante.org>.

3 Annexe 3 : Méthodes d'analyses statistiques

L'objectif de cette annexe est de présenter une liste non exhaustive de méthodes statistiques qui pourraient être utilisées dans le cadre de l'étude de cumul d'inégalités.

I. Les analyses multi-variées explicatives

Elles visent à définir une ou plusieurs variables dépendantes nommée(s) variable(s) à expliquer par un ensemble de variables indépendantes nommées variables explicatives. On pourrait par exemple essayer de caractériser l'événement de santé (taux de cancer, mortalité infantile...) en fonction des différentes données environnementales et / ou socio-économiques recueillies.

Différentes méthodes peuvent être testées : méthodes de régression, analyse de la variance, analyse conjointe...

Cependant, sachant que les maladies sont plurifactorielles et qu'il est impossible de recueillir toutes les données pouvant expliquer leur apparition, ces méthodes risquent d'être inadaptées.

II. Les analyses multi-variées descriptives

Elles visent à structurer et synthétiser l'information issue d'une multitude de données pour permettre son interprétation.

1. L'analyse en composantes principales (ACP)

➤ Principe

L'analyse en composantes principales est l'une des méthodes les plus employées. Elle est particulièrement adaptée aux variables quantitatives, continues, a priori corrélées entre elles. Une fois les données projetées dans différents plans, les proximités entre variables s'interprètent en termes de corrélations, tandis que les proximités entre individus s'interprètent en termes de similitudes globales des valeurs observées (Martin, 2004).

➤ Processus

La première étape concerne la mise en forme des données brutes : on réalise une table avec I lignes représentant les individus statistiques (dans notre cas les territoires) et K colonnes représentant les variables (données environnementales dans notre cas).

La deuxième étape consiste à centrer et réduire les données. Elles sont centrées afin d'obtenir des propriétés intéressantes, et réduites pour uniformiser les unités de mesure.

Ensuite, les individus i sont représentés dans un espace à K dimensions. Dans le nuage NI nous nous intéressons aux distances inter-individuelles qui déterminent les ressemblances.

Les variables k sont représentées dans un espace à l dimensions et forment le nuage de points NK . Nous nous intéressons ici aux angles des points. Le cosinus de l'angle est le coefficient de corrélation. Toutes les variables sont équidistantes de l'origine car les données ont été réduites.

Les points du nuage NI sont projetés sur le premier plan factoriel. C'est un premier ajustement, il peut y en avoir d'autres à suivre. Les distances s'interprètent alors comme des ressemblances entre les individus. Suit la projection des points du nuage NK sur le premier plan factoriel. Les coordonnées représentent les coefficients de corrélation avec les facteurs sur les individus.

Des relations de transition expriment les résultats dans un espace en fonction des résultats dans l'autre.

Cette étape est la représentation simultanée de nuages de points qui se trouvent initialement dans des espaces de dimensions différentes. Cette représentation issue des relations de transition permet des interprétations des axes simultanées.

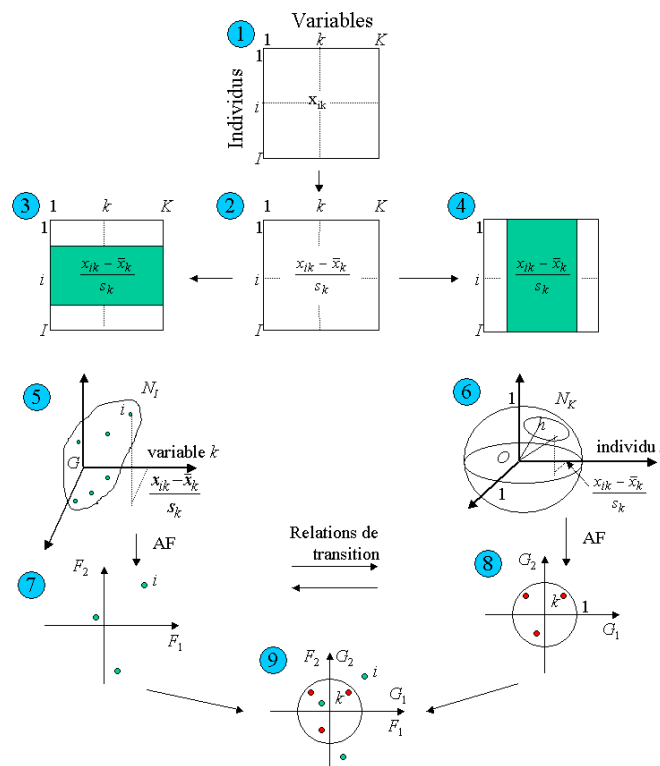


Figure 18 : Processus d'une ACP

➤ Interprétation

L'interprétation de l'ACP se déroule ainsi de manière à la fois graphique, en étudiant les différentes projections du nuage de points des individus sur les axes principaux (et les plans qu'ils constituent) et les projections des variables (cercle de corrélations), et numérique, via l'étude des corrélations entre variables et facteurs, des coordonnées des individus sur les axes, de leur contribution à ceux-ci, etc. (Lalloué, 2013).

2. L'analyse Factorielle Multiple (AFM)

Elle est particulièrement utile dans les situations où les variables descriptives forment des groupes. Par exemple, les concentrations en PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_x et O_3 forment le groupe qualité de l'air.

Elle combine deux ACP successives et permet d'attribuer le même poids à chaque groupe (Lalloué, 2013). En région PACA, les données caractérisant la qualité de l'air avaient un coefficient obtenu par ACP très élevé par rapport aux autres variables, appliquer une AFM pourrait pallier à ce problème.

3. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

➤ Principe

La CAH vise à partitionner un ensemble E , composé de n individus caractérisés par p variables, en m sous-groupes les plus homogènes possible.

➤ Processus

Cette méthode de classification itérative consiste à agréger deux-à-deux les individus les plus proches. Elle nécessite de définir une métrique pour caractériser la distance entre deux points (distance euclidienne, distance géodésique, distance de Manhattan, distance du Khi deux, etc.) et de fixer une règle pour agréger les individus (méthode de Ward, lien proportionnel, etc. (Carpentier, 2011).

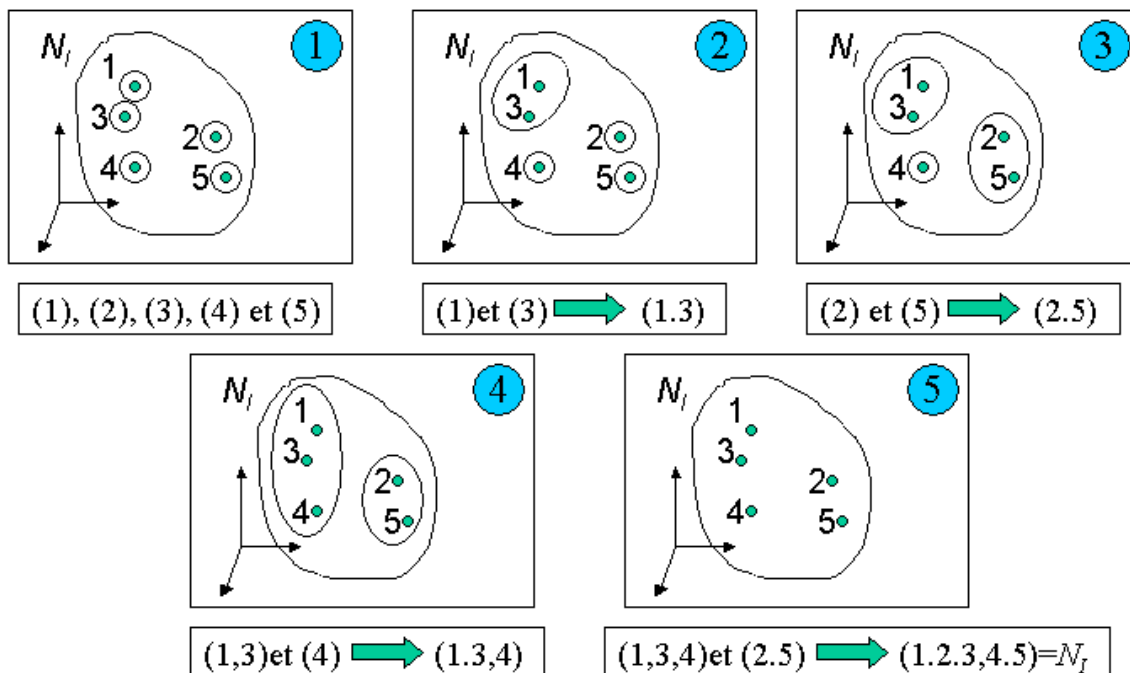


Figure 19 : Processus d'une CAH

➤ Interprétation

Les résultats des regroupements effectués par CAH sont généralement représentés par un dendrogramme qui indique pour chaque étape le regroupement qui a été fait et la perte d'inertie inter-classes qui y est liée.

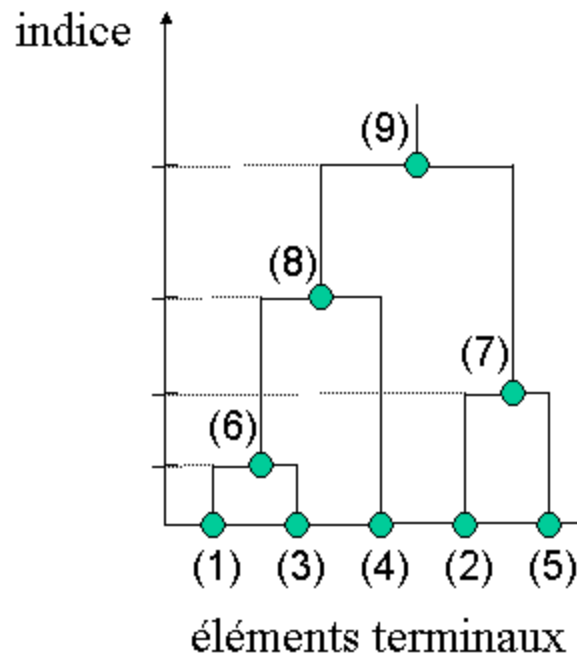


Figure 20 : Dendrogramme d'une CAH

Une bonne partition, i.e une bonne coupure de l'arbre, doit comporter peu de classes avec une inertie intra-classe faible et une inertie interclasse élevée. Pour le choix de la coupure, nous pouvons également nous aider de la courbe des indices. Ainsi nous devons rechercher le nœud après lequel il y a une perte d'indice importante. Ceci peut également se lire sur le dendrogramme (Martin, 2004)

Ensuite, il est possible d'interpréter les classes à l'aide, par exemple, des statistiques descriptives des différentes variables au sein de chaque classe ou encore par l'étude des éléments composant chacune. (Alloué, 2013).

III. L'approche bayésienne

L'approche bayésienne tire son nom du révérend Thomas Bayes, qui a vécu durant la première moitié du XVIII^e siècle. Cependant, bien que ce théorème soit également crucial dans le raisonnement bayésien, c'est surtout par la manière qu'a eu Bayes de considérer que le paramètre p d'une loi de probabilité (dans le cas d'une loi binomiale) pouvait lui-même suivre une loi de probabilité qu'il a ouvert la voie à l'approche bayésienne au sens actuel du terme (Lalloué, 2013).

En effet, il est habituel en statistiques de considérer des modèles de probabilité pour les données contenant un certain nombre de paramètres, ceux-ci ne pouvant jamais être

connus avec une certitude absolue (à moins de travailler sur la population entière plutôt que sur un échantillon). En statistique classique, on considère ces paramètres comme des valeurs fixes inconnues que l'on va chercher à estimer (avec une certaine précision) (*ib*).

L'approche bayésienne va considérer que, en plus du modèle statistique sur les données, les paramètres inconnus de ce modèle suivent eux-mêmes des lois de probabilité destinées à modéliser l'incertitude sur ceux-ci. Pour cela, on utilisera des informations connues *a priori* (basées sur l'information scientifique disponible, l'expertise, la littérature, d'autres données, etc.) obtenues de manière indépendante des données. C'est ce qui conduit l'approche bayésienne à être basée sur le postulat que toute incertitude doit être modélisée en utilisant des probabilités et que les inférences statistiques doivent être des conclusions logiques basées sur les lois de probabilité. Ceci est par ailleurs lié à l'interprétation bayésienne des probabilités comme une traduction numérique d'un degré de connaissance et pas forcément comme des fréquences d'occurrence d'événements répétés un très grand nombre de fois (*ib*).

Cette méthode est particulièrement adaptée à l'étude d'événements rares (comme par exemple certains événements de santé) et d'éventuels mécanismes d'auto corrélation (*ib*).

IV. Le modèle additif généralisé

Le modèle additif généralisé est une extension du modèle linéaire généralisé. Le modèle spécifie une distribution et une fonction de lien g reliant la valeur attendue de la distribution aux variables explicatives, et tentant d'ajuster les fonctions $f_i(x_i)$ pour satisfaire :

$$g(E(Y)) = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_m(x_m).$$

Cette méthode permet d'intégrer un terme non-paramétrique pour prendre en compte la variabilité spatiale et des facteurs de confusion potentiels (Padilla, 2013).

4 Annexe 4 : Résultats Equit'Area, relation entre conditions socio-économiques et pollution atmosphérique au NO₂

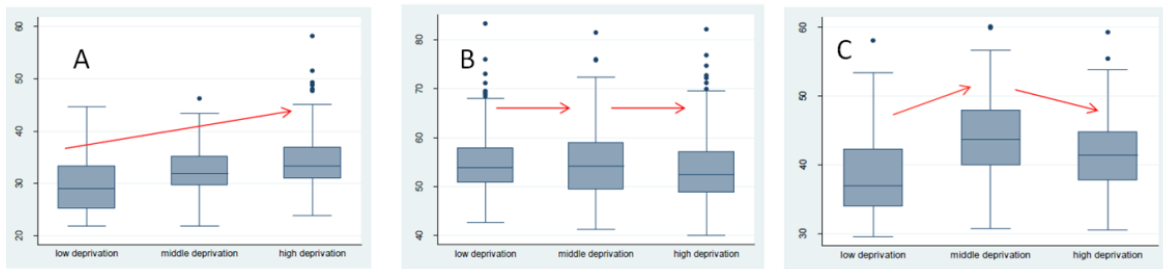


Figure 21 : Concentration en NO₂ (µg/m³) et indice de défaveur agglomération de Lille (A), de Lyon (B) et de Paris intra-muros (C).

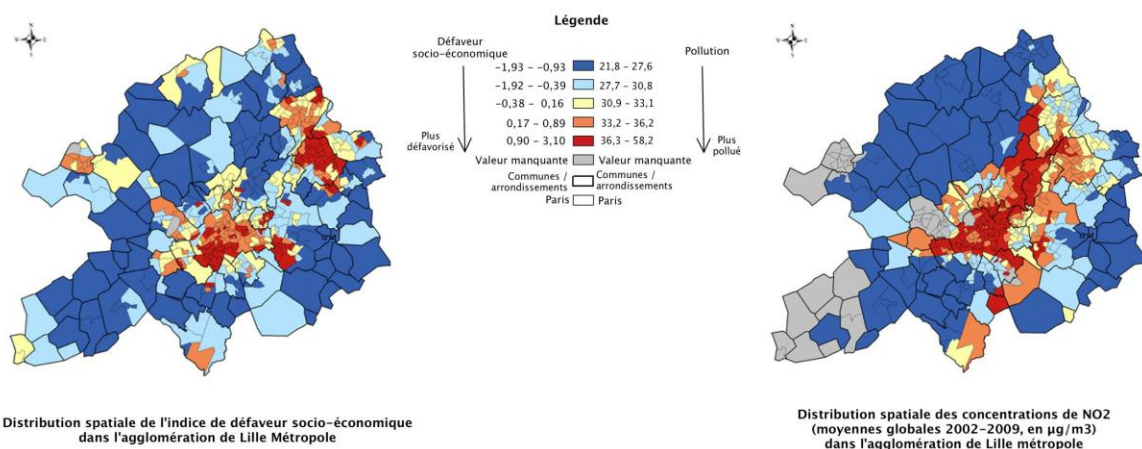


Figure 22 : Exposition au NO₂ et défaveur socio-économique Agglomération de Lille

On retrouve ici des similitudes entre le niveau de défaveur socio-économique et la concentration en NO₂. Les deux suivent la même tendance. Les IRIS les plus défavorisés : centre de Lille, commune de Roubaix et Tourcoing possèdent les concentrations les plus élevées. Cependant, il y a quelques exceptions. Les IRIS du Nord-est de la ville de Lille ne sont pas marqués par des indices de défaveur élevés, ils sont pourtant proches du trafic des grands axes routiers à l'origine des fortes concentrations en NO₂.

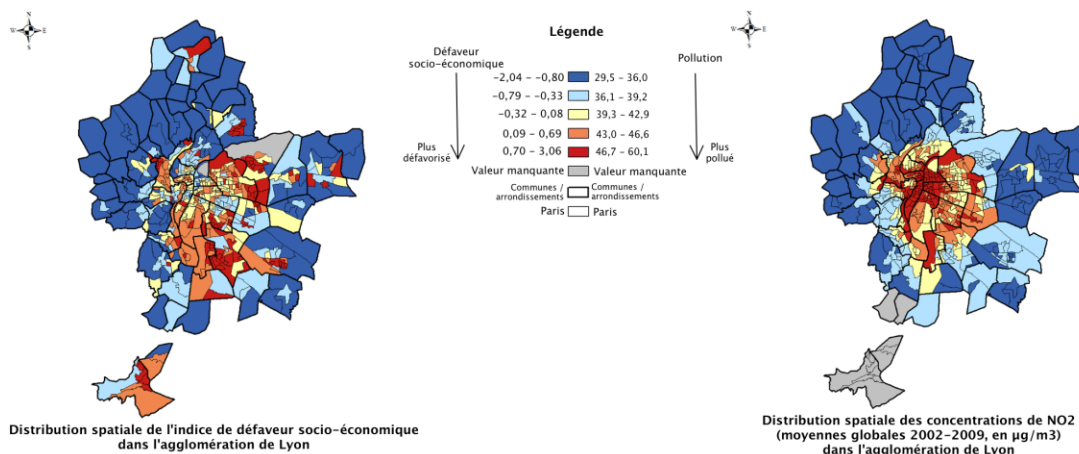


Figure 23 : Exposition au NO₂ et défaveur socio-économique Agglomération de Lyon

On constate aussi dans l'agglomération lyonnaise que lorsque l'indice de défaveur augmente, les concentrations en NO₂ augmentent aussi. Des exceptions sont également perceptibles dans le Sud et l'Est de l'agglomération où les concentrations en NO₂ sont faibles alors que l'indice de défaveur est plutôt élevé.

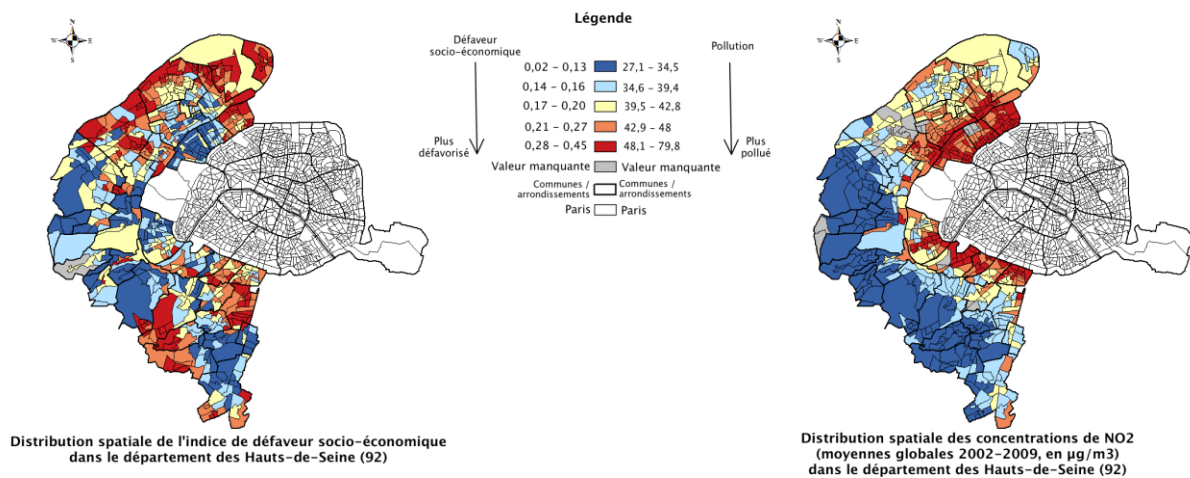


Figure 24 : Exposition au NO₂ et défaveur socio-économique département des Hauts-de-Seine

On trouve quelques similitudes avec au Nord et au Sud des fortes concentrations en NO₂ associées à des valeurs d'indice de défaveur élevées. Au contraire les IRIS favorisés du centre ont des teneurs en NO₂ faibles. Cependant alors que l'indice de défaveur est assez hétérogène, les zones les plus polluées sont aux abords du trafic dense de Paris.

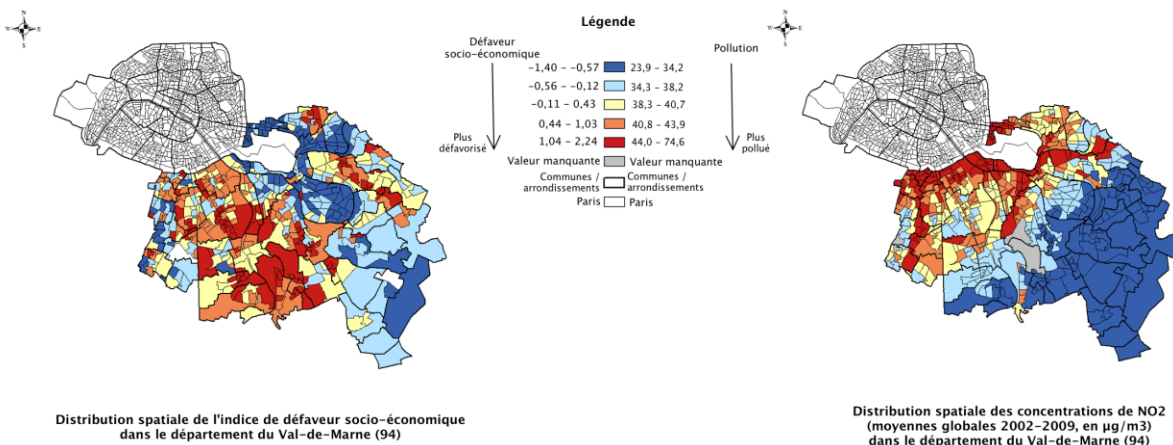


Figure 25 : Exposition au NO₂ et défaveur socio-économique département du Val de Marne

Ici il n'y a pas de tendance nette qui se dégage. Des IRIS défavorisés se trouvent dans tout le territoire tandis que les fortes concentrations en NO₂ se localisent dans les quartiers voisins de Paris.

Ces différentes comparaisons de répartitions spatiales des indices de défaveur socio-économique et pollution atmosphérique au NO₂, montrent qu'il est complexe d'associer les conditions sociales et les expositions environnementales. Celle-ci dépend des régions et de leur configuration.

5 Annexe 5 : Sources et traitements des données intégrées dans l'étude de la région PACA

Tableau 5 : principaux traitements réalisés

Thématiques	Objectifs	Echelles	
		Communes	ESP
<u>SOLS</u>	Comptabiliser le nombre d'anciens sites industriels et activités de service (BASIAS)	Agrégation du nombre de sites par commune (passage de l'adresse à la commune)	Agrégation du nombre de sites par ESP
	Comptabiliser le nombre de sites ayant fait (ou faisant) l'objet d'une intervention des services publics (BASOL)	Agrégation du nombre de sites par commune (passage de l'adresse à la commune)	Agrégation du nombre de sites par ESP
	Comptabiliser le nombre de sites ayant fait (ou faisant) l'objet d'une intervention des services publics en détaillant l'état d'avancement de la procédure administrative (BASOL)	Agrégation du nombre de sites par commune (passage de l'adresse à la commune)	Agrégation du nombre de sites par ESP
	Evaluer la densité d'activités (BASIAS) / la densité industrielle (BASOL)	Nombre de sites par commune rapporté à la surface communale (km ²)	Nombre de sites par ESP rapporté à la surface de l'ESP (km ²)
<u>HABITAT</u>	Estimer la part de logements potentiellement indignes dans le parc privé	Nombre de logements appartenant au PPPI rapporté sur le nombre de RPP	Agrégation des données communales sans tenir compte des données secrétisées
	Repérer les zones d'habitat ancien	Données communales directement disponibles sur le site de l'INSEE	Agrégation des données communales
<u>EAU</u>	Obtenir une estimation de la qualité de l'eau	Moyenne pondérée des données à l'échelle de l'UDI	Moyenne des données communales
<u>AIR</u>	Appréhender la pollution atmosphérique (NO ₂ ; PM ₁₀ et O ₃)	Données communales directement fournies par Air PACA	Moyenne des données communales
	Appréciation du nombre et du pourcentage de personnes soumises à des dépassements en NO ₂ ; PM ₁₀ et O ₃		

Tableau 4 : description des données

Thématiques	Variables	Echelles		Année	Commentaires
		ESP *	Commune **		
<u>SOLS</u>	Inventaire historique des anciens sites industriels et activités de service	Oui	Oui	2013	Données à l'adresse, agglomérée à l'échelle de la commune (pas de données pour les arrondissements de Marseille). Sources : Base de données BASIAS (BRGM) et BASOL (MEDDE) Contacts : c.mirgon@brgm.fr ; patrick.winder@developpement-durable.gouv.fr
	Sites et sols pollués	Oui	Oui	2013	
<u>HABITAT</u>	Résidences Principales Privées	Oui	Oui	2003 2005 2007	Données exhaustives, immédiatement disponibles pour toutes les communes de PACA, y compris les arrondissements de Marseille. Sources : Enquête FILOCOM (Finances Publiques) ; INSEE (2008) Contacts : ludovic.twardosz@developpement-durable.gouv.fr
	Parc Privé Potentiellement Indigne	Oui	Oui	2003 2005 2007	
	Ancienneté de construction	Oui	Oui	2009	
<u>EAU</u>	Conformité bactériologique	Oui	Oui	2006-2008 2009-2011	L'estimation de la qualité de l'eau d'une commune est faite en réalisant une moyenne pondérée des données à l'échelle de l'UDI. Sources : Bilan triennal 2009-2011 (ARS PACA) ; SISE-Eaux d'alimentation (MASS)
	Présence de produits phytosanitaires	Oui	Oui	2006-2008 2009-2011	
	Degré de protection des captages	Oui	Oui	2006-2008 2009-2011	
<u>AIR</u>	Indice de pollution en NO ₂	Oui	Oui	2011	Deux types de données : - Indice cumulatif (somme pondérée concentrations en NO ₂ ; PM ₁₀ et O ₃ divisées par leurs valeurs réglementaires européennes) - Nombre et pourcentage de dépassement en NO ₂ ; PM ₁₀ et O ₃ Croisement modélisation fine et bâti résidentiel Limites : ▪ Pas toutes les expositions ne sont prises en compte ▪ Estimation ne concernant pas toutes les communes (NO ₂ et PM ₁₀) ; renseignements uniquement quand des populations résident à proximité d'une zone à risque (axe majeur de circulation, etc.). Sources : Air PACA Contacts : yann.channac@airpaca.org ; dominique.robin@airpaca.org
	Indice de pollution en O ₃	Oui	Oui	2011	
	Indice de pollution en PM ₁₀	Oui	Oui	2011	
	Indice cumulatif de pollution atmosphérique	Oui	Oui	2011	
	Nb et % personnes soumises à des dépassements NO ₂ et PM ₁₀	Oui	Partiellement	2010	
Nb et % personnes soumises à des dépassements O ₃	Oui	Oui	2009		

* Passage des données à l'ESP : traitements nécessaires (somme ou moyenne)

** Données immédiatement disponibles (sauf pour les données eaux)

Tableaux extrait du rapport « Documenter les inégalités environnementales en région PACA » (Fiard, 2013)

Préparation des données pour l'ACP :

- Qualité bactériologique de l'eau = 100-conformité bactériologique». Cette transformation permet d'avoir une évaluation du risque d'exposition
- Pour les produits phytosanitaires, il n'y a pas de valeurs pour toutes les UDI. Dans ces cas, la moyenne des concentrations dans les autres UDI alimentant la commune est utilisée

6 Annexe 6 : Principaux résultats de la région PACA

Les résultats présentés dans cette annexe sont extraits du mémoire de stage de Emmanuelle Fiard : « Documenter les inégalités environnementales en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ».

I. Indice de défaveur globale

La première étape de l'ACP consiste à réaliser une matrice de corrélation (figure 1) qui se présente sous la forme d'un tableau permettant de mesurer les liens qu'exercent les variables entre-elles. Elle présente les différents coefficients de corrélation. Lorsque ce dernier entre deux variables *a* et *b* est positif cela signifie que la progression de la variable *a* induit une croissance de la variable *b* et inversement.

Variables	NO2	PM10	O3	Habitat privé potentiellement indigne	Log. privés construits av. 1949	Bactério	Pesticides	Densité BASIAS	Densité BASOL
NO2	1	0,858	0,140	-0,509	-0,212	-0,574	0,183	0,495	0,587
PM10	0,858	1	0,335	-0,386	0,041	-0,616	0,214	0,449	0,502
O3	0,140	0,335	1	-0,008	0,341	-0,483	0,048	-0,032	-0,037
Habitat privé potentiellement indigne	-0,509	-0,386	-0,008	1	0,370	0,408	-0,058	-0,192	-0,167
Log. privés construits av. 1949	-0,212	0,041	0,341	0,370	1	-0,002	-0,029	0,054	-0,142
Bactério	-0,574	-0,616	-0,483	0,408	-0,002	1	-0,200	-0,244	-0,264
Pesticides	0,183	0,214	0,048	-0,058	-0,029	-0,200	1	0,042	0,391
Densité BASIAS	0,495	0,449	-0,032	-0,192	0,054	-0,244	0,042	1	0,502
Densité BASOL	0,587	0,502	-0,037	-0,167	-0,142	-0,264	0,391	0,502	1

Tableau 2: Matrice de corrélation de l'ACP sur toutes les variables

Cette matrice est obtenue en diagonalisant le nuage de points initial, c'est-à-dire en décomposant son inertie (moyenne des carrés des distances des points au centre de gravité) selon une série de directions orthogonales, tout en essayant de conserver une dispersion optimale du nuage autour de ces projections. Le résultat de cette opération donne *q* valeurs propres (inertie de chaque axe) et *q* vecteurs propres (axes d'inertie). Les vecteurs propres donnent les directions d'inertie maximale, appelées axes factoriels. Les valeurs propres correspondent à la variance de chaque axe. Elles déterminent l'inertie expliquée par chacune des directions. Ainsi, les valeurs propres hiérarchisent l'importance des différents axes factoriels.

Le tableau ci-dessous illustre le poids de chaque axe :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Valeur propre	3,503	1,595	1,206	1,008	0,519	0,430	0,345	0,298	0,094
Variabilité (%)	38,927	17,727	13,405	11,202	5,769	4,781	3,834	3,314	1,041
% cumulé	38,927	56,654	70,059	81,261	87,030	91,811	95,645	98,959	100,000

Tableau 3: Valeur propre et variance expliquée de chaque axe de l'ACP menée à l'ESP

Les deux premiers axes de l'ACP expliquent plus de 56 % de l'inertie du nuage de points (dont près de 39 % pour l'axe 1). La figure suivante représente la structuration des variables autour de ces deux premiers axes.

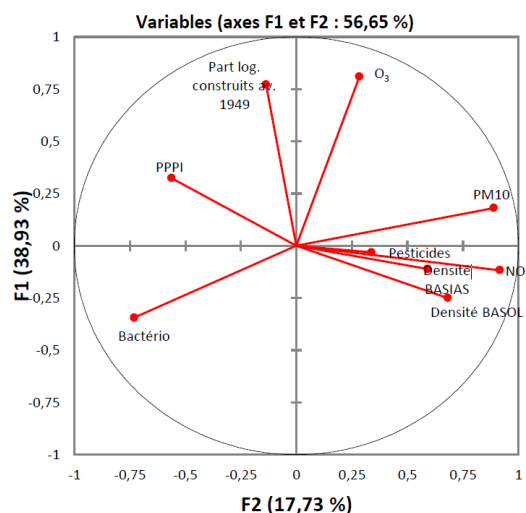


Figure 26 : Corrélations entre les variables et les axes factoriels

Ce graphique permet donc de voir quelles variables sont les mieux expliquées par les deux axes factoriels retenus. Plus une variable s'approche de 1 (ou de -1) et plus elle est près de l'axe, plus celle-ci aura une forte contribution sur l'axe.

L'axe 1 semble donc positivement déterminé par les densités BASIAS et BASOL, les indices de pollution en NO2 et en PM10. Négativement, ce sont les variables « qualité bactériologique de l'eau » et « habitat privé potentiellement indigne » qui paraissent les mieux corrélées avec cet axe. Par souci de simplification le calcul de l'IDE est réalisé à partir de cet axe :

$$\text{Indice de défaveur (global ou du milieu } n) = \sum X_I \beta_I$$

Où β_I est la contribution de la variable X_I à la discrimination géographique. Les valeurs des coefficients sont reprises dans le tableau 4 :

	F1
NO2	0,489
PM10	0,474
O3	0,151
Habitat privé potentiellement indigne	-0,300
Log. privés construits av. 1949	-0,073
Bactério	-0,391
Pesticides	0,181
Densité BASIAS	0,316
Densité BASOL	0,364

Tableau 4 : Vecteurs propres des différentes variables sur le premier axe factoriel

On peut ainsi cartographier ces IDE. Pour rappel, plus celui-ci à une valeur élevée plus la zone est défavorisée sur le plan environnemental.

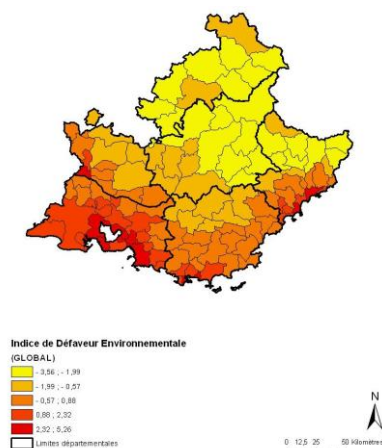


Figure 27 : IDE global dans les ESP de PACA

II. Indice de défaveur par milieux

Une démarche similaire a été réalisée pour établir les indices par milieux. On calcule ainsi un indice par milieu résultant de l'ACP avec données du milieu. Ils permettent d'identifier pour chaque milieu, les zones les plus touchées par les nuisances propres à ce milieu.

Indice de défaveur environnementale - milieu AIR dans les Espaces de Santé de Proximité de PACA

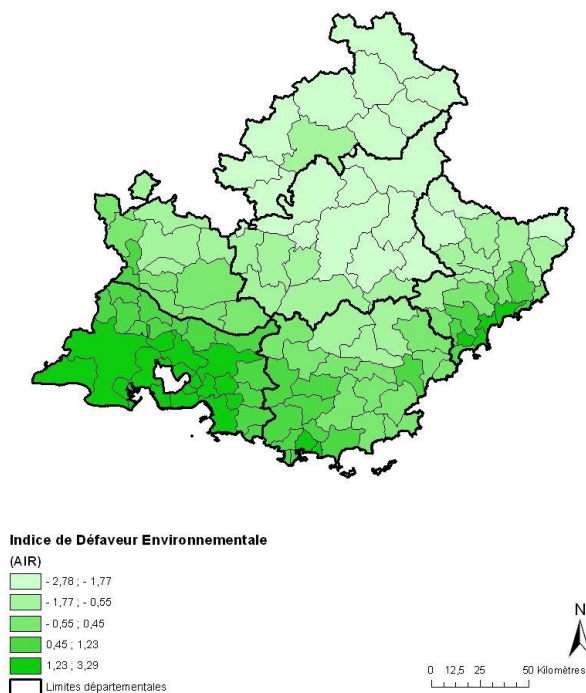


Figure 28 : IDE pour l'air dans les ESP de PACA

III. Classification Ascendante Hiérarchique

Après le choix des données, il convient de calculer la dissimilitude entre les ESP. Pour cela, on suppose que nos ESP sont des points dans l'espace et que leurs coordonnées sont leurs variables dans l'espace. Ainsi, pour calculer leur dissimilitude, on calcule la

distance entre les points. Plusieurs distances peuvent être utilisées, dans le cas de l'étude en région PACA, la distance euclidienne à été adoptée. Son équation est :

$$d(ESP_i, ESP_j) = \sqrt{\sum (x_i - x_j)^2}$$

Avec x_i correspondant aux différentes variables. L'aggrégation des ESP entre eux a ensuite été réalisé selon la méthode de WARD qui consiste à minimiser l'inertie intra-classe et obtenir ainsi des groupes les plus homogènes possibles.

Les résultats de cette méthode appliquée aux ESP de la région PACA peuvent être visualisés sur un dendrogramme (figure 29)

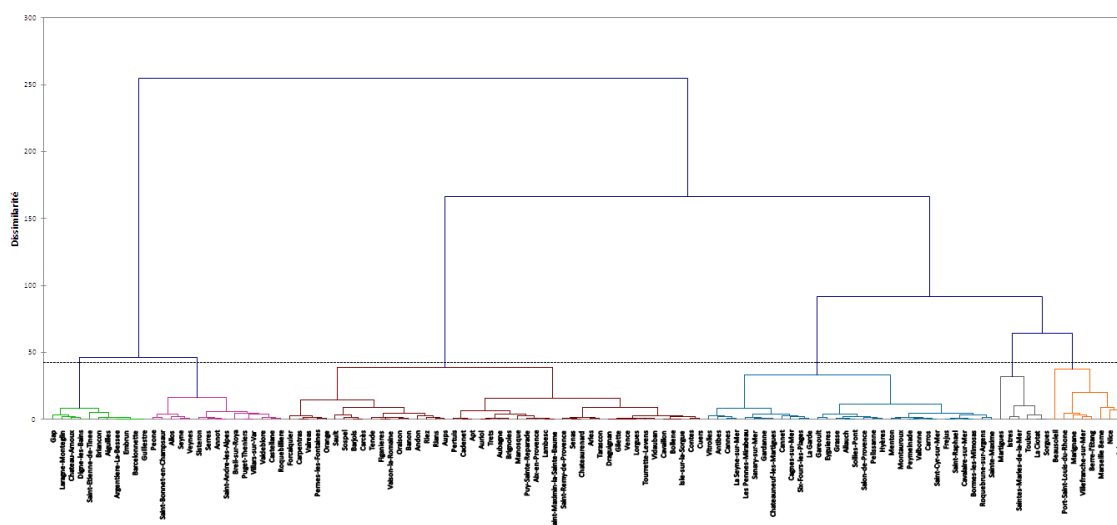


Figure 29 : Dendrogramme de la CAH menée à l'ESP

Six catégories ont été ainsi retenues à l'échelle des ESP et cartographiées (figure 30)

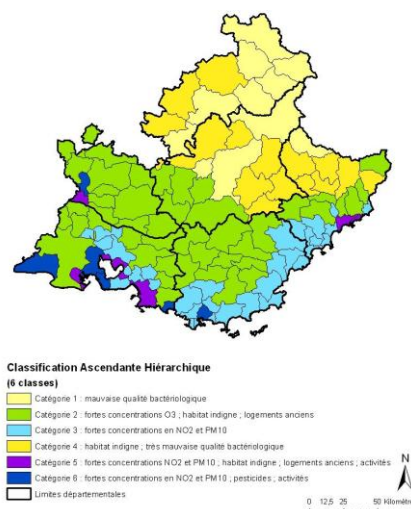


Figure 30 : Classification de la situation environnementale dans les ESP de PACA

Les courbes et graphiques suivant (figure 31) permettent de mieux comprendre et visualiser les caractéristiques des six catégories obtenues.

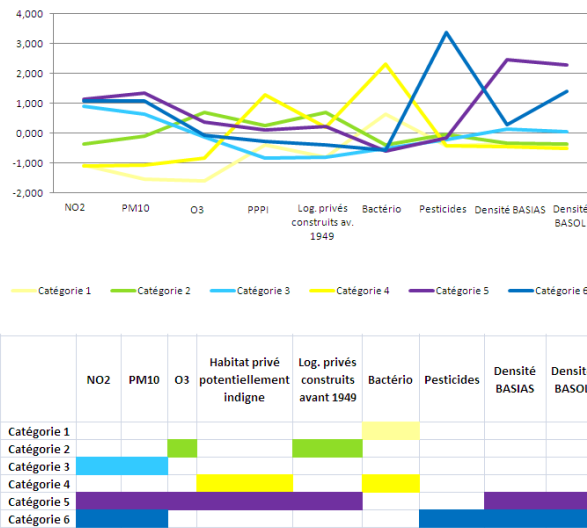
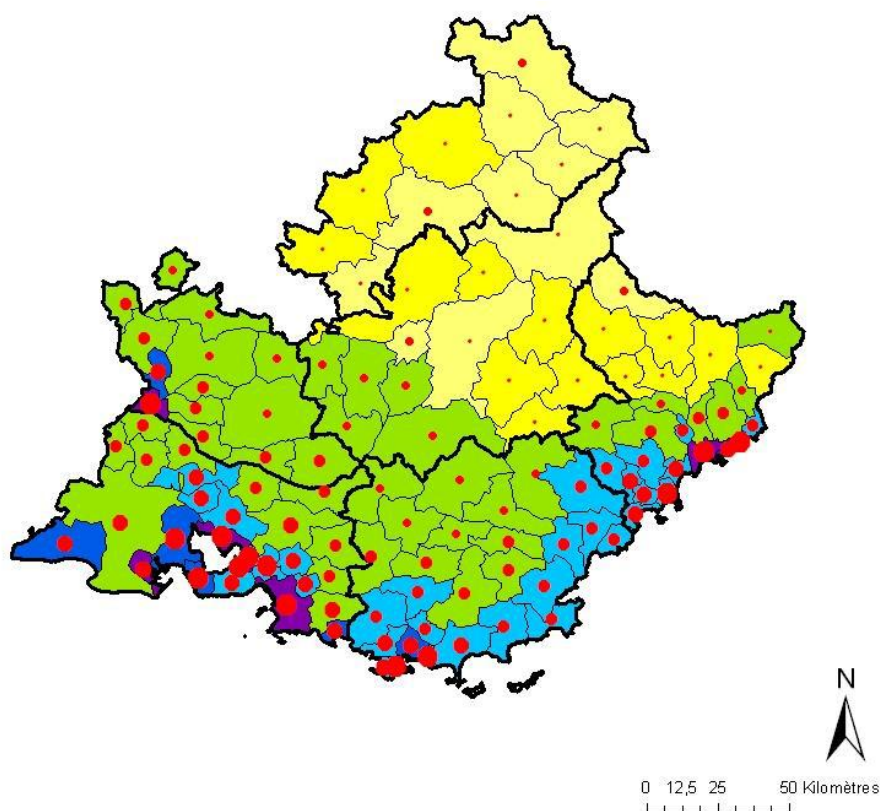


Figure 31 : Profil des classes établies par la CAH

IV. Intégration des scores d'indice de défaveur aux profils environnementaux

Les résultats de l'ACP ont été inclus dans la cartographie des profils environnementaux (figure 32). Cela permet d'évaluer l'exposition globale (via le score de l'IDE) des différents profils environnementaux.



**Classification Ascendante Hiérarchique
(6 classes)**

- Catégorie 1 : mauvaise qualité bactériologique
- Catégorie 2 : fortes concentrations en O3 ; habitat indigne ; logements anciens
- Catégorie 3 : fortes concentrations en NO2 et PM10
- Catégorie 4 : habitat indigne ; très mauvaise qualité bactériologique
- Catégorie 5 : fortes concentrations en NO2 et PM10 ; habitat indigne ; logements anciens ; activités
- Catégorie 6 : fortes concentrations en NO2 et PM10 ; pesticides ; activités

**Indice de Défaillance Environnementale
(GLOBAL)**

- 3,56 ; -1,99
- 1,99 ; -0,57
- 0,57 ; 0,88
- 0,88 ; 2,32
- 2,32 ; 5,26
- Limites départementales

Figure 32 : Classification de la situation environnementale, intégrant l'indice de défaveur environnementale, dans les ESP de PACA

Variable	Statistiques	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Coordonnées axe 1	Moyenne	0,278	-2,567	2,647	-1,197	2,280	3,576
	Ecart-type	0,694	0,544	1,372	0,647	0,520	0,465
	V. test	1,428	-7,500	3,217	-2,740	5,405	3,810
	Proba	0,153	0,000	0,001	0,006	0,000	0,000

Tableau 5 : Valeur moyenne de l'indice de défaveur environnementale selon les profils définis par CAH

V. CAH à l'échelle des communes

De la même façon qu'à l'échelle des ESP, une CAH à l'échelle des communes a été réalisée. Quatre classes ont été retenues et cartographiées, au-delà certaines catégories ne possédaient qu'une seule commune.

7 Annexe 7 : Inégalités environnementales en Aquitaine

Cette annexe reprend les cartes construites sur le logiciel Arcview à partir des données extraites des différentes bases ou fournies par les organismes détenteurs.

I. Sites et sols pollués référencés par BASOL et BASIAS

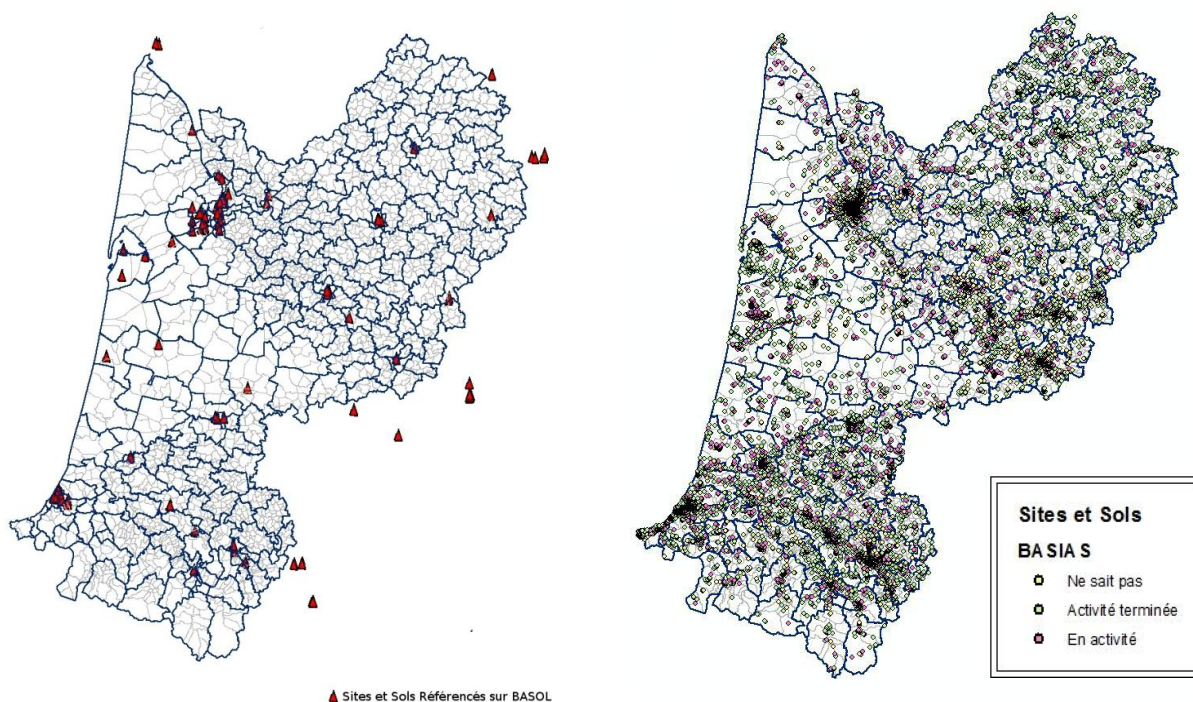


Figure 33 : Sites et sols référencés sur BASOL en Aquitaine au 10/07/2014

Figure 34 : Anciens sites industriels et activités en service référencés dans BASIAS au 10/07/2014

On constate que la répartition des sites et sols pollués et des industries en activités ou anciennes est commune. Logiquement ces deux valeurs sont corrélées.

Une forte densité est observable dans l'agglomération bordelaise, plus faibles mais néanmoins importantes les densités dans la côte Sud-ouest, à Pau et ses environs ainsi que quelques points dans la vallée du Lot et dans le territoire agenais sont à signaler.

II. Qualité de l'habitat

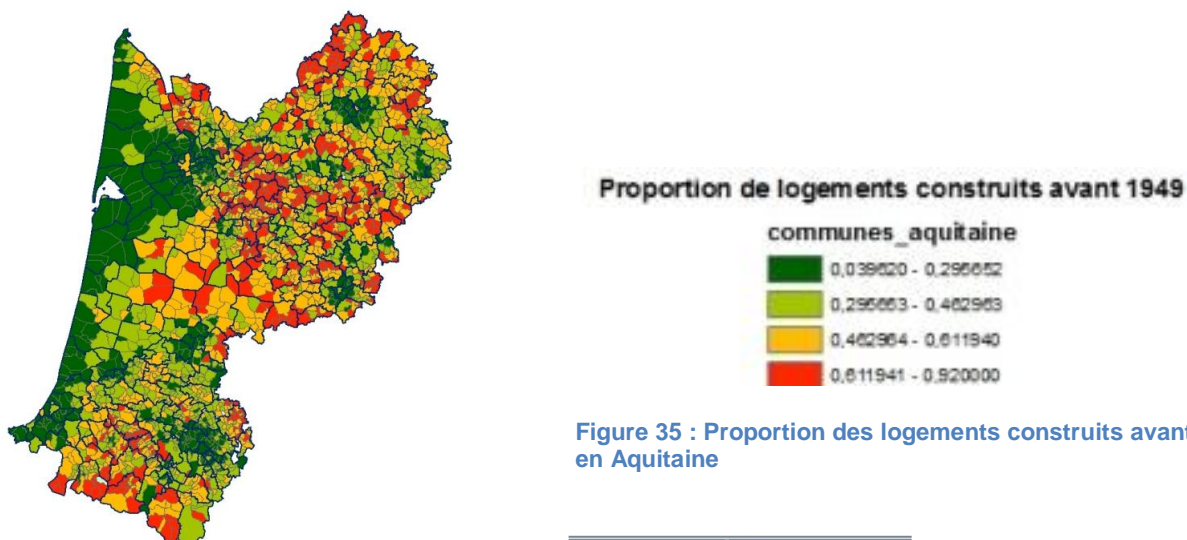


Figure 35 : Proportion des logements construits avant 1949 en Aquitaine



Figure 36 : Part du PPPI dans les résidences principales du parc privé en Gironde (A), Dordogne (B), Landes (C), Lot-et-Garonne (D) et Pyrénées atlantiques (E) en 2011

Les cartes de PPPI et des logements anciens (construits avant 1949) présentent les mêmes distributions à savoir un gradient Ouest-est. Les conditions de l'habitat semblent être moins problématiques le long du littoral qu'à l'intérieur. On trouve en particulier des îlots où les proportions de PPI et de logements anciens sont plus élevées dans le Nord-est de la région (Périgord vert).

III. Qualité de l'air

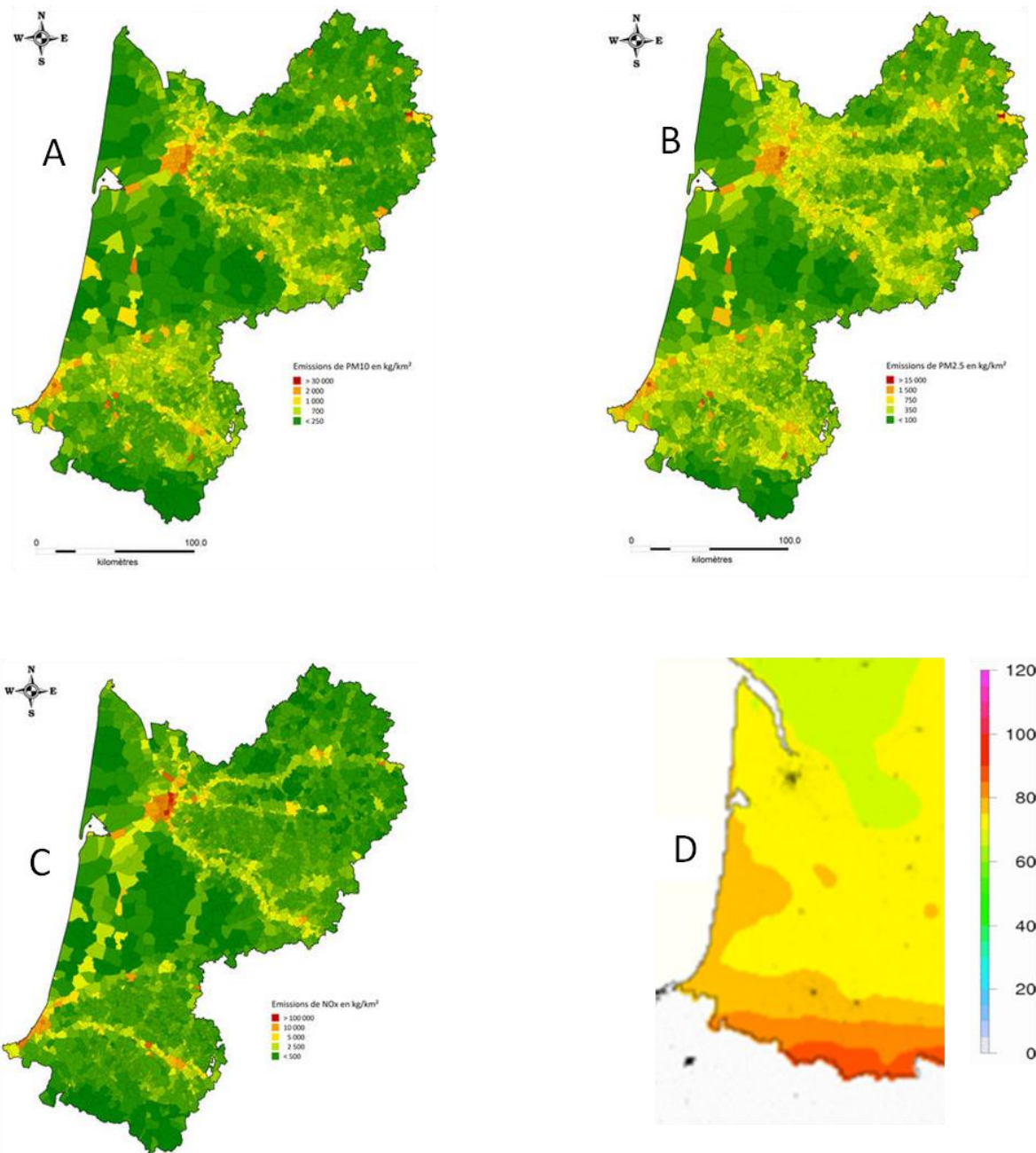


Figure 37 : Cartographies des émissions en PM_{10} (A), en $\text{PM}_{2,5}$ (B), en oxydes d'azote (C) en kg/km^2 en 2010 en Aquitaine et moyennes des maximales journalières en ozone (D) pour l'hiver 2012 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les zones situées à proximité des axes routiers importants présentent des teneurs en particules fines (PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$) et en oxydes d'azotes plus élevées : le long de l'autoroute A 65 par exemple, en particulier près de Bayonne au niveau de la jonction de l'A63 et de l'A64, à Bordeaux autour de la rocade...

Pour l'ozone en revanche la tendance est inverse. Compte tenu des conditions de synthèse de ce polluant, on retrouve des teneurs plus importantes dans les hauteurs notamment sur la chaîne pyrénéenne (AIRAQ, 2014).

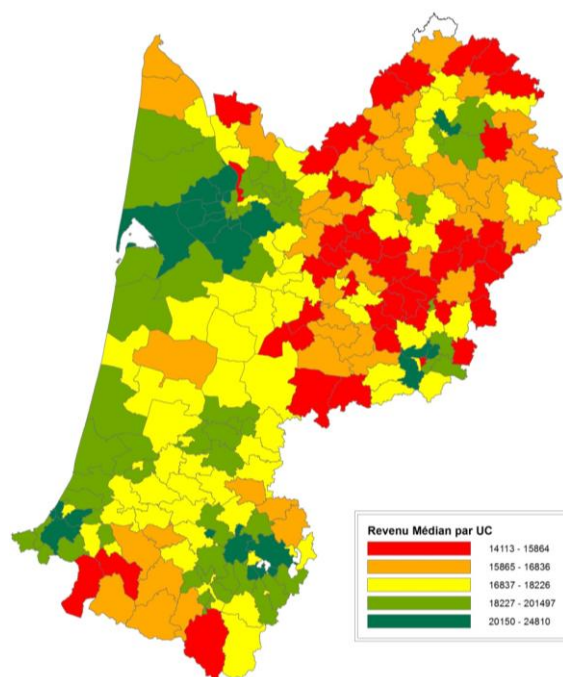
8 Annexe 8 : Conditions socio-économiques des Aquitains

Cette annexe s'intéresse à trois caractéristiques socio-économiques de l'Aquitaine : le revenu médian par UC, le taux d'emploi des 15-64 ans et la part des non diplômés. Les valeurs sont extraites de la base de données de l'INSEE.

I. Revenu médian par UC

Définition de l'indicateur : *Les revenus fiscaux localisés sont établis à partir du fichier des déclarations de revenu des personnes physiques. Pour comparer les niveaux de vie de ménages de taille ou de composition différente, on utilise une mesure du revenu corrigé par unité de consommation à l'aide d'une échelle d'équivalence. L'échelle actuellement la plus utilisée retient la pondération suivante :*

- 1 UC pour le premier adulte du ménage ;
- 0,5 UC pour les autres personnes de 14 ans ou plus ;
- 0,3 UC pour les enfants de moins de 14 ans



Moyenne	17687,57
Ecart type	1954,61
1er quartile	16204,25
Médiane	17318
3ème quartile	18868
Minimum	14113
Maximum	24810

Tableau 6 : Statistiques sur les données des revenus médians par UC

Figure 38 : Revenu médian par Unité de Consommation en Aquitaine en 2010

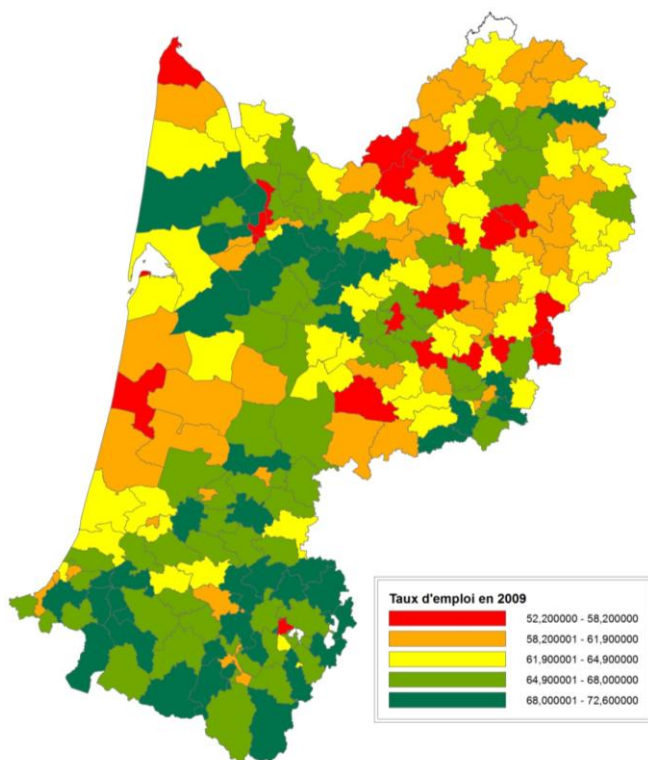
On observe une grande variabilité des valeurs comme en témoigne l'écart type élevé. De plus, la différence entre les deux extrêmes Villefranche-Du-Perigord et Pau-est (hors Pau) est importante.

Un gradient va de l'ouest pour les revenus les plus élevés à l'Est pour les revenus les plus faibles avec les départements de la Dordogne et du Lot et Garonne qui concentrent

la majorité des cantons aux revenus bien inférieurs à la moyenne régionale. A l'Est, seuls les cantons du Médoc et certains de la basse Navarre semblent moins favorables.

II. Le taux d'emploi des 15-64 ans

Définition de l'indicateur : *Le taux d'emploi d'une classe d'individus est calculé en rapportant le nombre d'individus de la classe ayant un emploi au nombre total d'individus dans la classe. Il peut être calculé sur l'ensemble de la population d'un pays, mais on se limite le plus souvent à la population en âge de travailler (généralement définie, en comparaison internationale, comme les personnes âgées de 15 à 64 ans)*



Moyenne	64,37
Ecart type	4,02
1er quartile	61,6
Médiane	64,75
3ème quartile	67,5
Minimum	55,6
Maximum	72,6

Tableau 7 : Statistiques sur les données du taux d'emploi

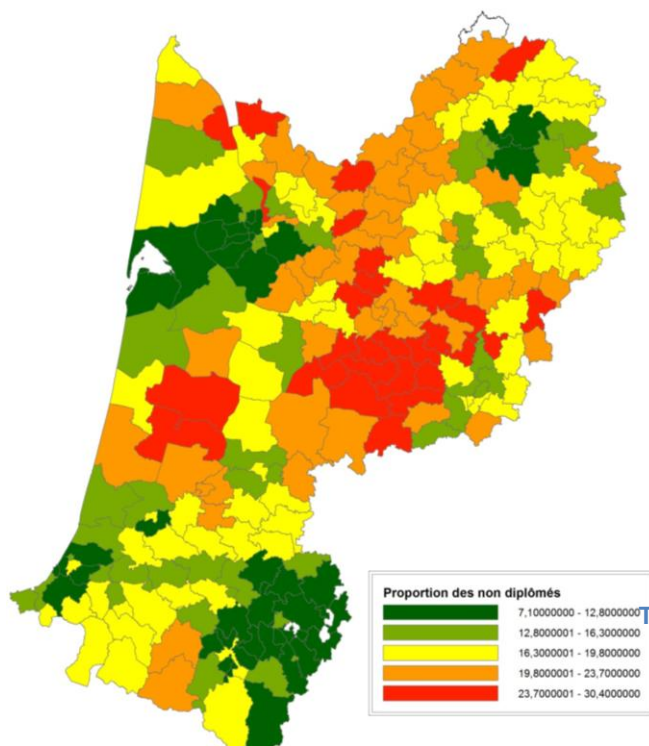
Figure 39 : Taux d'emploi des 15 à 64 ans en Aquitaine en 2009

De même que pour les revenus, les taux d'emploi mettent en évidence des inégalités. Le taux d'emploi le plus fort est celui du canton de Pau tandis que le plus faible est celui du canton de Arzacq-Arraziguet.

La plupart des régions du Sud semblent connaître un bon taux d'emploi alors que dans le Nord, des écarts apparaissent. Comme pour les revenus de nombreux cantons de la Dordogne et du Lot et Garonne présentent des taux d'emploi plus faible. A l'Ouest, les taux sont hétérogènes avec des situations plutôt défavorables dans le Médoc et des taux élevés autour de Bordeaux et dans le Sud de la Gironde.

III. Part des non diplômés dans la population

Définition de l'indicateur : *rapport entre la population non scolarisée de 15 ou plus sans diplôme et la population de 15 ans ou plus ayant terminé ses études (âges en années révolues).*



Moyenne Aquitaine	17,98
Ecart type	4,74
1er quartile	14,63
Médiane Aquitaine	17,85
3ème quartile	21,18
Minimum	7,1
Maximum	30,4

Tableau 8 : Statistiques sur les données de la part de population sans

Figure 40 : Part de la population des 15 ans ou plus sans diplôme en

Les valeurs sont pour cet indicateur également très étendues avec des extrêmes de 7,1% pour le canton de Pau et 30,4% pour le canton de Damazan. L'écart type est supérieur au quart de la moyenne ce qui montrent que les valeurs sont très dispersées.

En toute logique les taux les plus faibles concernent les villes proches d'installations scolaires importantes (lycées, universités...) : Bordeaux, Pau, Bayonne, Périgueux... A l'inverse les zones rurales présentent des valeurs plus faibles.

En conclusion :

Nous voyons que ces indicateurs sont corrélés dans certaines zones. Les cantons de la Dordogne et du Lot et Garonne ainsi que ceux du Médoc semblent cumuler des situations défavorables pour le revenu, l'emploi et la part de non diplômés. D'autres sur ces trois paramètres semblent être favorisés : autour du bassin d'Arcachon, de Bordeaux et sur la côté basque.

Pour les autres, il n'est pas toujours facile d'établir un lien. Des cantons comme ceux du Nord-ouest des Landes ont un revenu parmi les plus élevés mais des taux d'emploi et des parts de diplômés parmi les plus faibles. La situation est inverse dans d'autres cantons du Béarn.

9 Annexe 9 : Etat de santé des Aquitains

Les données sanitaires ont été fournies à l'échelle des ESP (ou territoires de santé de proximité) par l'ORS Aquitaine à partir des bases de données de l'INSEE et CepiDC de l'INSERM. Le découpage de la région est présenté dans la carte ci-dessous.

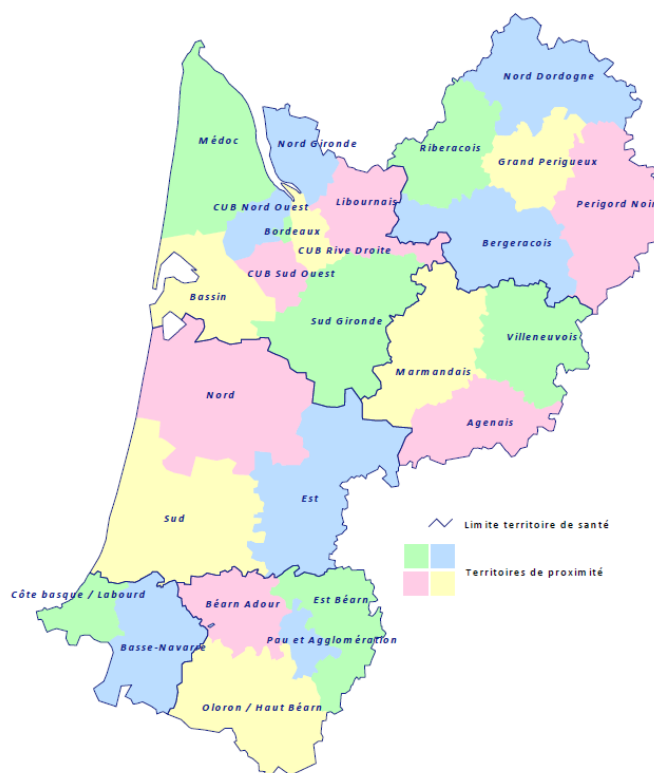
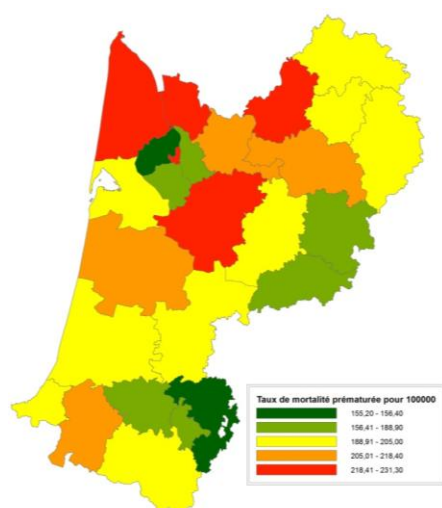


Figure 41 : Espaces de santé de proximité de la région Aquitaine¹⁹

I. Taux de mortalité prématurée



Moyenne Aquitaine	195,4
Ecart type	21,12
1er quartile Aquitaine	187,33
Médiane Aquitaine	198,8
3ème quartile Aquitaine	215,78
Moyenne Nationale ²⁰	200

Tableau 9 : Statistiques des données de mortalité prématurée

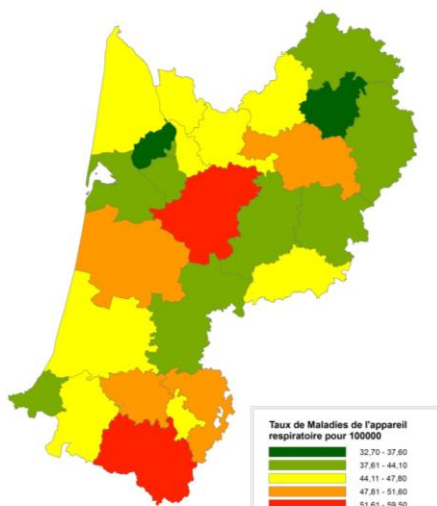
Figure 42 : Taux de mortalité prématurée en Aquitaine en 2006-2010

¹⁹Agence Régionale de Santé de l'Aquitaine, <http://www.ars.aquitaine.sante.fr/>

²⁰Fédération nationale des observatoires régionaux de santé : www.scoresante.org

Les taux de mortalité prématurée révèlent des différences en Aquitaine. Les taux s'étalent de 155,2 pour le plus faible (CUB Nord Ouest) à 231,3 pour le taux le plus fort (Nord Gironde). Ils sont plus élevés dans les ESP du Nord de la région ; en particulier au Nord Ouest. Seuls les espaces autour de Bordeaux semblent moins touchés. Dans le Sud, à l'exception de la Basse Navarre, les taux sont en dessous de la moyenne régionale et nationale.

II. Taux standardisé de mortalité par maladie de l'appareil respiratoire



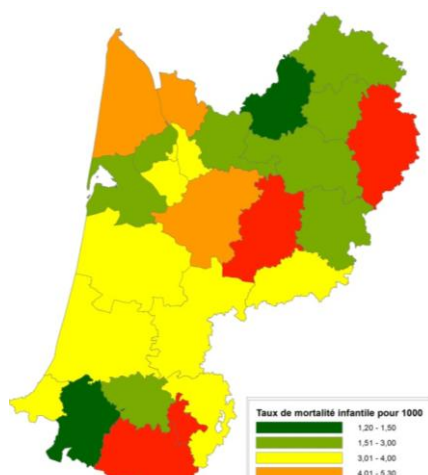
Moyenne Aquitaine	44,7
Ecart type	5,42
1er quartile Aquitaine	42,7
Médiane Aquitaine	45,5
3ème quartile Aquitaine	47,7

Tableau 10 : Statistiques des données de maladies de l'appareil respiratoire

Figure 43 : Taux de maladies de l'appareil respiratoire pour 100000 en Aquitaine en 2006 - 2009

Les données sont également hétérogènes avec un écart type supérieur à 10% de la moyenne régionale. L'Est de la région semble moins touché, pour le reste, aucune tendance n'est réellement observable. On trouve les espaces de santé où les taux sont les plus élevés au centre (territoire de la Sud Gironde) et au Sud (ESP de l'Olon/Haut Béarn).

III. Taux de mortalité infantile pour 1000 naissances



Moyenne Aquitaine	3,8
Ecart type	1,67
1er quartile Aquitaine	2,65
Médiane Aquitaine	3,4
3ème quartile Aquitaine	4,68
Moyenne Nationale	3,5

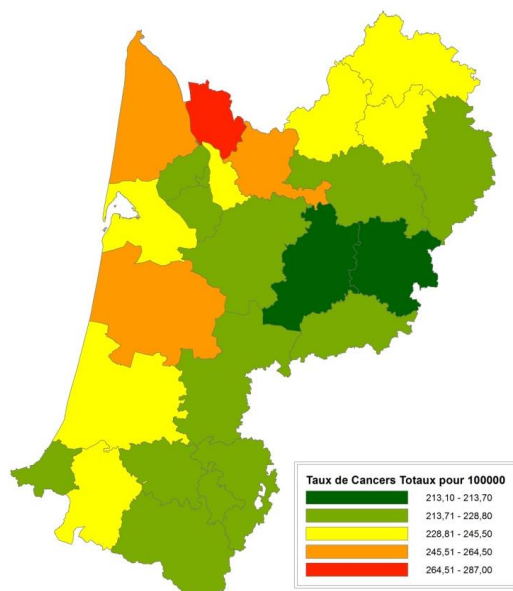
Tableau 11 : Statistiques des données de mortalité infantile

Figure 44 : Taux de mortalité infantile (de 0 à 365 jours) pour 1000 naissances en Aquitaine sur la période 2005-2007

On observe ici également des taux très hétérogènes s'étalant de 1,2 à 7,40 avec un important écart type. Ces taux peuvent varier d'un territoire à l'autre même si ceux-ci sont

spatialement très proches. Aucune tendance n'est vraiment observable, les taux les plus élevés sont répartis sur tout le territoire.

IV. Taux de mortalité standardisé de mortalité par cancer



Moyenne Aquitaine	231,3
Ecart type	16,3
1er quartile Aquitaine	224,8
Médiane Aquitaine	228,4
3ème quartile Aquitaine	238,7
Moyenne Nationale	230

Tableau 12 : Statistiques sur les données de cancers totaux

Figure 45 : Taux de cancers totaux pour 100000 en Aquitaine pour la période 2006 - 2009

Le taux standardisé de mortalité par cancers révèlent des disparités au sein de la région. Un gradient qui va de l'Est pour les taux les plus forts à l'Ouest pour les taux les plus forts est perceptible. Un taux particulièrement élevé (supérieur aux moyennes régionale et nationale) touche l'espace de proximité Nord Gironde (287).

V. Taux de mortalité standardisé de mortalité par cancer du sein

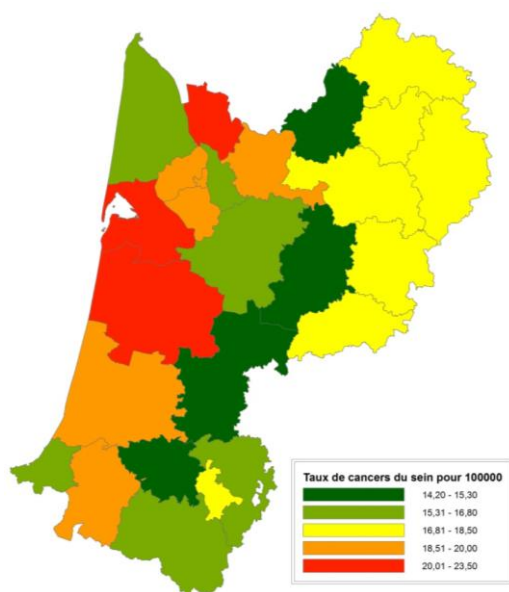


Figure 46 : Taux de mortalité par cancers du sein pour 100000 en Aquitaine pour la période de 2006-2009

Moyenne Aquitaine	17,9
Ecart type	2,33
1er quartile Aquitaine	16
Médiane Aquitaine	17,65
3ème quartile Aquitaine	19,08
Moyenne Nationale	18

Tableau 13 : Statistiques sur les données du taux de cancer

Les taux de mortalités par cancer du sein sont également hétérogènes d'un espace de proximité à l'autre. On note qu'ils sont plus élevés à l'Est le long du littoral, intermédiaire à l'Ouest et faibles à l'Ouest. Le Nord Gironde est ici aussi touché par un taux élevé (21,1) après celui des Landes Nord (23,5).

Conclusion :

Selon l'indicateur auquel on s'intéresse, la distribution des valeurs diffère. A l'exception de l'espace de proximité du Médoc qui semble communiquer des valeurs de taux élevés pour les cinq paramètres étudiés. Pour les autres, ils peuvent avoir un indicateur favorable et à l'inverse un autre défavorable. Par exemple, le bassin d'Arcachon possède un taux de cancer parmi les plus élevés alors que son taux de mortalité infantile est plutôt faible.

De plus, à part pour les cancers la simple observation de ces cartes ne permet pas d'identifier des corrélations entre des territoires géographiquement proches. Par exemple le territoire Nord-Landes présente un taux de cancer du sein parmi les plus élevés alors que son voisin le territoire Est-Landes révèle un taux parmi les plus faibles. Il est complexe de synthétiser l'état de santé des aquitains.

10 Annexe 10 : Proposition de protocole pour l'étude des inégalités environnementales en Aquitaine

Le tableau ci-dessous résume et reprend les différentes étapes de l'étude des inégalités environnementales que pourrait mener l'Aquitaine. Bien sûr, elles peuvent être améliorées par des modifications possibles en fonction du délai et des moyens disponibles.

Etape	Tâches
Recueil des données (sources)	Qualité de l'air : concentration en NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} et O ₃ relevés par les capteurs (AIRAQ) Qualité du sol : concentration en ETM, BASOL (INDIQUASOL, BASOL) Qualité de l'eau : à déterminer (SISE-EAUX) Qualité de l'habitat : PPPI, logements construits avant 1949 (Anah) Proximité aux sources polluantes et bruyantes : ICPE, grands axes routiers, aéroports (DREAL, bases du MEDDE : ICPE, BASIAS)
Traitement des données	Qualité de l'air : pondération des concentrations par les valeurs recommandées par l'OMS Qualité du sol : Division du nombre de sites BASOL par la surface de l'IRIS Qualité de l'eau : transformation de l'UDI à la commune Proximité aux sources polluantes : création d'un score de proximité ou calculs des densités Centrer et réduire les données
Exploitation des données	Matrice de corrélation entre les données afin d'éliminer les redondantes Réalisation d'une ACP globale (sur toutes les données) et par milieux afin d'obtenir des facteurs de pondération Evaluation de la pertinence de l'ACP au regard de pourcentage de variation pris en compte par le premier axe, du nombre de coefficient négatifs, cohérence des résultats... Réalisation d'une AFM Réalisation d'une CAH globale et par milieux Réalisation d'autres méthodes d'analyses statistiques (modèles bayésiens, GAM) Représentations cartographiques
Pour aller plus loin	Calcul de l'exposition réelle (utilisation du modèle de l'INERIS ? BET de la population ? Matrice de mobilité ?) Etude des pesticides dans la région Croisement avec les données sanitaires et socio-économiques

Des logiciels statistiques devront également être disponibles : XL'stat, R, STATTA...

REBEILLE	Florence	09/10/2014
Ingénieur du Génie Sanitaire Promotion 2014		
Prévoir et prévenir les inégalités environnementales en Aquitaine		
Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP)		
<p>Résumé :</p> <p>La notion <i>d'inégalités environnementale</i> recouvre de nombreuses définitions mais toutes s'accordent à dire que des écarts d'exposition ou d'accès à des aménités peuvent engendrer des inégalités de santé. Il devient indispensable de d'agir dans le sens de leur réduction. Pour cela, les identifier est nécessaire.</p> <p>De nombreux plans et recommandations internationaux et nationaux traitent de ces problématiques. En France, le Plan National Santé Environnement 2 (PNSE 2) en est le principal. Parmi ses axes stratégiques majeurs figure le développement de méthodes pour leur caractérisation. Des approches multi milieux ont ainsi été développées : l'outil PLAINE ; le programme de recherche Equit'Area et un projet de la région Alpes-Provence-Côte d'Azur.</p> <p>A partir de leur analyse et en s'appuyant sur la représentation de quelques nuisances environnementales en Aquitaine, ce mémoire propose une méthodologie pour leur étude sur le territoire de la région. Il discute également des limites et difficultés qui pourraient être rencontrées. Ainsi, il a pour objectif de guider et orienter les acteurs de santé publique locaux dans leur démarche de caractérisation des inégalités environnementales.</p>		
<p>Mots clés :</p> <p>Inégalités environnementales, Plan National Santé Environnement (PNSE), PLAINE, Equit'Area, Aquitaine, nuisances, aménités environnementales, exposition, statut socio-économique, Analyses multivariées.</p>		
<p><i>L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.</i></p>		

REBEILLE	Florence	09/10/2014
Ingénieur du Génie Sanitaire Promotion 2014		
Anticipate and prevent environmental inequalities in Aquitaine		
Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP)		
<p>Resume :</p> <p>The concept of environmental inequalities includes many definitions. However, all of them agree to express that those differences in exposure or in access can lead to health inequalities. It is essential to act for their decrease. To manage it, we have before to understand and characterize them.</p> <p>A lot of international and national plans or recommendations refer to this issue and its consequences. In France, the National Environmental Health Plan 2 (PNSE 2) insists on links between environment and health and studies environmental inequalities. Among its main goals, it proposes to create methods to define them precisely. Multimedia approaches have been developed: the PLAINE software; Equit'Area research program and a project from Provence-Alpes-Côte d'Azur.</p> <p>Based on their analysis and the representation of some environmental damages in Aquitaine, this report proposes a methodology to study them in Aquitaine. It also explains limits and difficulties that may be encountered. Thus, it aims to guide and direct professionals in their local public health approach for the characterization of environmental inequalities.</p>		
<p>Mots clés :</p> <p>Environmental justice, National Environmental Health Plan (PNSE), PLAINE, Equit'Area, Aquitaine, damages, environmental amenities, exposition, socioeconomic and sanitary status, multivariate analysis.</p>		
<p><i>L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.</i></p>		