

LES HABITANTS DE L'ESPACE RURAL : QUELLE EXPOSITION À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ?

THE INHABITANTS OF THE RURAL AREAS: WHAT EXPOSURE TO THE ATMOSPHERIC POLLUTION?

Isabelle ROUSSEL

Résumé

Quelles sont les réalités qui se cachent derrière le chiffre de 8 000 décès par an dans la France rurale, annoncé par l'institut santé publique France ? À quelle exposition est soumise cette population rurale devant faire face à des émissions polluantes diffuses, nombreuses et variées ? La définition même de l'exposition est plus complexe que celle qui serait réduite à une simple information chiffrée sur la pollution ambiante issue d'un modèle. En effet, le monde rural est complexe et varie énormément en fonction des caractéristiques topoclimatiques, il est souvent présenté comme le négatif de la ville et pollué par des émissions agricoles mais pas uniquement ; en particulier, l'espace périurbain, plus densément peuplé par des populations plus vulnérables, est souvent le siège des externalités négatives de la ville voisine.

Mots-clés

Espace rural, étalement urbain, émissions agricoles, exposition à la pollution atmosphérique.

Abstract

What is the reality behind the figure of 8000 deaths a year due to air pollution in rural France recently published by the French Public Health Institute ? What is the exposure of rural populations who have to face diffuse, numerous and various pollutants emissions? Exposure is a complex process and cannot be reduced to a simple numeric information about ambient pollution issued from a model. The rural world is obviously extremely diverse and exposed to considerable variations in terms of topoclimatic characteristics. It is often considered as a negative of the urban world and polluted by agricultural emissions, but not only; in particular, periurban areas, more densely populated by more vulnerable populations, are often the location of negative externalities from neighbouring towns.

Keywords

Rural world, urban sprawl, agriculture emissions of pollutants, exposure.

La campagne française a pu, à l'image de la *wilderness* américaine, être idéalisée et considérée comme un lieu bucolique ayant conservé sa pureté originelle par rapport aux miasmes de la ville. Or les différents articles présentés dans ce numéro de la revue *Pollution atmosphérique* rappellent, une fois de plus, combien l'air se joue des frontières territoriales et que le brassage de l'atmosphère rend bien difficile l'identification d'un « bon air de la campagne ». Selon la récente étude de l'institut de santé publique¹, l'espace rural compte 8 000 décès par an attribuables à la pollution atmosphérique, pour une population estimée, en 2009, à 14,2 millions d'habitants. Aucun territoire ne peut échapper à la pollution, mais il convient de s'interroger sur l'existence d'une exposition particulière du monde rural qui serait responsable de ces nombreux décès, alors que la spécificité de la ruralité souvent considérée, en creux, comme l'espace du vide, est remise en cause. Cette réalité géographique a-t-elle encore un sens sociologique puisque, selon J. Viard (2012), « nous sommes tous devenus urbains² » et que Jacques Attali déclare : « la France a été rurale et elle ne l'est plus³ » ? La relation entre ville et campagne, renforcée par l'étalement urbain et l'interpénétration de la ville avec la campagne voisine, est de moins en moins dichotomique. Il est vrai que, de la même manière que la définition statistique, apportée par l'INSEE, d'une commune rurale, est le négatif d'une commune urbaine, pour la pollution atmosphérique, l'appréhension de la pollution de l'espace rural et sa surveillance ont longtemps été négligées par rapport à la ville et à l'industrie, considérées comme des sources de pollution beaucoup plus tangibles. Or l'exposition intègre également de nombreux éléments intangibles moins bien connus et plus diffus.

Certes, la notion d'exposition ne peut être examinée qu'au cas par cas puisqu'elle dépend du mode de vie adopté par chacun selon un emploi du temps spécifique, et pourtant, elle est modélisée donc généralisée pour évaluer un risque sanitaire qui ne peut qu'être collectif. Dans le monde rural, en dépit de sa grande diversité, les pollutions de proximité qui contribuent pour une large part à l'exposition individuelle, ont leurs spécificités mais peuvent-elles être attribuées à une catégorie de population qui serait définie comme rurale ? Peuvent-elles être considérées comme spécifiques de la ruralité ? La mise en évidence des émissions liées à l'agriculture et de toutes les autres sources issues du monde rural

dément le caractère passif de l'exposition dont la connaissance n'a de sens, au contraire, que pour susciter des actions à entreprendre à toutes les échelles pour améliorer l'environnement. L'existence de pollutions diffuses et variées dans un monde rural divers et flou fait ressortir le nouveau contexte de la gestion de la pollution atmosphérique envisagé à toutes les échelles, depuis les accords internationaux qui permettent de limiter le bruit de fond jusqu'à la maîtrise individuelle des émissions agricoles ou domestiques.

1. Que signifie la notion d'exposition à la pollution atmosphérique ?

L'exposition à la pollution atmosphérique ne peut être assimilée à l'information instantanée issue d'une application installée sur un smartphone dont la disponibilité est limitée dans le monde rural, car les réseaux de mesures et l'espace couvert par les serveurs sont encore lacunaires. Elle ne peut pas être assimilée à la seule mesure de concentration d'un polluant dans l'air extérieur, aussi bon indicateur soit-il. À travers la notion d'exposome, elle intègre l'ensemble des pollutions rencontrées à différentes échelles spatio-temporelles par les individus. Il s'agit d'une grandeur abstraite qui s'intègre dans un modèle épidémiologique et qui dépasse la notion concrète de pollution individuelle à un instant donné en dépit des définitions réductrices parfois données à cette notion d'exposition.

L'exposition, notion indispensable mais tributaire de nombreux facteurs individuels

L'exposition est définie, selon l'Académie des sciences américaines en 1991, « (...) comme un contact entre l'homme et son environnement avec un contaminant d'une concentration spécifique durant un certain laps de temps. L'unité de mesure est la concentration multipliée par le temps ». Le contact, d'ailleurs, ne se limite pas à la peau, car l'air, chargé de multiples composants, pénètre très profondément dans l'appareil respiratoire, et ces composants, potentiellement pathogènes, peuvent migrer à différents niveaux dans d'autres organes (figure 1). La découverte des méfaits des particules fines inhalées dans l'organisme rend l'interpénétration entre l'air extérieur et le corps humain encore plus forte.

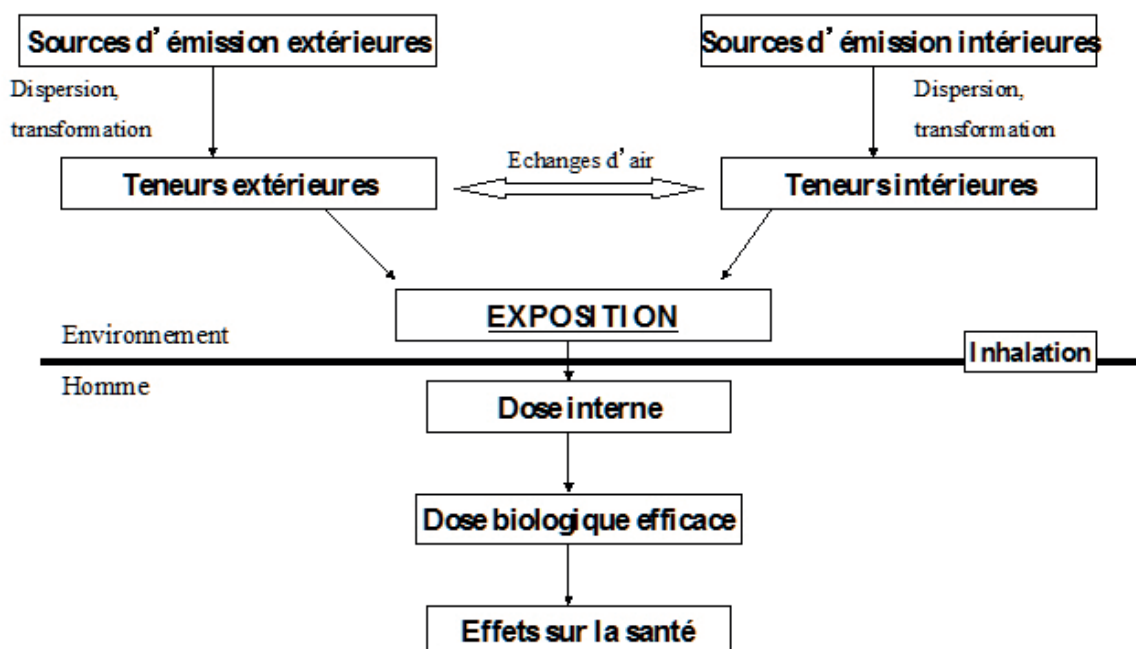


Figure 1. Représentation schématique des principales étapes à considérer pour l'évaluation du risque sanitaire dû aux polluants atmosphériques (source : Derbez, Mosqueron, Nedellec, 2001).

Plan of the main stages to be considered for the evaluation of the sanitary risk due to atmospheric pollutants.

La connaissance de l'exposition permet aux épidémiologistes de détecter des effets sanitaires collectifs et de les relier à des relations dose-effet pour identifier d'éventuelles relations de causalité. Les évaluateurs de risque combinent, dans leur démarche, l'exposition avec la nocivité connue des substances.

De façon plus courante, la science de l'exposologie vise, par la recherche des déterminants de l'exposition, à mieux identifier les sources de pollution dans une vision préventive. C'est l'ensemble des environnements dans lesquels l'individu a évolué au cours de sa vie qui constitue l'exposome, c'est-à-dire le milieu dans lequel la santé ou la maladie ont pu se façonner. Il est établi que l'état de santé et le développement de maladies chroniques dépendent en partie du génome de l'individu, mais largement aussi de son exposome, c'est-à-dire du cumul et de la combinaison des expositions environnementales rencontrées tout au long de la vie.

L'exposition par inhalation cumule les influences des ambiances extérieures et intérieures, puisqu'en moyenne, les individus passent 80 % de leur temps à l'intérieur des maisons.

Le paradoxe de l'exposition : une première différence entre l'exposition et la dose interne assimilée dans l'organisme dépend de l'activité physique exercée. Le volume d'air inhalé, 10 litre par minute, correspond à une activité légère, mais quand on monte les escaliers, le volume peut augmenter à 35 l.min⁻¹. Il peut atteindre des valeurs de 55 à 70 litres/min⁻¹ lors d'une activité intense, sportive par exemple.

Cette individualisation ne permet pas pour autant d'évaluer un risque sanitaire individuel. En effet, seule la modélisation réalisée à partir d'un échantillon d'une certaine taille peut permettre de disposer de la puissance statistique nécessaire pour identifier un risque lié à la pollution, alors

que, comme toujours dans le domaine de la santé environnementale, les facteurs de confusion sont nombreux et les pathologies identifiées plurifactorielles.

Le paradoxe de l'exposition, c'est que, pour la connaître en détail, il faut descendre au niveau individuel, mais qu'à ce niveau, l'identification d'un risque sanitaire (donc statistique) est difficile à établir, de telle sorte que la notion d'exposition comporte toujours une marge d'incertitude, et qu'elle ne peut donc pas être connue de façon déterminée et précise... La notion d'exposition est un outil d'intelligibilité et d'intervention qui permet d'établir une meilleure appréhension d'une réalité complexe, mais pas une connaissance directement causale.

Les effets sanitaires des polluants évalués selon les biomarqueurs

Ce n'est pas parce qu'un individu a pu respirer dans une atmosphère polluée que le polluant inhalé a des effets délétères sur son organisme, chaque individu pouvant présenter une susceptibilité différente : une même charge polluante peut provoquer chez des individus différents des effets variés. En outre, l'inhalation n'est pas la seule voie d'imprégnation ; les polluants peuvent affecter l'organisme par d'autres voies comme l'alimentation ou la boisson. Le contact peut avoir lieu par inhalation, ingestion ou absorption cutanée, et affecter différents organes. Compte tenu du fonctionnement de ces organes, la dose reçue n'est pas nécessairement la dose biologiquement efficace, dans la mesure où une partie de la dose ingérée ou inhalée peut être éliminée. La dose interne, celle qui est bioactive, dépend de facteurs physiopathologiques (âge, maladies) propres à chaque individu. La notion de personne sensible repose sur des critères très délicats à établir et mouvants dans le temps. Cette notion de susceptibilité implique des critères socio-économiques, ce qui soulève la question, sur le plan social, de la justice environnementale.

Les biomarqueurs d'exposition reflètent l'exposition intégrée des individus, puisqu'ils sont la résultante de toutes les voies potentielles d'exposition aux polluants environnementaux (orale, respiratoire et cutanée). Un biomarqueur peut être une substance chimique ou un de ses produits de dégradation (appelé métabolite) présent dans le corps humain.

L'étude des corrélations potentielles avec la contamination des milieux (air, aliments...) et de leur signification en termes de risque sanitaire est encore aujourd'hui insuffisante en France. Il est donc difficile d'établir une relation entre la présence de biomarqueurs et les sources de pollution responsables.

La connaissance de l'exposition par modélisation et application smartphone

La plupart du temps, la modélisation permet de décliner la répartition spatiale de la pollution extérieure ; la valeur affectée à un territoire supposé homogène est considérée comme étant l'exposition potentielle des habitants de cette zone. Cependant, il est bien difficile d'affecter les résultats obtenus à un territoire aussi flou que celui défini par le monde rural (Roussel, 2004) et *a fortiori* à un ensemble d'habitants, puisqu'ils ne sont pas assignés à résidence et que leur exposition dépend des emplois du temps de chacun. L'exposition, réduite à la pollution extérieure, est ainsi estimée avec une marge d'erreur que l'exploitation des mesures de plus en plus nombreuses devrait permettre de réduire en améliorant la paramétrisation des modèles. Pour l'instant, le faible nombre de capteurs dans le monde rural rend la modélisation spatiale encore très imprécise, d'autant que l'inventaire des émissions diffuses et fluctuantes est difficile.

Néanmoins, la connaissance détaillée de l'exposition individuelle, si elle ne peut pas être utilisée pour préciser un risque collectif, demeure intéressante en termes de levier d'action pour agir de manière pertinente sur les sources et les comportements. En effet, la connaissance du niveau d'exposition peut être considérée d'une manière passive mais elle peut permettre également de développer des attitudes plus actives : l'une consiste à mieux identifier la relation, toujours délicate à établir, entre les niveaux de polluants observés et les sources de proximité sur lesquelles des actions collectives ou individuelles peuvent être envisagées. Il est également possible, surtout pour les personnes sensibles, de trouver des stratégies d'évitement pour se protéger lorsque les valeurs sont élevées.

2. Peut-on déceler une spécificité de l'exposition dans le monde rural ?

Le monde rural est très divers, et l'exposition des populations dépend de nombreux facteurs. La puissance des études épidémiologiques, appuyées sur la connaissance de mieux en mieux renseignée des expositions, permet de décliner les effets de la pollution de l'air selon des territoires ou des catégories de population bien définis. Mais comment définir un espace rural ou un territoire rural ?

Le monde rural, quelle définition ?

La notion d'espaces ruraux désigne, selon le *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*⁴ : « globalement, les campagnes dans leur complexité, sans réduire celles-ci aux manifestations des activités agricoles. (...) Il s'agit ici d'espaces dont la faible densité relative de peuplement laisse une large place aux champs et à la forêt dans l'utilisation des sols, mais pas nécessairement à l'agriculture dans l'économie comme dans la société. Le rural comprend les villages et les petites villes qui en sont des centres de services publics et privés ».

Le seuil de densité retenu par l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE) pour apprécier si un espace est urbain ou rural est de 150 habitants par km². Ce seuil, relativement élevé, fait ressortir l'importance de la ruralité en France : plus du tiers des départements métropolitains sont ainsi « essentiellement ruraux » au sens de l'OCDE, et seules deux régions (Ile-de-France et Nord-Pas-de-Calais) y sont « essentiellement urbaines ». Cela s'explique par la densité moyenne de la France métropolitaine, de 117 habitants au km² (65 M d'habitants pour 550 000 km²), soit un niveau relativement faible si on la compare à d'autres États membres voisins tels l'Allemagne, le Royaume-Uni, l'Italie ou les Pays-Bas.

Si 80 % de la population habite en ville, la surface urbanisée ne représente que 9 % du territoire, tandis qu'en 2012, les sols agricoles occupaient 51 % du territoire métropolitain et les espaces naturels 40 %. L'importance spatiale des campagnes en France est ainsi mise en évidence, mais la ville et la campagne sont interpénétrées. Les limites de la ville ne sont plus inscrites dans le paysage ; elles évoluent plutôt

au gré des découpages administratifs. L'INSEE a revu sa définition de la ville qui, autrefois, s'appliquait à toutes les communes de plus de 2 000 habitants. En 1954, la définition des unités urbaines a remplacé celle de la ville pour introduire une contrainte paysagère. On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants. Par défaut, sont considérées comme rurales les communes qui ne rentrent pas dans la constitution d'une unité urbaine. En 1997, l'INSEE a introduit la notion de Zonage en Aires Urbaines (ZAU), qui, tout en étant fondée sur le paysage, intègre des niveaux d'emploi et de taux d'attraction par l'emploi. En 2010, un nouveau découpage ne distingue plus les espaces à dominante urbaine de ceux à dominante rurale puisque, selon l'INSEE, 95 % de la population vit sous l'influence des villes. Ainsi, la vision diachronique de la ville est-elle difficile à suivre, puisque l'INSEE, au fil des recensements, a modifié l'assiette spatiale des villes.

Cette classification contribue à imposer une perception essentiellement urbaine et économique des territoires... La visualisation d'aires urbaines grandissantes suggère en effet un processus d'intégration lent mais régulier d'une part majoritaire de la population. Le monde rural est devenu le « négatif » du monde urbain et paraît être mis au second plan. Pourtant, le tableau 1, élaboré à partir du découpage entre communes rurales et urbaines, opéré par l'INSEE, indique des évolutions contrastées entre communes rurales et urbaines.

En 2009, l'espace rural rassemblait 14,2 millions d'habitants, soit 22,8 % de la population sur 78,2 % de la superficie du territoire français (hors DOM), avec donc une densité moyenne de population faible (33 habitants au km²), de même pour la densité résidentielle (18 logements au km²). En comparaison, l'espace urbain affiche une densité de population de 406 habitants au km² et de 206 logements au km².

Le tableau ci-dessous montre la dynamique démographique relative de ces communes rurales qui, bien que minoritaires, sont des zones d'accueil qui concentrent la majorité des nouveaux logements. Ces chiffres illustrent la mutation des campagnes qui ne correspondent plus à l'image ancestrale de la juxtaposition de fermes et de résidences secondaires.

Découpage géographique	Communes rurales restées rurales	Communes urbaines restées urbaines	France métropolitaine
Évolution de la population entre 1999 et 2009	11,6	4,9	6,7
due au solde naturel	2,0	4,8	4,2
due au solde migratoire apparent	9,6	0,1	2,5
Évolution du nombre de logements entre 1999 et 2009	15,8	10,5	12,1
Évolution du nombre de résidences principales entre 1999 et 2009	17,6	11,1	12,8

Champ : France métropolitaine.

Tableau 1. Évolution de la population entre 1999 et 2009 selon le découpage en unités urbaines (%) (source : INSEE).

Evolution of the population between 1999 and 2009 according to urban units (%).

Mais le monde rural présente plusieurs facettes qui se définissent par des densités différentes mais aussi par leur éloignement d'une métropole voisine et leur attractivité. Ce qui explique la classification de l'INSEE par bassin de vie. En 2003, le bassin de vie, unité statistique créée par l'INSEE, constitue le plus petit territoire sur lequel les habitants ont accès aux équipements et services les plus courants. Les zones rurales représentent 78 % du territoire mais seulement 31 % de la population. Néanmoins, le tableau ci-dessous montre l'importance et la dynamique démographique des communes intégrées dans l'espace rural dont l'extension spatiale est trois fois plus grande que celle du monde urbain (cf. tableau 2).

Un tiers des communes, très peu denses, regroupe 4 % de la population. Près des trois quarts d'entre elles sont situées dans un espace « résiduel » du zonage en aires urbaines. Les sols y sont globalement peu artificialisés, avec des espaces naturels importants (42 % de forêts et autres milieux naturels) et une part de l'emploi dans l'agriculture particulièrement élevée (31 %). La part des résidences secondaires dans l'ensemble des logements est forte, elle s'élève à 26 %. Ces espaces se caractérisent aussi par une population plus âgée et une population aux revenus plus modestes. En 2010, « l'indice

de vieillissement », c'est-à-dire le rapport de la population des personnes de 65 ans ou plus à la population des personnes de moins de 20 ans, atteint 0,6 dans les communes densément peuplées, 0,7 dans les communes de densité intermédiaire et dans les communes peu denses, mais 1 dans les communes très peu denses.

La présence de cette part importante de la population âgée peut avoir deux origines, soit le vieillissement local de retraités ayant travaillé dans l'agriculture ou dans les entreprises des bourgs voisins, soit le mouvement des retraités qui quittent la ville pour s'installer à la campagne : la population dans les communes très peu denses a augmenté globalement de 3,3 % entre 2006 et 2011, accentuant ainsi l'ampleur du mouvement amorcé depuis les années 1990 (cf. figure 2). La campagne dite profonde présente de nombreux attraits pour les touristes et pour les retraités. Les sondages⁵ témoignent de la perception positive des campagnes par beaucoup d'urbains et notamment d'habitants des grandes villes, et le désir d'un nombre non négligeable d'entre eux d'aller y résider.

Magali Talandier note, dans sa thèse (2007), le lien entre les migrations de retraités, mais aussi plus généralement l'installation des « néo-ruraux », et les lieux de villégiature

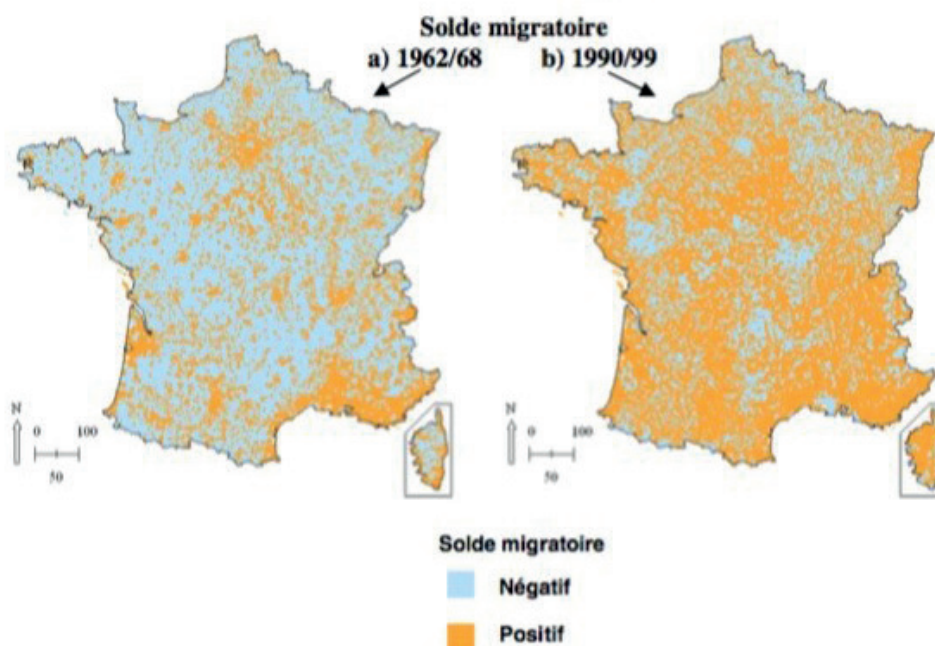
Type de bassin de vie	Nombre de bassins de vie	Nombre de communes	Population en 2009	Augmentation annuelle moyenne de population entre 1999 et 2009 (en %)	Surface (en km ²)	Nombre d'habitants au km ²
Urbain	379	10 214	44 175 780	0,6	140 310	315
Rural	1 287	26 468	20 128 720	0,9	492 425	41
Ensemble	1 666	36 682	64 304 500	0,7	632 735	102

Tableau 2. La répartition de la population française (métropole et DOM) par bassins de vie (source : INSEE, recensement de la population 2009).

The distribution of the French population (metropolis and DOM) by living areas.

fréquentés antérieurement. Pour autant, la moitié environ des « néo-ruraux » a effectué un déménagement de plus de 200 kms entre leur lieu de résidence précédent et leur commune rurale d'implantation. Elle souligne l'importance de la mutation représentée, à partir des années 1990, par l'essor des migrations d'agrément : « des personnes s'installent dans des espaces beaucoup plus reculés, sans lien avec le fait d'exercer une activité professionnelle en ville. Il s'agit de retraités, de rentiers, d'étrangers (Anglais notamment), mais aussi de gens qui arrivent à avoir une bi-résidence – consultants, professeurs d'université notamment – ou encore d'actifs qui s'installent et créent une activité sur place. Ces mouvements n'obéissent pas à la même logique que dans le cas de l'étalement urbain subi. C'est un choix de vie, et ce terreau de migrations choisies vers des espaces ruraux parfois très isolés est sans doute l'un des moteurs de l'avenir économique de ces territoires ».

Pierre Pistre, dans sa thèse (2012), conclut de la manière suivante : « Par le poids des migrations de proximité en provenance de pôles urbains et le profil des nouveaux arrivants – des actifs de moins de 50 ans, des couples avec enfants, des cadres et professions intellectuelles supérieures, des professions intermédiaires, des employés, des ouvriers – certaines reprises parmi les campagnes françaises se sont inscrites dans des processus affirmés de périurbanisation ou de rurbanisation plus diffus. D'autres formes de renouveau démographique rural ont été caractérisées par des arrivées plus lointaines et des populations plus âgées, des retraités, ainsi que des actifs en milieu ou en fin de carrière professionnelle ».



Source : calculs de l'auteur d'après INSEE, recensement général de la population (RGP) de 1962, 1968, 1990 et 1999.

Figure 2. Solde migratoire des communes entre 1962-68 et 1990-1999 (source : M. Talandier).
Migration balance of the Municipalities between 1962-68 and 1990-1999.

La complexité du domaine périurbain entre urbain et rural

Même d'un point de vue démographique, la distinction entre le monde rural et le domaine du périurbain marqué par l'extension de la métropole voisine est bien difficile à délimiter.

Le reflux de la ville vers la campagne

Le phénomène de l'étalement urbain a un caractère mondial. Magali Reghezza-Zitt⁶ constate « *la diminution de la densité moyenne dans l'espace urbain, 400 habitants par km², contre 600 en 1962. La superficie totale des grandes agglomérations a augmenté de 30 % entre 1999 et 2010. Les communes entre 2 000 et 10 000 habitants participent à plus de la moitié de la croissance urbaine alors que seulement 16 % de la population urbaine y vit* ». La ville dense ne participe que pour 25 % à la croissance démographique de la France.

« *Deux siècles après l'exode rural des XIX^e et XX^e siècles, qui avait marqué le démarrage du capitalisme, on assiste au départ des couches populaires des lieux du pouvoir économique et politique* » (Guilly, 2010). Cet attrait pour la campagne a succédé à une longue période d'exode rural qui, après la Seconde Guerre mondiale, a correspondu à la mécanisation et à l'intensification de l'agriculture. Depuis les années 1980, ce mouvement s'est inversé parce que la ville s'est étalée en direction de la campagne en grignotant l'espace rural. L'étalement urbain s'est traduit par un dynamisme démographique de la « France périphérique », conséquence d'une tertiarisation des emplois et de la désindustrialisation. Ce processus de métropolisation provoque une recomposition sociale des territoires allant de la ville-centre aux espaces périurbains et ruraux. Si les métropoles contribuent aux deux tiers du PIB français, elles ne concentrent qu'au maximum 40 % de la population, et l'immense majorité des classes populaires vit à l'écart des territoires les plus dynamiques, au sein de la France rurale et périurbaine, dans un maillage de villages, de petites villes et de villes moyennes, à l'écart du développement métropolitain. La recomposition sociale des territoires métropolitains favorise l'arrivée dans les espaces périurbains et ruraux des ménages modestes et précaires. C. Guilly (2014) distingue le périurbain choisi du périurbain subi. Selon cet auteur, la fragilité sociale des habitants, unis par un sentiment de relégation sociale et culturelle, y compris des

nouveaux arrivants, est une caractéristique du périurbain subi. Ces espaces n'attirent plus le vote de gauche : « *Dans toutes les régions, le vote frontiste est surreprésenté autour des grandes métropoles, d'abord dans les espaces du périurbain subi et s'étend en direction des petites villes et zones rurales.* » (Guilly, 2014). Au contraire, les cadres, gérant plus facilement leur mobilité, se concentrent dans le périurbain choisi, plus valorisé et plus proche des villes.

À cette complexité entre le rural et le périurbain s'ajoute la question des petites villes qui ont structuré l'essor du monde rural. Contrairement à l'*urban sprawl*, qui a dévoré la campagne voisine, l'étalement urbain en France s'est appuyé sur un tissu de villes petites ou moyennes qui préexistaient et qui ont permis de structurer des bassins de vie. Cependant, ces espaces périurbains (couronnes périurbaines et communes multipolarisées) sont encore fortement dédiés à l'agriculture, puisque 55,4 % de leur superficie relèvent de la Surface Agricole Utile (SAU). Ils accueillent 35 % des exploitations agricoles et 36 % de la SAU de France métropolitaine. Leur densité de peuplement relativement faible et leurs paysages encore largement marqués par les activités agricoles et forestières expliquent pourquoi les habitants tendent à se déclarer fréquemment « vivre à la campagne ». D'un point de vue sociologique, le caractère rural des espaces périurbains est d'autant plus marqué qu'aujourd'hui les modes de vie urbains et ruraux sont proches : le poids du paysage devient donc déterminant dans la différenciation spatiale.

De manière générale, les espaces périurbains sont investis par de jeunes ménages qui optent pour de meilleures conditions de logement tout en gardant leur emploi en ville ; d'autres migrations affectent surtout les retraités qui se dirigent de préférence vers les territoires peu denses, mais également littoraux ou méridionaux. Les centres urbains perdent davantage de résidents de plus de 65 ans qu'ils n'en attirent. Ce mouvement est à l'origine de ce qu'il est convenu d'appeler « la *silver économie* ».

Les populations installées dans ce monde non urbain sont donc très différentes. C'est pourquoi, selon Martin Vanier (INRA, 2008) : « *les ruralités ont remplacé la ruralité. Voilà de quoi s'éloigner de l'idée héritée d'un monde rural homogène qu'il s'agirait de faire perdurer en le réinventant, voire en le réenchantant. Une telle idée de la ruralité unie n'a plus guère de sens, même si*

elle persiste... Ce choix dénoue l'opposition de destins entre un urbain et un rural qui seraient étrangers l'un à l'autre, dans leurs raisons d'être, leurs systèmes de valeurs, leurs modes de représentations, y compris le monde politique. Il se substitue à cette étrangeté réciproque, encore largement cultivée, flattée, outrée, fantasmée, le monde des liens, des mouvements, des échanges, des circulations et des interactions qui unissent chaque jour davantage les villes et les campagnes. La prospective des nouvelles ruralités en France devient alors celle d'un monde global, interpellé dans ses rapports à ces espaces essentiels que sont à la fois l'espace de nature, l'espace nourricier et l'espace du "plein air", l'espace à vivre en somme. »

Il faudrait apporter des nuances à cette structure duale entre périurbains et ruraux, car les littoraux ou des régions touristiques particulièrement attractives introduisent de fortes particularités dans la notion de ruralité. Cependant, dans la mesure du possible, pour dégager des idées générales sur l'exposition à la pollution atmosphérique, seuls les espaces ruraux et périurbains seront envisagés en laissant de côté les espaces touristiques qui sont occupés pleinement de manière saisonnière, avec des questions de pollutions temporaires difficiles à gérer. Cependant, ces espaces attractifs sont aussi ceux qui sont privilégiés pour une installation permanente à l'âge de la retraite.

La population rurale, si elle est caractérisée par sa faible densité et sa variété, comprend de nombreuses personnes sensibles, que ce soit, très schématiquement, de jeunes enfants dans le domaine périurbain ou des personnes plus âgées dans les campagnes plus reculées. À ceux-ci, il faudrait ajouter les agriculteurs, très exposés au cours de leur vie professionnelle, en raison de la manipulation de produits azotés ou phytosanitaires. La connaissance de la composition, mais également, comme on va le voir, de l'exposition des populations rurales n'est donc pas négligeable, bien qu'encore très insuffisante. Elle concerne deux types d'espaces : le périurbain et le rural dit « profond », qui paraissent bien différents, surtout en termes de densité de population, mais les limites entre l'un et l'autre sont aussi difficiles à établir que celles entre la ville et la campagne. L'évaluation de l'exposition de ces populations très diverses dépend des sources d'émission issues de la campagne et des conditions de dispersion dans des espaces plus ouverts et moins confinés que

la ville mais, en même temps, plus tributaires des conditions topoclimatiques.

3. Les pollutions du monde rural

La multiplicité des mesures de polluants au sein des campagnes permet d'affirmer que, de manière contre-intuitive, la pureté de l'air ne caractérise pas la campagne, même si les pollutions mesurées dans l'espace rural présentent un risque moindre pour la santé publique étant donné la faible densité des populations.

Cependant, la campagne, avec ses activités agricoles, est aussi caractérisée par un paysage beaucoup plus ouvert et beaucoup plus végétalisé que la ville. Ces conditions naturelles spécifiques influent sur la dispersion des polluants, qui dépendent également des nombreuses sources rencontrées.

En publiant son atlas des zones polluées (2016), l'association Robin des bois confirme que les zones rurales ne sont pas nécessairement préservées, notamment à cause de l'utilisation des pesticides. « *Les départements producteurs de champagne et de sauternes, de pommes de terre et de betteraves, sont les plus gros utilisateurs de pesticides cancérigènes* », souligne l'atlas. Les sources générées par l'agriculture concernent, au premier chef, les professionnels : ce sont les agriculteurs qui sont les plus directement exposés à des émissions dont les effets délétères sont de mieux en mieux pris en compte et réduits, en dépit de dénégations persistantes. Cependant, c'est l'ensemble des habitants de l'espace rural voire même urbain qui est exposé à ces polluants mieux connus et mesurés. Toutefois, l'agriculture n'est pas la seule responsable de la pollution rencontrée dans les campagnes, les ruraux et les néoruraux contribuent, par leurs choix de vie (habitat, déplacements, chauffage...) souvent contraints, à augmenter les niveaux de pollution auxquels ils sont exposés. L'espace périurbain, plus densément peuplé, concentre des émissions variées difficiles à éradiquer.

Les conditions de dispersion des polluants sont bien différentes à la ville et à la campagne

Les activités humaines, concentrées en ville, sont nombreuses et génèrent différents polluants, dont la dispersion est freinée par la forme de la ville et par les bâtiments qui ont tendance à les piéger. Dans la campagne, plus ouverte, les conditions de dispersion sont meilleures. Cependant, si la vitesse du vent est généralement plus élevée à la campagne qu'en ville, les conditions radiatives sont différentes et agissent sur l'épaisseur de la couche limite, souvent plus développée en ville à la faveur de l'îlot de chaleur urbain (figures 3 et 4). En effet, à la campagne, des forêts ou des étendues d'eau peuvent induire des îlots de fraîcheur qui stabilisent les masses d'air en refroidissant les niveaux inférieurs.

En soirée et au cours de la nuit, la température de la ville est plus chaude, puisque les bâtiments restituent de la chaleur (figure 3) ; dans la

campagne, le refroidissement nocturne est plus marqué et peut favoriser la formation d'une inversion thermique qui a tendance à piéger les polluants, d'autant plus abondants que les modes de chauffage utilisés pour se prémunir contre le froid nocturne sont plus polluants.

Les brouillards matinaux sont fréquents à la campagne, tandis que la sécheresse de l'air en ville, liée à la chaleur urbaine et au caractère minéral de la ville, tend à dégager l'atmosphère, qui peut néanmoins être le siège de « brumes sèches » générées par la présence de particules (Provençal, 2016).

Ces phénomènes, décrits de manière générale, peuvent être nuancés et renforcés par des conditions locales avec, en particulier, le jeu des brises thermiques, mis en évidence par N. Michelot (2012).

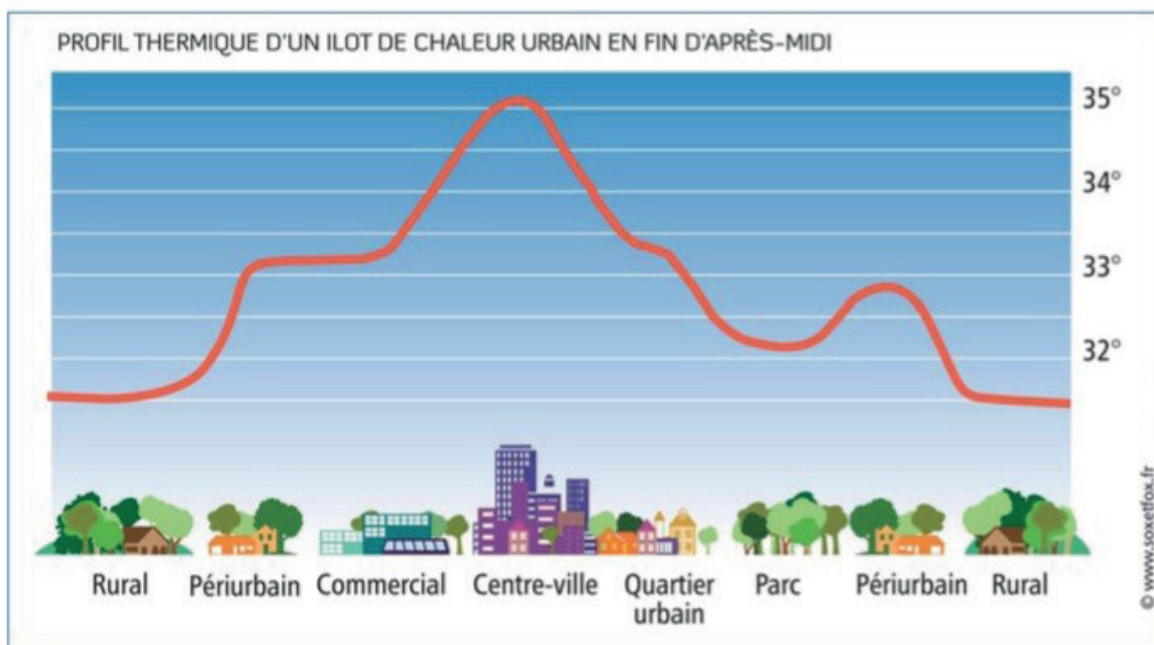


Figure 3. Schéma de l'îlot de chaleur urbain (source : ADEME).
Plan of urban heat island.

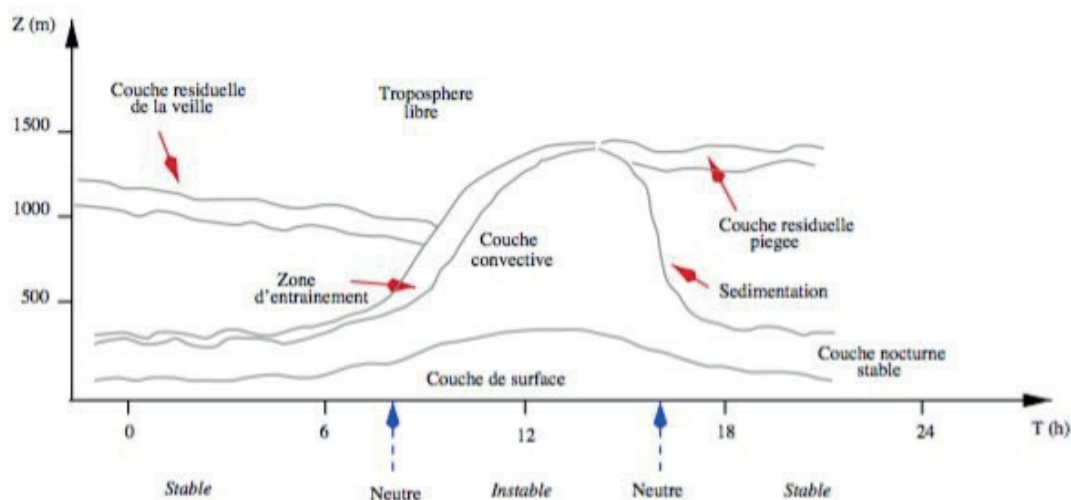


Figure 4. Schéma de l'évolution temporelle de la couche limite (d'après Stull).

Plan of spatial evolution of boundary layer limit.

Les brises thermiques et les brouillards peuvent être responsables de concentrations fortes dans une zone comportant des pollutions locales. Les topographies de fond de vallée peuvent aussi multiplier la fréquence des inversions de température et induire des dépassements des seuils en vigueur. La vallée de l'Arve offre

température, et les concentrations de carbone élémentaire mesurées dans l'air. Cependant, on peut noter l'importance des phénomènes locaux puisque, si les concentrations sont élevées au début de la nuit, elles diminuent rapidement au cours de la nuit en raison de la diminution des émissions ou de vents locaux.

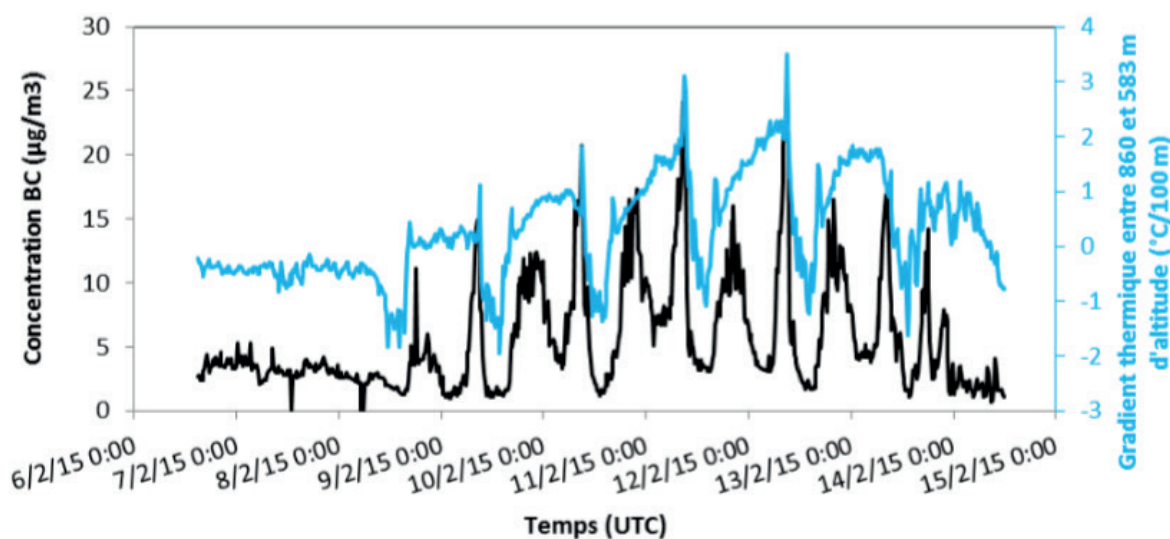


Figure 5. La vallée de l'Arve : gradient thermique dans les basses couches et concentration du carbone élémentaire dans l'air (d'après J.-L. Jaffrezzo).

The valley of Arve : thermal gradient in the low atmospheric layers and concentration of the elementary carbon in the air.

un exemple très étudié de ce phénomène. La figure 5 montre la relation entre le gradient thermique mesuré dans les basses couches de l'atmosphère, qui caractérise une inversion de

La variété des situations topoclimatiques de la campagne renforce la variabilité des niveaux de pollution rencontrés en dehors de la ville qui, globalement, continue à concentrer les situations

de dépassement des normes européennes, à l'exception de l'ozone.

Que ce soit en ville ou à la campagne, un bruit de fond important est formé par des émissions exogènes transportées par l'atmosphère, qui fonctionne comme un véritable laboratoire au sein duquel les polluants primaires se transforment. Cependant, à ce bruit de fond viennent s'ajouter des sources locales fixes ou mobiles, dont les émissions se dispersent au gré de la grande variété des conditions topoclimatiques. L'exposition d'un individu à un moment donné intègre des polluants provenant aussi bien de sources lointaines que d'émissions locales.

Les différentes échelles de la pollution

Les zones rurales sont épargnées par le bruit de fond urbain lié au caractère globalement confiné de la ville ; cependant, elles ne sont pas à l'abri de pollutions exogènes ni de sources locales.

Le bruit de fond

À la période de l'hygiénisme, et pratiquement jusqu'aux années 1980, la pollution était considérée comme une question liée à la proximité de sources essentiellement industrielles, dont le caractère délétère était matérialisé par des fumées et des odeurs directement perçues par l'habitant.

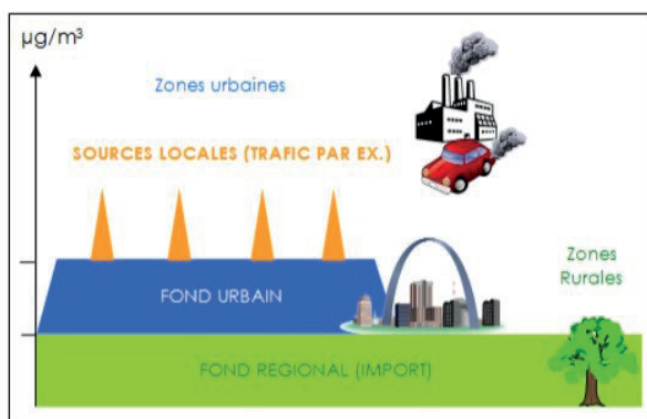


Figure 6. Schéma des concentrations des polluants selon les différentes échelles (source : AIRPARIF).

Plan of the concentrations of pollutants according to the various scales.

Depuis plusieurs décennies, on a découvert, et même mesuré par le réseau EMEP (cf. la

contribution de P. Codeville), que la campagne n'était pas épargnée par des polluants venus d'ailleurs. Les campagnes, même les plus reculées, sont affectées par le bruit de fond général de la pollution qui, constitué par des polluants secondaires ayant une durée de vie plus longue, peut traverser les frontières et persister longtemps dans l'atmosphère.

La figure 7 montre la persistance de ce bruit de fond, qui a néanmoins diminué depuis 1990, ce qui prouve l'importance des résultats obtenus grâce aux accords internationaux. En effet, les politiques nationales seules ne peuvent maîtriser ce bruit de fond qui affecte même les régions les plus reculées, dont les concentrations sont évaluées par le réseau EMEP.

Le plus bel exemple de ces polluants ayant

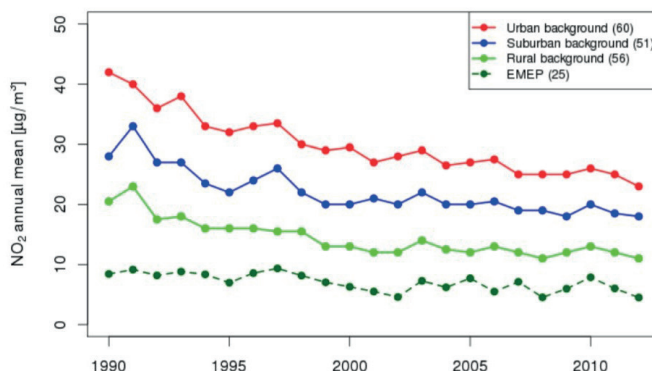


Figure 7. Évolution des concentrations de NO_2 (-39 %) dans les sites urbains et de NO_x (-51 %) entre 1990 et 2010 (d'après Colette *et al.*, 2015, source : INERIS).

Relative change between 1990 and 2010 in NO_2 concentrations (urban sites) : -39%

Relative change in the same period in NO_x emissions: -51%.

une extension régionale est celui de l'ozone, polluant caractéristique du domaine rural et périurbain (articles de Stella et de Castell, dans ce numéro). Les pointes d'ozone (Roussel, 2015) correspondent à des périodes fortement ensoleillées ; elles s'étendent sur de vastes surfaces et sont, en partie, générées grâce à la présence de gaz précurseurs, soit des NO_x , en périphérie des villes, soit des COV, souvent d'origine végétale, dans les régions méditerranéennes. Kalogridis (2016) a montré l'importance des émissions d'isoprène au-dessus d'une forêt méditerranéenne. Les COV émis peuvent contribuer, selon des mécanismes

encore mal quantifiés, à la production de gaz photo-oxydants. Il semblerait que dans la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, le bruit de fond de l'ozone ne baisse pas, mais que le nombre de dépassements des seuils d'alerte soit en diminution (Roussel, 2015). Cependant, lors d'épisodes d'ozone, déployés à une échelle au moins régionale, les niveaux auxquels les habitants sont exposés varient en fonction des facteurs topo-climatiques locaux (Martin, 2009).

Les campagnes ne sont pas épargnées par des pollutions de proximité liées à des émissions locales.

Les pollutions d'origine agricole

Les territoires ruraux français restent fortement structurés par les activités agricoles. En 2013, la Surface Agricole Utile (SAU) représentait 27 620 000 hectares, soit près de la moitié du territoire national, ce qui place la France en tête des pays européens en termes de SAU, avec 16 % des terres agricoles européennes. À cette même date, les sols cultivés occupaient 36 % du territoire métropolitain.

La répartition des émissions par secteurs d'activités dans la région Rhône-Alpes (figure 8) montre que l'agriculture génère des NOx, des PM mais surtout de l'ammoniac, dont les émissions, pour l'instant, paraissent moins bien maîtrisées que pour d'autres polluants, comme le montre le tableau 3.

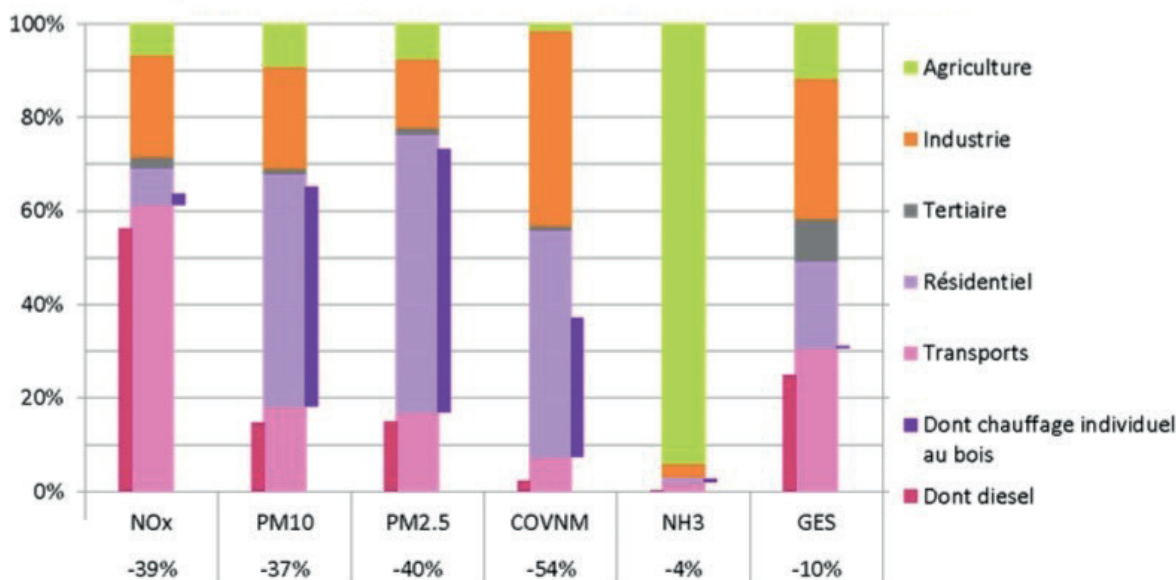


Figure 8. Part des différents secteurs d'activité dans les émissions rhônalpines en 2013 (source : Air-Rhône-Alpes).

Part of the various activities sectors in the Rhône-Alpes emissions in 2013.

NOx	PM ₁₀ PM _{2.5}	COVNM	NH ₃	GES
-39 %	-37 %	-54 %	-4 %	-10 %

Tableau 3. Réduction en % des émissions des différents polluants entre 2000 et 2013 (source : Air-Rhône-Alpes).

Reduction in % of the emissions of different pollutants between 2000 and 2013.

Depuis plusieurs années, les AASQA surveillent la qualité de l'air dans les zones rurales et peuvent identifier les concentrations rencontrées.

L'ammoniac est un polluant majeur, qui se trouve dans l'air à l'état gazeux, il provient de la volatilisation des épandages d'engrais et de l'élevage (bovin, ovin, volaille, porcin...) (figure 9).

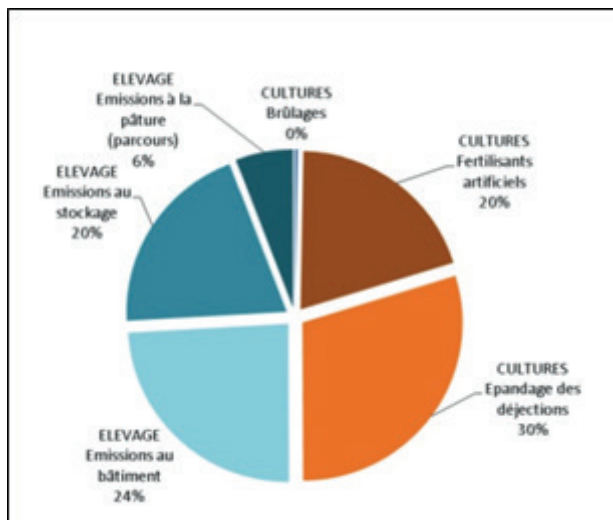


Figure 9. Contribution des différents secteurs agricoles aux émissions de NH₃ en 2010 (source : Air Rhône-Alpes).

Contribution of the various farming sectors to the emissions of NH₃ in 2010.

La concentration observée dans l'air correspond aux belles journées chaudes et ensoleillées, au cours desquelles ont lieu les épandages d'engrais. L'ammoniac peut se combiner avec des nitrates ou des sulfates pour contribuer à la formation de particules de nitrate ou de sulfate d'ammonium.

À de faibles concentrations, ce gaz n'est pas bio-accumulable, il est souvent arrêté au niveau des voies aériennes supérieures, mais peut être métabolisé et éliminé par les urines. L'ammoniac est un intermédiaire du cycle de l'azote, il se transforme rapidement en composés azotés, il n'est pas persistant. À des concentrations élevées, l'ammoniac est irritant et peut générer des troubles oculaires (Ineris, 2012).

Cette pollution, liée à la présence de l'agriculture, est surtout prégnante à proximité immédiate des champs et pendant les périodes

d'épandage. Il s'agit d'une pollution qui est limitée dans le temps et dans l'espace, tout en affectant une population peu dense.

Il faut noter que les sources d'ammoniac, comme les épandages de lisier ou les différentes formes de traitement des déchets agricoles, ont tendance à dégager des odeurs qui incommodent fortement le voisinage (Barneoud, 2012).

Les mesures de pesticides dans l'air en milieu rural se multiplient, mais leurs résultats sont difficiles à interpréter (Millet, 2016).

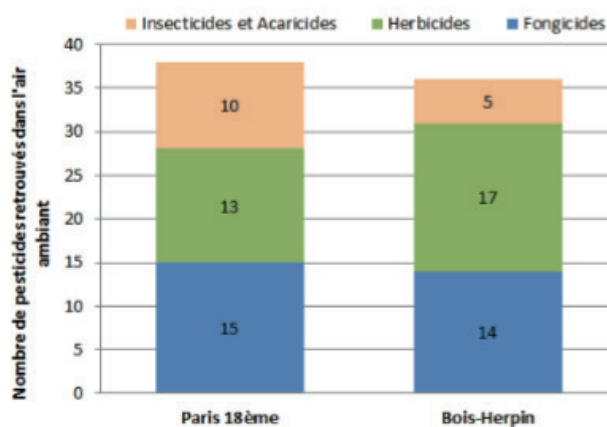


Figure 10. Nombre de pesticides retrouvés dans l'air ambiant à Paris et à Bois-Herpin dans la Beauce, par catégories d'usage lors de la campagne de mesure 2013-2014 (source : AIRPARIF).

Number of pesticides found in the ambient air in Paris and Bois-Herpin in Beauce by categories of use during the measuring campaign 2013-2014.

La multiplicité des produits utilisés et leur rapide dégradation dans l'air compliquent les protocoles en vigueur pour mesurer leur teneur dans l'atmosphère. On distingue les insecticides, très utilisés en ville, les herbicides qui accompagnent plutôt les grandes cultures céréalières et les fongicides utilisés pour lutter contre les maladies cryptogamiques des cultures délicates. Les molécules utilisées sont nombreuses et leur repérage demande une bonne collaboration entre les agriculteurs et le métrologue, qui ne peut mesurer que les substances déjà identifiées.

Que ce soit en Ile-de-France, en Rhône-Alpes ou en Midi-Pyrénées, des mesures, effectuées avec des protocoles identiques, permettent de comparer les concentrations dans des stations rurales et urbaines, qui ne sont pas épargnées

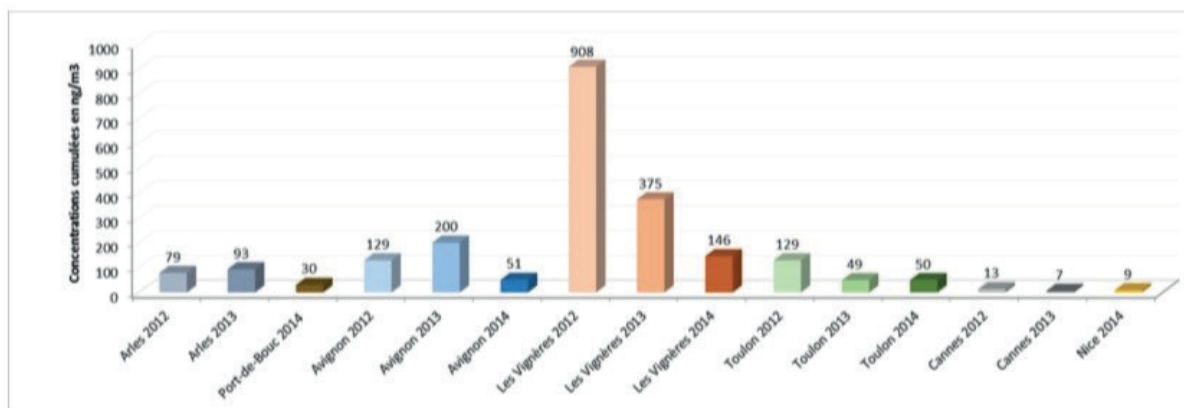


Figure 11. Concentrations totales cumulées par site : intercomparaison 2012, 2013, 2014 herbicides, fongicides et insecticides (source : air PACA).

Total concentrations accumulated by site : intercomparaison 2012, 2013, 2014 herbicides, fungicides and insecticides.

(figure 10). Le nombre de produits utilisés est plus important en ville, mais les concentrations mesurées sont plus élevées à la campagne, et spécialement à proximité des champs traités.

En PACA, la mesure de pesticides dans l'air est effectuée dans 4 stations urbaines et dans une, plus rurale, à proximité d'Avignon, à Cavailon-les-Vignères (figure 11). C'est cette station qui enregistre les plus forts cumuls de pesticides dus principalement aux concentrations du chlorpyrifos-éthyl. Un fongicide, le folpène, des herbicides et des insecticides sont également mesurés dans cette station. Leurs valeurs cumulées sont en baisse (figure 11).

La consommation de produits reste élevée⁷ en dépit des plans « écophyto » mis en œuvre (cf. encart). Le second plan « écophyto » a repoussé l'objectif de diminution de 50 % à 2025. Il semblerait que, depuis ces dernières années, les agriculteurs prennent davantage de précautions au moment de l'épandage en s'adaptant aux conditions météorologiques et en limitant la volatilisation des substances. Cependant, seuls des changements radicaux dans les systèmes de culture pourraient permettre de diminuer les traitements qui sont effectués de manière saisonnière, les herbicides sont utilisés au printemps, les fongicides pendant les périodes chaudes et humides et les insecticides plutôt à la fin de l'été. Les épandages ont lieu sur de courtes périodes. Il est donc très difficile d'évaluer l'exposition de la population rurale. Le centre « cancer et environnement » de Lyon essaie de mettre au point une méthode pour

estimer l'exposition à partir d'un SIG⁸.

Les agriculteurs subissent une exposition professionnelle⁹ non négligeable s'ils ne prennent pas de précautions suffisantes. Le récent rapport de l'ANSES déplore le manque d'études et la faiblesse des connaissances sur l'exposition des agriculteurs. Quant aux populations, il est difficile d'évaluer quelle est la quantité de produits inhalée au cours de la vie et de quels produits il s'agit dans le cadre de l'exposome. La plupart des études réalisées partent du principe que l'exposition décroît au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la source. L'Institut de Veille Sanitaire, s'appuyant sur Lu (2000), affirme que « *le transport des substances depuis les applications constitue une source de contamination non négligeable* » (InVS, 2006, p. 53). Les résidents proches des lieux d'utilisation de pesticides peuvent être exposés par l'inhalation due à la diffusion et la volatilisation des composés des pesticides au moment de l'application ou plus tard, parfois après plusieurs années, par remobilisation depuis les dépôts au sol.

De nombreux pesticides sont retrouvés lors d'analyses des poussières accumulées dans les maisons. L'air des champs pénètre dans les maisons, ce qui augmente l'exposition des habitants, qui passent plus de temps dans leur maison qu'à proximité des champs (cf. ci-dessous).

L'utilisation de ces produits est très surveillée. La mise sur le marché des différentes substances est soumise à une autorisation très

stricte qui, à partir du 1^{er} juillet 2016, sera délivrée par l'ANSES. Mais ces autorisations, délivrées jusqu'à présent au niveau européen, sont compliquées par le grand nombre de molécules actives qui peuvent être commercialisées ; elles s'appuient davantage sur des notions de toxicologie que sur l'évaluation du risque sanitaire, plus long à mettre en évidence et parfois nié par les producteurs. Cependant, les études récentes montrent que certains pesticides sont des perturbateurs endocriniens, dont les méfaits, même à faible dose, sont surtout sensibles chez les enfants et les femmes enceintes (Chan, 2015). La définition même de perturbateur endocrinien n'est pas stabilisée et suscite encore des polémiques. L'exposition des individus est difficile à quantifier, et les évaluations du risque sanitaire sont encore tâtonnantes. Mais faut-il attendre les résultats de longues études pour interdire des produits dont la dangerosité est avérée ? Les pesticides peuvent-ils être remplacés par des systèmes alternatifs ou plus naturels en faisant évoluer le système de l'agriculture moderne ? Des propositions existent mais leur fiabilité est encore faible et, sans pesticides, les dégâts provoqués par les ravageurs pourraient être considérables. C'est pourquoi, compte tenu de la vigilance à porter aux femmes enceintes et aux enfants, plusieurs études se sont concentrées sur l'analyse des risques liés aux pesticides retrouvés dans les maisons (cf. ci-dessous) (Aschan, 2014).

La diminution des teneurs des polluants agricoles, régulièrement mesurés par les AASQA, est le signe d'une forte prise de conscience par les agriculteurs du caractère dangereux des produits qu'ils épandent et dont ils sont les premières victimes. Mais l'enjeu consiste à diminuer les intrants et les traitements. Les nouvelles pratiques des villes et des jardiniers qui mettent en place des solutions alternatives pour diminuer les quantités de produits utilisés, contribuent également à l'amélioration globale de la qualité de l'air. Les résultats des analyses effectuées par AIRPAIF pour l'Île-de-France¹⁰, mettent en lumière les progrès réalisés.

L'agriculture n'est pas la seule utilisatrice des pesticides qui, pour 9 % d'entre eux (1 500 tonnes de substances actives en 2007), sont utilisés pour des usages non agricoles, spécialement dans les jardins, qui caractérisent le domaine périurbain.

À ces pollutions liées à l'agriculture et au jardinage s'ajoutent d'autres sources de pollution liées à la proximité de la ville et aux externalités urbaines.

L'espace rural n'est pas caractérisé uniquement par l'activité agricole

L'espace rural est en effet plus industriel et ouvrier, qu'agricole et paysan. L'emploi industriel dans les bassins de vie ruraux est deux fois plus important que l'emploi agricole et l'emploi agroalimentaire additionnés. Environ un million d'actifs français sont employés dans l'agriculture, ils ne représentent plus que 3,5 % de la population active, contre 27 % en 1955. Les ouvriers dépassent, dans un quart des bassins, 40 % du total des emplois (CESER, 2013).

Pendant longtemps, les pollutions de l'espace rural étaient considérées comme liées aux entreprises industrielles installées dans les bourgs et les petites villes. Leur présence dans les espaces ruraux est ancienne et économiquement importante dans des régions où l'emploi n'est pas très diversifié. À l'échelle départementale, nombre de départements « essentiellement ruraux » au sens de l'OCDE, présentent une forte surreprésentation d'emplois industriels : alors qu'en 2013, l'industrie représente en moyenne 12,5 % des emplois en France métropolitaine, ce pourcentage dépasse 20 % dans le Jura, en Vendée, en Haute-Saône, en Mayenne, dans les Vosges et en Haute-Loire. À une autre échelle, les emplois ouvriers sont fortement représentés dans les « petites aires et les communes isolées », qui, dans la nomenclature des zones d'emploi de l'INSEE, correspondent peu ou prou à la notion d'espaces ruraux : près de 24 % des emplois d'ouvriers qualifiés et 28 % des emplois d'ouvriers peu qualifiés de France métropolitaine y sont localisés en 2010¹¹.

Toutefois, depuis 2008, la crise économique a impacté très fortement de très nombreux sites industriels implantés dans le milieu rural, même si certaines entreprises sont prospères. Le caractère parfois quasi mono-industriel de certains bassins d'emplois peut s'avérer dramatique en cas de fermeture d'usine. Depuis plusieurs décennies, la géographie des plans sociaux ne passe pas par les grandes métropoles mais se confond, au contraire, avec celle des espaces ruraux, industriels, les petites et moyennes villes les plus à l'écart de la France des métropoles : Gandrange, Châteaulin, Beaucaire, Romorantin, comme le montre C. Guilly (2014, p. 55).

À ces sources de pollution liées aux activités du monde rural s'ajoutent des sources qui dépendent plus directement des habitants à travers leur mode de vie, leur logement et leurs déplacements.

4. Les modes de vie influencent l'exposition

L'espace rural peu dense est caractérisé par une surreprésentation de la maison individuelle avec un jardin, auquel les habitants accordent beaucoup d'importance, car, selon J.-D. Urbain (2002), il est considéré comme un prolongement de la maison mais aussi comme une véritable ressource permettant de cultiver fruits et légumes. L'espace disponible permet de stocker des produits d'entretien ou de jardinage qui ne sont pas sans danger, mais aussi du bois ; c'est pourquoi, avec l'opportunité du chauffage au bois, l'air de la maison à la campagne peut être l'objet d'une exposition préjudiciable à la santé de ses habitants. Par ailleurs, les faibles densités génèrent de nombreux déplacements sur de longues distances : les espaces ruraux sont les « territoires de l'automobile ».

L'habitat individuel prédomine largement dans les espaces ruraux. Selon le CGDD (2013), neuf logements sur dix y sont des maisons individuelles, dont près des trois quarts en habitat isolé. C'est aussi le cas dans les nouvelles constructions : 86,5 % des logements bâtis entre 1999 et 2009 sont des maisons individuelles. « *Ainsi, entre 1998 et 2007, si la construction neuve croissait globalement de 45 % en France métropolitaine, elle s'est accrue de 130 % dans les communes rurales, alors qu'elle ne gagnait que 4 % dans les villes de plus de 100 000 habitants et baissait de 26 % dans l'agglomération parisienne* ». Cette évolution vers une part accrue d'habitat individuel et un fort accroissement de la taille des résidences principales, passée de 68 m² en 1970 à 91 m² en 2006, est à mettre en relation avec celle de la taille des ménages, passée de 2,9 personnes par ménage en 1975 à 2,3 en 2005. Les besoins des jeunes avec des logements locatifs et plus petits ne sont pris en compte que récemment (Driant, 2009), mais les familles sont attirées par la possibilité de bénéficier d'un logement plus vaste, avec un jardin. Dans l'espace rural, le prix attractif du foncier explique que les logements soient plus grands qu'au sein des espaces urbains (91 m² par logement contre 76 m²) et que les personnes disposent davantage de surface (41 m² par personne contre 35 m²).

Plus des trois quarts des ménages sont propriétaires. La proportion de locataires est constante sur la période 1999-2009 et s'établit

à 19,1 %, tout comme la part des locataires d'un logement HLM (3,3 % des ménages contre 14,6 % en France métropolitaine). La part des résidences secondaires varie selon les caractéristiques pittoresques et attractives de la région ; dans l'espace périurbain, ces résidences sont progressivement transformées en résidences principales.

La forte proportion, dans l'espace rural et surtout périurbain, de cet habitat pavillonnaire récent induit des comportements qui ne sont pas sans conséquences sur l'exposition des personnes : la localisation rurale et le logement récent se prêtent à l'installation d'un chauffage au bois principal ou en appoint ; dans ces territoires, l'automobile règne en maîtresse, les interactions entre les villes et les campagnes sont très importantes et génèrent des mouvements pendulaires domicile-travail ; les pratiques de bricolage et du jardinage avec la manipulation de différents produits, sont fréquentes.

Le chauffage au bois et les particules

La fréquence des inversions de rayonnement (figure 5) fait ressortir l'importance du choix du mode de chauffage, qui précisément est utilisé principalement pendant ces périodes de fraîcheur.

Si on considère que le chauffage au bois correspond aux usages du monde rural, il est clair que la responsabilité de ce dernier sur la pollution dans les campagnes est accrue. En milieu rural, le chauffage au bois est très largement répandu. Son utilisation a été encouragée par son coût avantageux, sa ressource de proximité et par les avantages qu'il procure sur l'effet de serre, puisque le CO₂ dégagé au moment de la combustion est censé être compensé par celui qui a été piégé par l'arbre au cours de sa croissance. La transition énergétique, qui a pour objectif de limiter l'utilisation des combustibles fossiles, a conforté ces avantages. Airparif a alerté les Franciliens sur cette question¹² (Airparif, 2011) en montrant, de manière impressionnante, que le chauffage au bois, pourtant interdit à Paris intramuros, représente 65 % des particules mesurées dans les stations parisiennes. Le PPA de la vallée de l'Arve a mis en place un dispositif pionnier de soutien financier pour gérer les mêmes problèmes, d'abord identifiés par des études de terrain (Chevrier, 2016). Faute de statistiques précises sur l'utilisation du bois comme combustible dans le monde rural, il est possible d'estimer l'importance de cette consommation,

qui convient surtout aux maisons individuelles et surtout à celles qui, à proximité des bois, peuvent bénéficier d'un approvisionnement local et éventuellement d'une autoconsommation. La date de la construction du logement est essentielle puisqu'à partir de 2002, mais surtout à partir de 2006, les appareils de chauffage sont devenus beaucoup plus performants. 79 % des particules sont émises par des foyers ouverts ou par des poêles ou inserts antérieurs à 2002. On peut supposer que les premiers lotissements construits avant les années 2000 étaient peu préoccupés par les questions énergétiques mais que leurs occupants ont pu procéder à des rénovations leur permettant d'économiser l'énergie. Néanmoins, dans des domaines contrastés comme l'est celui de la campagne française, de vieilles maisons, véritables passoires énergétiques, demeurent et côtoient des lotissements beaucoup plus performants sur le plan énergétique. D'ailleurs, la question patrimoniale est essentielle, car les vieilles maisons de caractère sont très difficiles à isoler, sans renier l'esthétique qui fait leur charme. Dans beaucoup de maisons, le bois est utilisé comme chauffage d'appoint, spécialement les jours de grand froid, lorsque précisément, les conditions de dispersion sont les moins bonnes.

Le brûlage des déchets verts est aussi une caractéristique de la campagne, qui tend à diminuer puisque des solutions alternatives,

broyeurs et déchèteries, ont été mises en place. Des investigations précises restent à conduire mais, globalement, la question du chauffage au bois, très prégnante dans les campagnes, fait l'objet d'une communication forte, parfois dissonante, mais permettant d'encourager la recherche de solutions plus performantes, à la fois sur le plan énergétique et sur le plan environnemental.

La figure 12 montre le poids des particules liées au chauffage au bois mais aussi la variation temporelle de ces particules en raison de l'absence de chauffage pendant l'été et l'influence des phénomènes météorologiques. En effet, les concentrations augmentent lors des inversions de température, qui sont beaucoup plus marquées en dehors des villes.

En termes d'exposition, les émissions liées à ce mode de chauffage peuvent affecter aussi l'intérieur des maisons, ce qui augmente les risques au cours de la période de chauffe. L'adoption de ce mode de chauffage en zone périurbaine entraîne des risques collectifs : les émissions peuvent se combiner avec les gaz d'échappement, et les particules secondaires ainsi formées peuvent avoir un effet délétère si elles sont entraînées vers la ville, affectant des populations nombreuses.

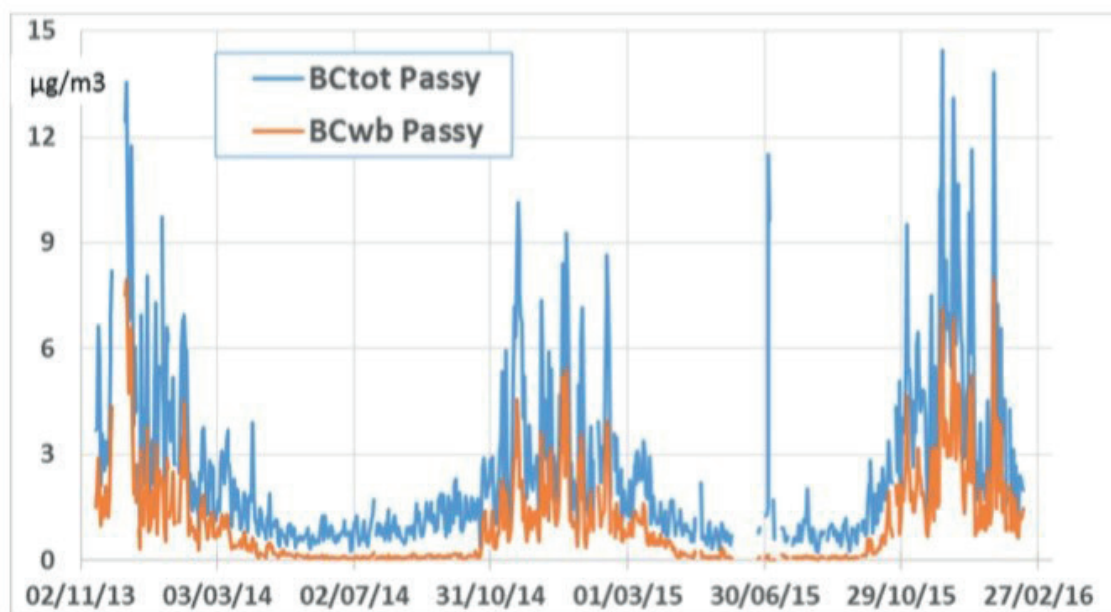


Figure 12. La mesure du black carbone total et du black carbone lié au chauffage au bois, grâce à un aéthalomètre installé à Passy dans la vallée de l'Arve (source : Projet Decombio, F. Chevrier, 2016).

The measure of the total Black carbon and the Black Carbon connected to the wood-fired heating according to an aéthalomètre settled to Passy in the valley of Arve.

Ces maisons récentes, installées dans un espace agricole, favorisent les pratiques de bricolage ou de jardinage

Les maisons sont des espaces clos qui piègent les polluants ; c'est ainsi que **le radon représente un risque** dans certaines régions, les plus fortes concentrations étant observées en Auvergne, en Limousin, en Franche-Comté, en Corse ou encore en Bretagne. Le risque est surtout élevé dans les résidences secondaires qui ont été fermées pendant une longue période.

Bien sûr, que ce soit à la ville ou à la campagne, les risques liés au monoxyde de carbone ou à la fumée de cigarette ne sont pas à négliger. Les produits utilisés pour le bricolage doivent être manipulés avec précaution, au même titre que tous les produits phytosanitaires utilisés pour lutter contre les insectes à l'intérieur des maisons ou dans le jardin (Afsset, 2010).

Les résidus de ces produits insecticides ou fongicides peuvent se combiner avec les apports résiduels des pesticides épandus dans les champs et transportés par le vent. C'est pourquoi les études sur le risque sanitaire lié aux pesticides se sont souvent portées sur les maisons qui, dans les poussières, accumulent l'ensemble des résidus.

La présence de pesticides dans les maisons

En détectant la présence de résidus de produits phytosanitaires dans les urines ou en analysant les poussières accumulées dans les maisons, les chercheurs ont pu identifier la présence de pesticides à l'intérieur des logements. En effet, l'air extérieur, en pénétrant à l'intérieur, transporte des substances qui s'ajoutent à celles qui sont émises par des usages domestiques de produits de ce type. Le travail de Ward (2006), portant sur 128 résidences en Iowa, a démontré que l'augmentation des surfaces cultivées de maïs et soja à moins de 750 mètres des résidences était associée à une augmentation significative des chances de détecter des herbicides dans les poussières des résidences, par rapport à ce qui était observé dans les résidences à plus de 750 mètres. Ces auteurs ont aussi montré que dans les résidences à moins de 750 mètres des champs, pour chaque augmentation d'environ 4 000 mètres carrés de cultures, la détection d'herbicides dans les poussières augmentait de 6 %. Ils ont confirmé que les pesticides étaient moins fréquemment détectés dans des résidences en zone urbaine (16 % des

résidences) que dans les poussières de résidences rurales (61 % des résidences) ; les concentrations d'herbicides étaient globalement 2,5 fois plus importantes dans les résidences en zone rurale (Aschan, 2015). La distance aux sources d'émission de pesticides ressort aussi comme un déterminant important pour expliquer les différences de présence et concentrations de substances actives mesurées dans l'air des résidences ou dans le corps humain. En 2008, l'INERIS a réalisé une étude sur l'exposition de 130 enfants franciliens à certains pesticides présents dans l'environnement intérieur. Cette étude a montré qu'au moins un pesticide était détecté dans 94 % des foyers, la majorité étant constituée d'insecticides. Cependant, la corrélation entre les produits utilisés dans la maison et les molécules retrouvées dans les poussières n'est pas évidente.

L'Anses a lancé, en juillet 2014, la première étude nationale sur l'utilisation domestique des pesticides dans le cadre du plan Écophyto¹³. Du traitement des poux dans les cheveux des enfants aux produits appliqués sur les plantes en passant par les insecticides, cette étude doit permettre de mieux comprendre les comportements de chacun autour des usages domestiques, dans et en dehors de la maison.

Une enquête menée par une association, Générations futures, a été rendue publique en février 2016, portant sur 22 habitations dans lesquelles des échantillons de poussière avaient été prélevés en juillet 2015. Les habitations sélectionnées étaient situées dans des zones viticoles (6), arboricoles (5), de grandes cultures (8) et de mélange de ces cultures (3). Entre 8 et 30 pesticides par habitation ont été détectés dans la poussière des habitations testées, sur les 61 pesticides recherchés. Sur la vingtaine de pesticides identifiés par habitation, près de 12 sont des perturbateurs endocriniens potentiels soit 60,18 %. Ainsi, on retrouve en moyenne 17,6 mg de pesticides quantifiés par kg de poussières, dont 17,3 mg sont des PE potentiels. La concentration diminue en hiver.

La présence de pesticides dans l'air extérieur et dans les maisons paraît certaine en ville comme à la campagne, mais sans doute plus accentuée dans l'espace rural. Cependant, les enquêtes effectuées portent sur un trop petit nombre de cas, et il est difficile d'en déduire des observations généralisables sur l'exposition aux pesticides et *a fortiori* sur leurs effets sanitaires, puisque le nombre de molécules utilisées est très important tandis que leur utilisation peut être à la fois domestique et agricole.

La mobilité des habitants des espaces ruraux

Une étude du CGDD¹⁴ (2010), réalisée d'après l'Enquête Nationale Transports et Déplacements (ENTD) de 2008, indique le lien entre le lieu de résidence et le type de mobilité. Dans les zones moins denses – couronnes périurbaines ou espace à dominante rurale à l'exception de certaines petites villes ou bourgs –, la croissance démographique s'est conjuguée avec l'augmentation de la mobilité et l'allongement des déplacements. Le temps quotidien passé en déplacements augmente, et les distances parcourues progressent nettement. Le nombre de déplacements locaux un jour de semaine ouvré est relativement stable, environ 3,15 déplacements par jour en 2008 (3,16 en 1994), mais la longueur moyenne des déplacements augmente : 8 km en moyenne en 2008 contre 7,3 km en 1994 et 5,2 km en 1982. Les distances moyennes parcourues par jour en mobilité locale dans ces espaces atteignent en effet près de 30 km. Cette situation s'explique pour une part parce qu'une proportion non négligeable des personnes qui résident dans les espaces ruraux va travailler en ville ou dans les espaces périurbains des agglomérations, ce qui occasionne des trajets quotidiens importants en semaine pour les mobilités domicile-travail. Mais aussi en raison de la distance parfois longue à parcourir dans les espaces ruraux pour accéder aux services, soins, commerces, etc., d'autant que la population ne vit pas toujours agglomérée au bourg centre où une partie de ces services est installée. Le temps consacré au déplacement reste, lui, relativement stable (inférieur à 50 minutes en zone rurale), l'augmentation des vitesses moyennes de déplacement compensant l'accroissement des distances parcourues.

Les distances parcourues pour aller travailler augmentent, les entreprises ayant, elles aussi, tendance à migrer vers la campagne et les zones périphériques.

Cependant, dans l'espace rural dit profond, huit personnes sur dix se déplacent un jour de semaine dans l'espace à dominante rurale, contre plus de neuf personnes sur dix pour Paris et la banlieue parisienne. Cette moindre proportion de personnes mobiles un jour de semaine donné dans les espaces à dominante rurale s'expliquerait notamment par la part forte de personnes âgées qui y résident et qui n'ont pas d'astreintes quotidiennes. De fait, la mobilité locale des personnes âgées de 25 à 54 ans est supérieure à

celle des 55-64 ans, elle-même supérieure à celle des 65-74 ans. La part des personnes ne sortant pas de chez elles en semaine est la plus élevée dans les espaces ruraux de faible densité. En outre, dans le rural isolé, où ne résident que 4 % de la population rurale, les emplois de proximité sont relativement importants, 83 % des actifs travaillent en milieu rural et 53 % dans leur commune de résidence (CESER, 2015). Dans l'espace rural, la part du travail ne représente qu'un quart des motifs de déplacements, au même niveau que les achats. La hiérarchie des différents motifs est comparable d'un espace à l'autre. Les visites et les loisirs représentent de 18 % des motifs, en espace urbain éloigné, à 26 % en proche périphérie puisque la proximité de la ville offre de nombreuses possibilités de loisirs.

Ces nombreux trajets sont surtout effectués en voiture dans ces territoires caractérisés par la dépendance des habitants par rapport à l'automobile. Ce sont ces zones qui ont fait croître le trafic automobile national de 30 % en quatorze ans (1994-2008) puisque les transports en commun ne sont pas adaptés à ces zones peu denses et que la marche à pied, en diminution à la campagne, ne permet pas de couvrir de longs trajets : les trois quarts des déplacements se font en voiture contre moins des deux tiers dans les grandes aires urbaines.

Les agglomérations s'affranchissent progressivement de la voiture, et Paris est la ville dans laquelle la distance parcourue à pied est la plus élevée. Au contraire, les territoires ruraux sont de plus en plus dépendants de la voiture, qui reste la seule manière de ne pas être enclavés. Comme la restauration des maisons rurales a fait l'objet d'innovations et d'investissements, on peut espérer que des modes de partage se développeront dans ces territoires éloignés des services pour alléger le budget des ménages consacré aux déplacements.

Ces territoires de l'automobile génèrent de fortes consommations de carburant et d'émissions de CO₂ et de polluants. Cependant, les alternatives proposées pour réduire ces émissions sont délicates à mettre en place au nom de l'égalité des territoires et de la justice environnementale. Les ZAPA (Charles, 2013) ou les ZCR (Zones de Circulation Restreinte) pourraient contribuer à diminuer les teneurs élevées des polluants mesurés en centre-ville. Le niveau d'exposition de ceux qui fréquentent le centre-ville (travailleurs ou résidents) s'améliorerait mais ne

modifierait pas l'exposition des ruraux. La question se pose du niveau d'exposition auquel ils sont soumis dans leur voiture. En effet, une étude (Association Santé Environnement France) a montré la forte concentration des polluants dans l'habitacle de la voiture¹⁵. Ces investigations ont eu lieu dans trois villes françaises dans lesquelles l'air ambiant, au sein des zones denses de circulation, est pollué, mais qu'en est-il quand on roule à la campagne dans un habitacle en principe protégé des gaz d'échappement ?

S'il est difficile de généraliser les caractéristiques de l'exposition de la population rurale, il est néanmoins possible de citer quelques facteurs d'aggravation de cette exposition, soit par les activités extérieures, essentiellement agricoles, soit par les caractéristiques de l'habitat, du mode de chauffage et des déplacements qui peuvent non seulement favoriser l'augmentation de l'exposition individuelle mais aussi contribuer à l'augmentation du bruit de fond de la pollution locale, voire régionale.

Si les cas locaux sont multiples, il semble que les habitants de l'espace périurbain plus densément peuplé soient soumis à davantage de nuisances que ceux qui résident dans des zones plus profondément rurales qui, toutefois, sont plus largement consacrées aux grandes cultures.

Les sources de pollution liées à la proximité de la ville et aux externalités urbaines

À partir de 1970, les industries ont suivi la dynamique de l'étalement urbain, elles se sont installées sur les territoires où le foncier était attractif et accessible. Ce mouvement de la ville vers la campagne voisine a été suivi par d'autres formes d'externalités négatives de la ville, qui ont envahi la campagne proche en la transformant en véritable lieu de relégation cumulant de nombreuses nuisances. C'est la commune de Champlan qui a donné l'alerte en attirant l'attention sur ces lieux du périurbain plus subis que choisis. Les habitants de cette commune de la banlieue parisienne se sont mobilisés, mais combien d'autres subissent en silence et attendent les élections pour traduire leur mécontentement par un vote protestataire. À Champlan, le candidat frontiste est arrivé en tête au premier tour des élections régionales de 2015 avec 33,1 % des suffrages, loin devant la candidate écologiste qui ne comptait que 7,43 % des voix. En 2013, la ville comptait 2 668 habitants. Selon Médiapart, cette commune n'est pas une commune ordinaire. « *Cernée par les pylônes à*

haute tension, encadrée par les autoroutes A6, A10 et la nationale 20, survolée chaque jour par des dizaines d'avions, elle connaîtrait le même niveau de pollution que la capitale. Une sorte d'enfer champêtre où il semble qu'il ne fasse pas si bon que ça d'y vivre... Ni d'y mourir ! »¹⁶ Située à 18 km au Sud-Ouest de Paris, donc hors du cœur dense de l'agglomération, la commune de Champlan est l'exemple type d'un village en zone périurbaine où la forte proportion d'espaces non construits ont conduit à une urbanisation éclatée mélangeant infrastructures de transport, zones d'activités, zones habitées et zones agricoles ou naturelles. Le réseau routier est particulièrement dense, puisque plusieurs axes majeurs de circulation à vocation régionale ou nationale (A6, A10, RN20) convergent dans ce secteur, plus particulièrement au Nord et au Nord-Est de la commune. Sur ces axes, ce sont plusieurs centaines de milliers de véhicules cumulés qui circulent chaque jour. Champlan se trouve par ailleurs survolée à basse altitude par les avions à l'approche ou au départ d'Orly. Enfin, la zone industrielle de Massy comprend plusieurs installations classées pour la protection de l'environnement (centrale de chauffe, usine d'incinération d'ordures ménagères). Les différentes pollutions ont fait l'objet d'investigations (Roussel, 2008) qui ont permis de soulever plusieurs problèmes environnementaux caractéristiques de ces « points noirs environnementaux ». Une étude sociologique a montré combien les normes, mêmes si elles sont respectées, ne peuvent pas rendre compte des effets des multi-expositions et des inquiétudes des populations victimes de gêne et de stress plus que de véritables pathologies (Salomon, 2010). Cette étude a également fait apparaître combien les habitants subissent de nombreuses contraintes et que le déménagement n'est pas nécessairement une solution adaptée, dans la mesure où la commune, en dépit des multiples nuisances observées, offre également des avantages en termes d'accessibilité et de proximité de Paris.

Ces différentes nuisances contribuent à augmenter les concentrations de polluants. En ce qui concerne les PM, on peut supposer que, dans cette frange périurbaine, la question du chauffage au bois se pose avec moins d'acuité, même si ce mode de chauffage présente de nombreux avantages dans une banlieue pavillonnaire incitée à faire des économies d'énergie.

Conclusion

En publiant récemment le nombre de 8 000 morts attribuables aux particules fines dans le monde rural en France, l'agence nationale de santé publique montre que la campagne n'est pas épargnée, même si la ville reste plus délétère avec 26 000 morts recensés dans les grandes villes. Ainsi, après avoir focalisé l'attention sur les industries puis sur les villes, la gestion de la pollution atmosphérique est conduite à se pencher sur les campagnes puisque les sources y sont nombreuses et identifiées. Cependant, ces pollutions diffuses, avec des concentrations réparties géographiquement de manière très variable, rendent difficile l'évaluation d'un niveau d'exposition valable pour l'ensemble de la population rurale. L'exposition des habitants est peu assimilable à la pollution d'un territoire géographique, au demeurant très varié, puisque les modes de vie contemporains sont caractérisés par la mobilité quotidienne mais aussi résidentielle. La reconstitution de l'exposome des individus est difficile, d'autant que le temps passé à la campagne, par choix ou par obligation, peut ne représenter qu'une partie de la vie. Or les genres de vie se sont uniformisés, et l'habitant des campagnes n'est plus l'agriculteur de l'ancien monde courbé toute la journée dans son champ, ni même un agriculteur, comme nous l'avons explicité. L'exposition des habitants est liée à leur mode de vie et aussi à leur logement dans lequel, même à la campagne, ils passent une grande partie de leur temps. Ainsi, le rural constitue encore une réalité ou plutôt une exception politique, qui, il est vrai, disparaît peu à peu dans son caractère premier agricole, mais qui semble se renforcer sous l'angle du cadre de vie et de paysages à préserver. Cette fonction de l'espace rural tend d'ailleurs à prendre le dessus sur toutes les autres dimensions de la ruralité... « *La fonction économique agricole introduit la dimension paysagère dans le métier d'agriculteur, la notion de mode de vie spécifique a été supplantée par celle de cadre de vie spécifique, la dimension politique semble se faire également rattraper par ces enjeux de gestion environnementale. Si le rural et l'urbain se complètent plus qu'ils ne s'opposent, il semble qu'il soit encore pertinent de les distinguer* » (Talandier, 2007).

Les sources de pollution sont très variées et très inégalement réparties dans cet espace rural très marqué par l'agriculture mais aussi par la ville aux limites particulièrement floues. C'est pourquoi une différence majeure oppose la zone périurbaine du domaine intitulé « rural profond ». Souvent, à la périphérie des villes, les habitants plus nombreux sont soumis aux externalités négatives de la grande agglomération proche, comme l'a montré l'exemple plus étudié de la commune de Champlan. Pour l'instant, la réponse institutionnelle à ce type de problème très transversal est insuffisante et donne l'impression aux populations néorurales d'être délaissées. Ce sentiment de relégation, voire d'injustice, est conforté par la dépendance vis-à-vis de la voiture, dont les agglomérations ont tendance à vouloir limiter l'usage. Pourtant, les sources d'innovation ne manquent pas dans ces espaces recherchés, l'isolation et la performance énergétique des maisons ont beaucoup progressé, tandis que les nouvelles formes de motorisation et de partage des véhicules ne demandent qu'à s'affirmer.

L'exposition qui, *in fine*, définit un risque sanitaire, intègre des sources de pollution agissant à différentes échelles, depuis le bruit de fond planétaire auquel chacun est soumis jusqu'aux pollutions locales dont les sources dépendent largement de l'aménagement du territoire et des pollutions de proximité, sur lesquelles les habitants pourraient avoir prise. L'accès à la connaissance individuelle de l'exposition se précise à l'aide des nouvelles technologies et des modèles. Face à un problème complexe, elle a à la fois une fonction heuristique non négligeable en conduisant à construire des images aussi réalistes des éléments qui interviennent dans la composition des situations, en même temps qu'elle contribue à orienter l'action dans une perspective systémique ou environnementale, embrassant précisément un large éventail de composants, permettant aussi d'échapper à une logique de victimisation.

Références

- AFSET. (2010). Rapport sur « l'exposition de la population générale aux résidus de pesticides », Axes n° I & II, 354 p.
- AIRPARIF. (2016). *Pesticides des villes, pesticides des champs*. [En ligne] : http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/NUMERO43.pdf
- ANSES. (2010). Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France. [En ligne] : http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_generale_pesticides_2010_vdef.pdf
- ANSES. (2016). Rapport sur les expositions professionnelles aux pesticides : mieux connaître et réduire les expositions. [En ligne] : <https://www.anses.fr/fr/content/publication-du-rapport-sur-les-expositions-professionnelles-aux-pesticides-mieux-connaître>
- Aschan-Leygonie C, Baudet-Michel S, Harpet C *et al.* (2015). Comment évaluer l'exposition aux pesticides de l'air en population générale ? Enseignements d'une revue bibliographique. [En ligne] : <http://cybergeog.revues.org/27056>
- Association Robin des bois. (2016). *Atlas de la France toxique*, Arthaud, 164 p.
- Bedos C, Millet M. (2016). La problématique complexe des pesticides : multi-vecteurs, multi-milieux », *Pollution atmosphérique*, dans ce numéro.
- Bouvier G, Blanchard O, Momas I, Seta N. (2005). Pesticide exposure of non-occupationally exposed subjects compared to some occupational exposure: A French pilot study. *Science of the Total Environment*, n° 366, p. 74-91.
- Bouvier G. (2005). « Contribution à l'évaluation de l'exposition de la population francilienne aux pesticides ». Thèse de Doctorat, université René Descartes-Paris V, décembre.
- Bouzouina L, Quetelard B, Toillier F. (2013). Émissions de CO₂ liées à la mobilité domicile-travail : une double lecture par le lieu de résidence et le lieu de travail des actifs à Lyon et à Lille, *Développement durable et territoires*, vol. 4, n° 3. [En ligne] : <http://developpementdurable.revues.org/10018> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.10018
- CESER. (2015). Comment promouvoir le dynamisme économique des espaces ruraux ? [En ligne] : http://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Rapports/2015/2015_29_dynamisme_espaces_ruraux.pdf
- CGDD. (2013). *Le point sur*, n°179, « L'habitat rural entre 1999 et 2009 : des évolutions contrastées ».
- CGDD. (2010). La mobilité des Français, panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008. [En ligne] : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rev3.pdf>
- Charles L, Roussel I, Gobert J, Blanchet A. (2013). Les initiatives ZAPA : un tournant dans l'action de la prévention de la pollution atmosphérique, *Pollution atmosphérique*, n° 210. [En ligne] : <http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=506>.
- Chen M, Chang CH, Tao L, Lu C. (2015). Residential exposure to pesticide during childhood and childhood cancers: a metaanalysis. *Pediatrics*, n° 136, p. 719-29. doi: 10.1542/peds.2015-0006. [En ligne] : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/LPS179.pdf>
- Chevrier F, Ježek I, Brulfert G. (2016). DECOMBIO - Contribution de la combustion de la biomasse aux PM₁₀ en vallée de l'Arve : mise en place et qualification d'un dispositif de suivi, à paraître dans ce numéro.
- Derbez M, Mosqueron L, Nedellec V. (2001). *Quelles sont les expositions humaines à la pollution atmosphérique ? La Documentation Française*, 64 p.
- Driant JC. (2009). *Les politiques du logement en France*, Les études, La Documentation française, 2009, p. 38.
- Dumont GF. (2012). *Diagnostic et gouvernance des territoires*, Armand Colin, 304 p.
- Générations futures. (2016). Enquête EXPPERT 6 (analyses de poussières) : des riverains de zones cultivées exposés aux pesticides perturbateurs endocriniens chez eux, tout au long de l'année ! [En ligne] : <http://www.generations-futures.fr/exppert/analyses-poussiere/>
- Greuillet C, Galsomiers L. (2013). L'îlot de chaleur urbain et le lien avec la qualité de l'air, *Pollution atmosphérique*, n° spécial. [En ligne] : http://www.appa.asso.fr/_docs/1/fckeditor/file/Revues/PollutionAtmospherique/Hors-serie-climat-juin-2013/Greuillet.pdf
- Guilly C. (2014). *La France périphérique*, Flammarion, 185 p.
- Guilly C. (2010). *Fractures françaises*, Flammarion, Champs essais, 187 p.

- Hubert JP, Delisle F. (2010). L'allongement des déplacements quotidiens contribue à l'émergence d'espaces urbains multipolaires, tandis que la mobilité baisse au centre des grandes agglomérations, CGDD, p. 52.
- INERIS. (2012). Ammoniac. Fiche de données toxicologiques et environnementales de substances chimiques.
- INRA. (2008). Prospectives, les nouvelles ruralités en France à l'horizon 2030, rapport du groupe de travail Nouvelles ruralités.
- INSEE. (2011). Première n° 1374, octobre. Le nouveau zonage en aires urbaines de 2010.
- INSEE. (2015). *La France et ses territoires*, p. 16 à 21.
- Kalogridis AC, Gros V, Bonsang B. (2016). Étude des composés organiques volatils biogéniques émis par une forêt méditerranéenne, *La Météorologie*, n° 93, mai, p. 42-50.
- Lejoux P, Ortat N. (2015). Les pratiques de mobilité des ménages et des entreprises à l'épreuve de la transition énergétique : quelles dynamiques de changement ? Le cas des territoires périurbains de l'agglomération lyonnaise, dans Scarwell HJ (dir.), *Transitions énergétiques : quelles dynamiques de changement ?*, L'Harmattan, p.107-119.
- Martin N, Carrega P. (2009). La variabilité spatiale de l'ozone en milieu urbain et périurbain : le cas de Nice. *Pollution atmosphérique*, n° 204, p. 461-474. [En ligne] : <http://odel.irevues.inist.fr/pollution-atmosphérique/index.php?id=1238>.
- Martin N. (2009). « La pollution par l'ozone et la climatologie dans un espace méditerranéen : les Alpes-Maritimes ». Thèse, 281 p. [En ligne] : <https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/358297/filename/These.pdf>
- Menut L. (1997). « Étude expérimentale et théorique de la couche limite atmosphérique en agglomération parisienne ». Thèse de l'université Pierre et Marie Curie-Paris VI, 1997. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00116659v2>
- Michelot N. (2014). « L'influence des topoclimats sur la pollution de l'air aux particules dans le Sud-Ouest des Alpes-Maritimes ». Thèse soutenue devant l'université de Nice le 21 février, 416 p.
- Multignier L. (2005). Effets retardés des pesticides sur la santé humaine, *Environnement, Risques & Santé*, vol. 4, n° 3, mai-juin, p.187-194.
- Pascal M, de Crouy Chanel P, Corso M *et al.* (2016). Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice, Santé publique France, 158 p.
- Piot C. (2006). Polluants organiques particuliers en Rhône-Alpes, thèse soutenue devant l'université de Grenoble le 7 août 2006. [En ligne] : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00661284/file/35623_PIOT_2011_archivage.pdf
- Pistre P. (2012). Renouveaux des campagnes françaises, thèse soutenue devant l'université de Paris Diderot. [En ligne] : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00764869/file/These_Pistre_2012_renouveaux_campagnes.pdf
- Provençal S, Leduc R, Barrette N. (2016). Une analyse statistique entre la concentration de particules fines et d'ozone en présence de brume sèche dans le Sud du Québec, *Pollution atmosphérique*, n°228. [En ligne] : <http://odel.irevues.inist.fr/pollution-atmosphérique/index.php?id=5531>
- Rouil L, Bessagnet B, Favez O, Leoz-Garzandia E, Meleux F. (2015). Épisodes de pollution particulière en France : quels enseignements tirer des récents épisodes ? *Pollution atmosphérique*, n° spécial, mars. [En ligne] : http://www.appa.asso.fr/_docs/1/fckeditor/file/Revues/PollutionAtmosphérique/HS_pointes/Rouil.pdf
- Roussel I. (2015). Le prix sanitaire du soleil, *Pollution atmosphérique*, n° spécial. [En ligne] : http://www.appa.asso.fr/_docs/1/fckeditor/file/Revues/PollutionAtmosphérique/HS_pointes/Roussel_ozone.pdf
- Roussel I. (2008). Impact de l'environnement sur la santé : le programme d'évaluation conduit à Champlan, commune d'Ile-de-France, *Pollution Atmosphérique*, 50.200, p. 307.
- Salomon D. (2011). Champlan-en-Essonne : village pilote. Les inquiétudes sanitaires d'un village d'Ile-de-France soumis à un cumul d'infrastructures et de nuisances – Cabinet Risques et intelligence, mai 2010. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2011. [En ligne] : <http://www.invs.sante.fr>
- Stull RB. (1988). *An introduction to boundary layer meteorology*, Kluwer Academic Publishers (Reidel), 666 p.
- Talandier M. (2007). « Un nouveau modèle de développement hors métropolisation. Le cas du monde rural français », thèse de doctorat. [En ligne] : <http://talander.com/thesetalander.pdf>
- Urbain JD. (2002). *Paradis verts désirs de campagne et passions résidentielles*, Paris, Payot, 392 p.
- Ward MH, Lubin J, Giglierano J *et al.* (2006). Proximity to crops and residential exposure to agricultural herbicides in iowa, *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, n° 6, p. 893-897. DOI : 10.1289/ehp.8770

Notes

1. <http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2016/Impacts-de-l-exposition-chronique-aux-particules-fines-sur-la-mortalite-en-France-continentale-et-analyse-des-gains-en-sante-de-plusieurs-scenarios-de-reduction-de-la-pollution-atmospherique>
2. Viard J. (2012). *Nouveau portrait de la France, la société des modes de vie*, éditions de l'Aube, 204 p.
3. *Le Point*. (2016), 2 juin, p. 124.
4. Lévy J, Lussault M. (2003). *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Belin, 1033 p.
5. CESE, rapport d'information des Sénateurs Gérard Bailly et Renée Nicoux sur l'avenir des campagnes, (2013). *Comment promouvoir le dynamisme économique des espaces ruraux ?*
6. Reghezza-Zitt M. (2013). *La France et ses territoires*, SEDES, p. 28.
7. Plus de 60 000 tonnes de substances actives sont vendues chaque année. Ce tonnage avait diminué entre 1999 et 2009 et, depuis 2009, il tend à augmenter légèrement. Les variations annuelles dépendent du climat.
8. *Environnement et Techniques*, n° 359, juin 2016, p. 34.
9. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2011SA0192Ra.pdf>
10. http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/NUMERO43.pdf
11. CESE, rapport d'information des Sénateurs Gérard Bailly et Renée Nicoux sur l'avenir des campagnes, (2013). *Comment promouvoir le dynamisme économique des espaces ruraux ?*
12. http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/rapport-particules-110914.pdf
13. Plus de 2 100 foyers issus de toute la France et des DOM-TOM ont ainsi participé à cette vaste enquête qui s'est déroulée jusqu'en mars 2015.
14. Revue du CGDD : la mobilité des Français, article de Jean-Paul Hubert et François Delisle : « L'allongement des déplacements quotidiens contribue à l'émergence d'espaces urbains multipolaires, tandis que la mobilité baisse au centre des grandes agglomérations » (2010), p. 52. [En ligne] : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rev3.pdf>
15. <http://www.asef-asso.fr/mon-air-exterieur/nos-etudes/1970-notre-enquete-voitures-toxiques>
16. <https://blogs.mediapart.fr/claude-cherblanc/blog/030115/champlan-essonne-invente-la-mort-discriminatoire>